Corrigé complet — Bac S 2006 Polynésie (ancien programme)

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

Ex 1	**Où il est question de la lumière** Diffraction par un fil · Longueur d'onde et fréquence · Milieu dispersif et indice · Absorbance et spectre d'absorption · Tableau d'avancement · Temps de demi-réaction	6 pts	1 h 18	19 questions	p. 2
Ex 2	**Hydrolyse d'un ester** Groupes caractéristiques · Hydrolyse d'un ester · Titrage acido-basique · Constante d'équilibre · Tableau d'avancement · Taux d'avancement final	4 pts	52 min	13 questions	p. 9
Ex 3	**Résistance d'une bobine réelle** Bobine réelle (r, L) · Régime permanent et loi d'Ohm · Établissement du courant et constante de temps · Analyse dimensionnelle · Oscillations électriques amorties · Chiffres significatifs	6 pts	1 h 18	15 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : Purification du cuivre** Électrolyse à anode soluble · Transformation forcée · Demi-équations aux électrodes · Quantité d'électricité · Masse de métal déposée · Diagramme de prédominance	4 pts	52 min	13 questions	p. 18

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.

Où il est question de la lumière

Bac S 2006 Polynésie (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1 Partie A. Quel enseignement sur la nature de la lumière le phénomène observé sur l'écran apporte-t-il ? Nommer ce phénomène.

Derrière le fil, la lumière ne reste pas dans la direction du faisceau : elle s'étale sur l'écran, perpendiculairement au fil, en une tache centrale entourée de taches secondaires séparées par des extinctions.

Ce phénomène est la **diffraction**. Il est propre aux ondes.

Phénomène de diffraction : la lumière a un caractère **ondulatoire**.

PIÈGE
Répondre « la lumière est déviée » ne suffit pas : il faut nommer la diffraction et conclure sur l'aspect ondulatoire, les deux points demandés.

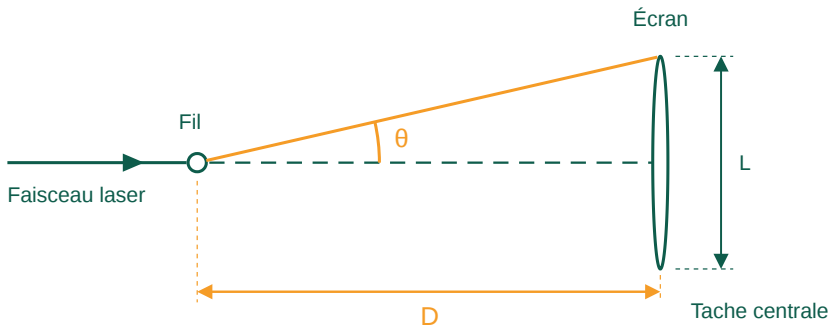
2 Faire apparaître sur la figure 2 de l'annexe l'écart angulaire θ et la distance D entre le fil et l'écran.

θ est l'angle, de sommet le fil, entre la direction du faisceau incident (centre de la tache centrale) et la direction de la première extinction (bord de la tache centrale).

D est la distance entre le fil et l'écran, mesurée le long du faisceau incident.

Voir l'annexe complétée : θ et D sont tracés en orange.

PIÈGE
Dessiner l'angle entre les deux bords de la tache centrale : cet angle vaut 2θ. Le demi-angle θ part de l'axe du faisceau.



2 · Figure 2 de l'annexe complétée (vue de dessus)

3 En utilisant la figure 2, exprimer l'écart angulaire θ en fonction de L et D, sachant que $\tan\theta = \theta$ pour un petit angle en radian.

Dans le triangle rectangle formé par le fil, le centre de la tache centrale et son bord, le côté opposé à θ mesure $\frac{L}{2}$ et le côté adjacent mesure D :

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

L'angle est petit, donc $\tan\theta = \theta$.

$\theta = \frac{L}{2D}$ (avec θ en radian)

PIÈGE
Oublier le facteur 2 : L est la largeur totale de la tache centrale, le côté opposé à θ n'en est que la moitié.

4 Quelle expression lie θ, λ et a (même loi que pour une fente de largeur a) ? Préciser les unités de ces grandeurs.

$\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, avec θ en radian (rad), λ en mètre (m) et a en mètre (m).

COMPRENDRE
Plus le fil est fin, plus la lumière s'étale. λ et a doivent être dans la même unité.

5 Montrer que la largeur de la tache centrale de diffraction s'exprime par $L = 2\dfrac{\lambda D}{a}$.

Les deux expressions de θ (questions 3 et 4) sont égales :

$$\frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}$$

On multiplie les deux membres par $2D$.

$L = \dfrac{2\lambda D}{a}$, ce qui est l'expression attendue.

6 Associer, en le justifiant, les fils de diamètres a_1 et a_2 aux figures de diffraction A et B de la figure 3.

Données utiles $a_1 = 60\ \mu\text{m}$; $a_2 = 80\ \mu\text{m}$; $L = \dfrac{2\lambda D}{a}$ (Q5)

Le laser et la distance D sont les mêmes pour les deux fils : L est inversement proportionnelle à a. Le fil le plus fin donne donc la tache centrale la plus large.

Sur la figure 3, la tache centrale de la figure A est plus large que celle de la figure B, et $a_1 < a_2$.

Figure A : fil de diamètre $a_1 = 60\ \mu\text{m}$; figure B : fil de diamètre $a_2 = 80\ \mu\text{m}$.

PIÈGE
Raisonner comme pour une ombre (« gros fil, grande tache »). En diffraction c'est l'inverse : la tache s'élargit quand l'obstacle rétrécit.

7 La lumière émise par la source laser est dite monochromatique. Quelle est la signification de ce terme ?

Une lumière monochromatique ne contient qu'une seule radiation, de fréquence unique (donc d'une seule longueur d'onde dans le vide) : elle a une seule couleur.

COMPRENDRE
Son spectre se réduit à une seule raie. La lumière blanche, au contraire, est polychromatique : son spectre est continu.

8 Montrer que l'allure de la courbe $L = f(1/a)$ de la figure 4 est en accord avec l'expression de L donnée à la question 5.

La courbe est une droite qui passe par l'origine : L est proportionnelle à $\dfrac{1}{a}$, soit $L = k \times \dfrac{1}{a}$ avec k constant.

L'expression de la question 5 s'écrit $L = 2\lambda D \times \dfrac{1}{a}$. Comme λ et D sont fixés pendant l'expérience, $2\lambda D$ est une constante.

Droite passant par l'origine : accord avec $L = \dfrac{2\lambda D}{a}$, le coefficient directeur étant $k = 2\lambda D$.

MÉTHODE
Pour confronter un graphe à une relation : repérer la grandeur en abscisse, isoler dans la formule tout ce qui reste constant, puis identifier ce facteur au coefficient directeur.

9 Donner l'équation de la courbe $L = f(1/a)$ et en déduire la longueur d'onde λ dans le vide de la lumière du laser.

Données utiles $D = 2{,}50$ m ; $k = 2\lambda D$ (Q8) ; figure 4

La droite passe par l'origine et par le point d'abscisse $\frac{1}{a} = 25\,000\ \text{m}^{-1}$ et d'ordonnée $L = 0{,}068$ m :

$$k = \frac{0{,}068}{25\,000} = 2{,}7 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$$

Équation de la droite : $L = 2{,}7 \times 10^{-6} \times \frac{1}{a}$ (L et a en mètre).

Or $k = 2\lambda D$, donc $\lambda = \frac{k}{2D}$:

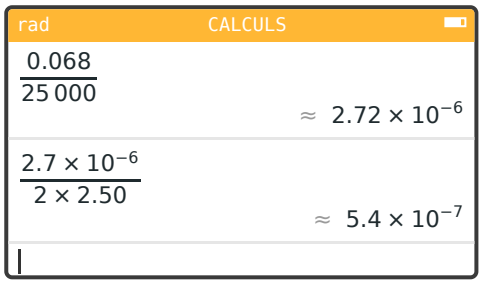
$$\lambda = \frac{2{,}7 \times 10^{-6}}{2 \times 2{,}50} = 5{,}4 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

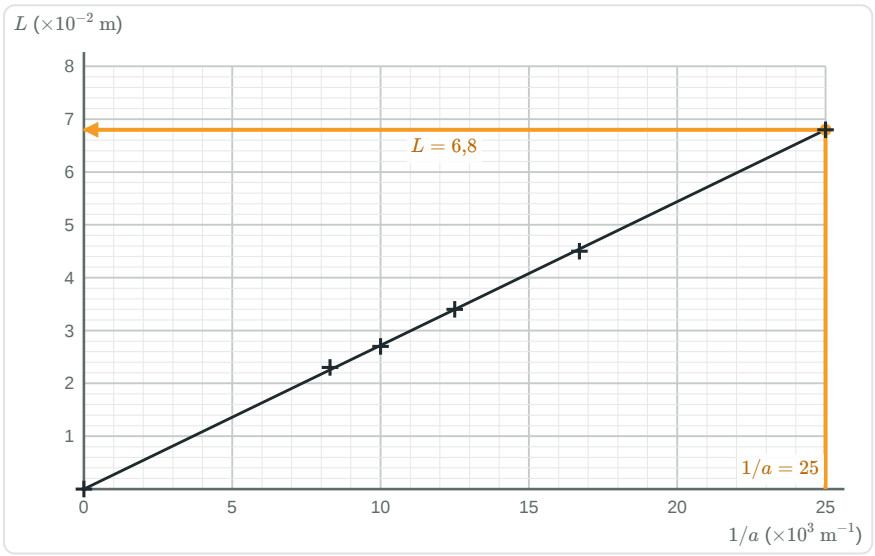
$$L = 2{,}7 \times 10^{-6} \times \frac{1}{a} \text{ et } \lambda = 5{,}4 \times 10^{-7}\ \text{m} = 5{,}4 \times 10^{2}\ \text{nm}$$

COMPRENDRE
La lecture graphique (0,068 m) n'a que deux chiffres significatifs : k et λ sont donnés avec deux chiffres, même si D en compte trois.

MÉTHODE
Choisir sur la droite un point éloigné de l'origine : l'erreur de lecture pèse alors moins sur le coefficient directeur.

À LA CALCULATRICE





9 · Figure 4 du sujet, avec le point lu pour le coefficient directeur

10 Calculer la fréquence de la lumière monochromatique émise par la source laser.

Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\lambda = 5{,}4 \times 10^{-7}$ m (Q9)

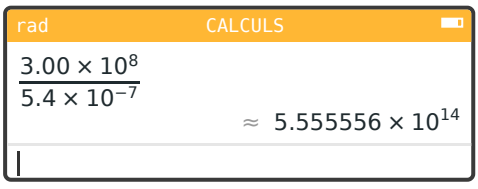
Dans le vide (ou dans l'air), $\lambda = \frac{c}{\nu}$, donc $\nu = \frac{c}{\lambda}$, avec λ en mètre :

$$\nu = \frac{3{,}00 \times 10^8}{5{,}4 \times 10^{-7}}$$

$$\nu = 5{,}6 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

COMPRENDRE
En gardant la valeur non arrondie de k ($2{,}72 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$), on obtient $5{,}5 \times 10^{14}$ Hz. Les deux résultats sont compatibles avec la précision de la lecture graphique.

À LA CALCULATRICE



11 À la traversée d'un verre flint d'indice $n(\lambda) = 1{,}64$, la fréquence, la longueur d'onde et la couleur de cette radiation varient-elles ?

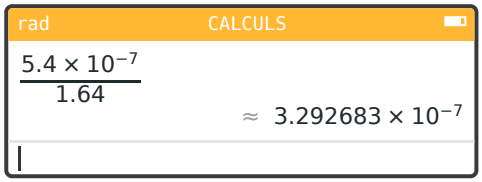
Données utiles $n = 1{,}64$; $\lambda = 5{,}4 \times 10^{-7}$ m (Q9)

- **Fréquence** : elle est fixée par la source et ne dépend pas du milieu traversé. Elle ne varie pas.
- **Longueur d'onde** : dans le verre la célérité vaut $v = \dfrac{c}{n}$, donc $\lambda_{\text{verre}} = \dfrac{v}{\nu} = \dfrac{c}{n\,\nu} = \dfrac{\lambda}{n}$. Elle est divisée par $1{,}64$: $\lambda_{\text{verre}} = \dfrac{5{,}4 \times 10^{-7}}{1{,}64} = 3{,}3 \times 10^{-7}$ m.
- **Couleur** : elle est liée à la fréquence, elle ne change pas.

Fréquence et couleur inchangées ; la longueur d'onde diminue : $\lambda_{\text{verre}} = \dfrac{\lambda}{n} = 3{,}3 \times 10^{-7}$ m.

PIÈGE
Conclure que la lumière devient ultraviolette parce que $\lambda_{\text{verre}} = 330$ nm. Les domaines de couleur sont définis par la longueur d'onde dans le vide.

À LA CALCULATRICE



1.1 Partie B. D'après le spectre de la figure 5, dans quel intervalle de longueurs d'onde l'absorbance est-elle significative ? Quelle est la couleur de la solution ?

Sur la figure 5, l'absorbance est forte (supérieure à 1) entre 490 nm et 580 nm environ, avec un maximum proche de 1,8 entre 520 nm et 560 nm. Au-delà de 600 nm elle est presque nulle.

La solution absorbe donc surtout le vert. Elle transmet le rouge et une partie du bleu-violet : sa couleur est la couleur complémentaire du vert.

Absorbance significative entre 490 nm et 580 nm environ (maximum de 520 à 560 nm) ; la solution est **violette** (magenta).

COMPRENDRE
Une solution a la couleur complémentaire de celle qu'elle absorbe le plus. Les bornes de l'intervalle dépendent du seuil choisi : l'essentiel est d'encadrer le maximum d'absorption.

1.2 Un laser de longueur d'onde 540 nm serait-il adapté pour l'étude spectrophotométrique de la transformation ?

La longueur d'onde 540 nm se situe dans la zone du maximum d'absorption des ions permanganate ($A \approx 1{,}8$). L'absorbance mesurée y est grande : ses variations au cours de la réaction seront bien mesurables.

Oui : 540 nm est dans le domaine d'absorption maximale des ions MnO_4^-.

MÉTHODE
On règle toujours le spectrophotomètre près du maximum d'absorption de l'espèce suivie : la mesure est plus sensible et plus précise.

2.1 Justifier l'évolution de l'absorbance du milieu réactionnel au cours du temps (figure 6).

Les ions permanganate MnO_4^- sont la seule espèce qui absorbe à la longueur d'onde choisie, et $A_\lambda(t) = k\,[\text{MnO}_4^-](t)$.

Ces ions sont un réactif : la réaction les consomme, leur concentration diminue, donc l'absorbance diminue.

L'absorbance décroît au cours du temps car MnO_4^-, seule espèce colorée, est consommé ; elle tend vers 0 quand il a disparu.

COMPRENDRE
L'absorbance finale nulle montre que les ions permanganate sont entièrement consommés : ils ne sont pas en excès, ce que confirme la question 2.3.

2.2 Déterminer les quantités de matière initiales des ions permanganate et d'acide oxalique.

Données utiles $[MnO_4^-] = 5{,}0 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1} ; $V_1 = 1{,}0$ mL ; $[H_2C_2O_4] = 12{,}5 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1} ; $V_2 = 1{,}0$ mL

Ions permanganate : $n_1 = [MnO_4^-] \times V_1 = 5{,}0 \times 10^{-4} \times 1{,}0 \times 10^{-3} = 5{,}0 \times 10^{-7}$ mol.

Acide oxalique : $n_2 = [H_2C_2O_4] \times V_2 = 12{,}5 \times 10^{-4} \times 1{,}0 \times 10^{-3} = 12{,}5 \times 10^{-7}$ mol.

$n_1 = 5{,}0 \times 10^{-7}$ mol et $n_2 = 12{,}5 \times 10^{-7}$ mol $= 1{,}25 \times 10^{-6}$ mol

PIÈGE
Laisser les volumes en millilitre, ou utiliser le volume du mélange (2,0 mL) : chaque quantité se calcule avec le volume de sa propre solution, en litre.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$5.0 \times 10^{-4} \times 1.0 \times 10^{-3} \approx 5 \times 10^{-7}$

$12.5 \times 10^{-4} \times 1.0 \times 10^{-3} \approx 1.25 \times 10^{-6}$

2.3 À l'aide d'un tableau d'avancement, déterminer l'avancement maximal, les ions H_3O^+ étant en large excès.

Données utiles $n_1 = 5{,}0 \times 10^{-7}$ mol ; $n_2 = 12{,}5 \times 10^{-7}$ mol (Q2.2)

(en mol)	$2\,MnO_4^-$	$5\,H_2C_2O_4$	$2\,Mn^{2+}$	$10\,CO_2$
$x = 0$	n_1	n_2	0	0
x	$n_1 - 2x$	$n_2 - 5x$	$2x$	$10x$
x_{max}	$n_1 - 2x_{max}$	$n_2 - 5x_{max}$	$2x_{max}$	$10x_{max}$

Les ions H_3O^+ sont en excès et l'eau est le solvant : ils ne figurent pas dans le tableau.

Si MnO_4^- est limitant : $n_1 - 2x_{max} = 0$, soit $x_{max} = \frac{n_1}{2} = \frac{5{,}0 \times 10^{-7}}{2} = 2{,}5 \times 10^{-7}$ mol.

Si $H_2C_2O_4$ est limitant : $n_2 - 5x_{max} = 0$, soit $x_{max} = \frac{n_2}{5} = \frac{12{,}5 \times 10^{-7}}{5} = 2{,}5 \times 10^{-7}$ mol.

Les deux valeurs sont égales : le mélange est stœchiométrique, les deux réactifs sont épuisés en même temps.

$x_{max} = 2{,}5 \times 10^{-7}$ mol

PIÈGE
Oublier les nombres stœchiométriques : écrire $n_1 - x$ et $n_2 - x$ conduirait à un avancement maximal faux.

COMPRENDRE
Cette valeur est celle du palier de la figure 7 ($2{,}50 \times 10^{-7}$ mol) : la transformation est bien totale.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{5.0 \times 10^{-7}}{2} \approx 2.5 \times 10^{-7}$

$\frac{12.5 \times 10^{-7}}{5} \approx 2.5 \times 10^{-7}$

2.4 a) Comment peut-on évaluer la vitesse volumique $v(t) = \frac{1}{V_{\text{mel}}}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ à une date t ? b) Comment évolue la vitesse volumique de cette transformation ?

a) $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ est la pente de la tangente tracée, à la date t, sur la courbe de la figure 7 représentant x en fonction du temps. On trace cette tangente, on calcule son coefficient directeur avec deux points éloignés, puis on divise par $V_{\text{mel}} = V_1 + V_2 = 2{,}0$ mL.

b) La pente de la tangente est très faible jusqu'à 2 min environ, puis elle augmente fortement et passe par un maximum vers 3 min. Elle diminue ensuite et s'annule sur le palier, après 8 min environ.

a) Pente de la tangente à la courbe $x(t)$ à la date t, divisée par V_{mel}. b) La vitesse, faible au début, augmente, passe par un maximum vers 3 min, puis décroît jusqu'à zéro.

COMPRENDRE
D'habitude la vitesse est maximale au départ. Ici elle commence par augmenter : les ions Mn^{2+} formés catalysent la réaction (autocatalyse).

COMPRENDRE
Aujourd'hui on utilise plutôt la vitesse volumique de disparition d'un réactif, $-\frac{\mathrm{d}[\mathrm{MnO_4^-}]}{\mathrm{d}t}$: la méthode de la tangente est la même.

2.5 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

$t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$. La transformation étant totale, $x_f = x_{\max}$.

PIÈGE
Ce n'est pas la moitié de la durée totale de la réaction : la définition porte sur l'avancement, pas sur le temps.

2.6 Déterminer graphiquement $t_{1/2}$.

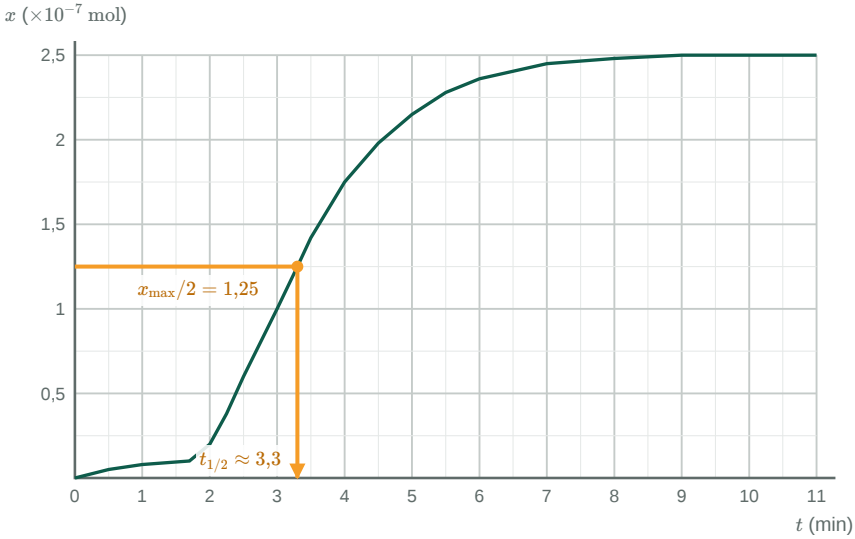
Données utiles $x_{\max} = 2{,}5 \times 10^{-7}$ mol (Q2.3) ; figure 7

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{\max}}{2} = \frac{2{,}5 \times 10^{-7}}{2} = 1{,}25 \times 10^{-7} \text{ mol.}$$

Sur la figure 7, on trace l'horizontale d'ordonnée $1{,}25 \times 10^{-7}$ mol jusqu'à la courbe, puis on lit l'abscisse du point d'intersection.

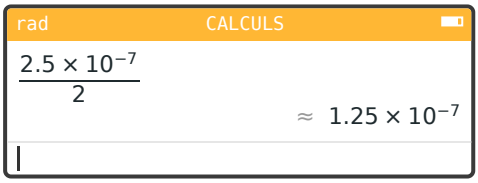
$$\boxed{t_{1/2} \approx 3{,}3 \text{ min}}$$

MÉTHODE
Toujours laisser les traits de construction sur l'annexe : l'horizontale à $x_{\max}/2$ puis la verticale jusqu'à l'axe des temps justifient la lecture.



2.6 · Figure 7 du sujet, avec la lecture de $t_{1/2}$

À LA CALCULATRICE



Hydrolyse d'un ester

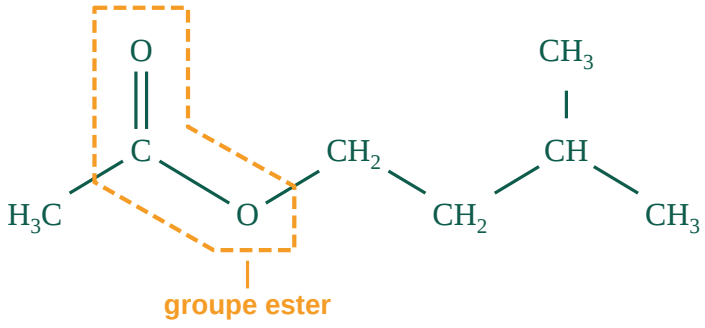
Bac S 2006 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Sur la figure 1 de l'annexe, faire apparaître le groupe caractéristique de l'éthanoate de 3-méthylbutyle et indiquer sa famille.

Le groupe caractéristique est entouré sur la figure : un carbone doublement lié à un oxygène et lié à un second oxygène, lui-même relié à une chaîne carbonée ($-COO-C$).

Groupe **ester** : la molécule appartient à la famille des **esters**.

PIÈGE
N'entourer que $C{=}O$: c'est alors un groupe carbonyle. Le groupe ester comprend aussi l'oxygène relié à la chaîne carbonée.



1 · Figure 1 de l'annexe complétée

2 Écrire l'équation de la réaction modélisant l'hydrolyse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle.

L'hydrolyse d'un ester est sa réaction avec l'eau : elle donne un acide carboxylique et un alcool.

$$CH_3COOC_5H_{11} + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + C_5H_{11}OH$$

COMPRENDRE
La coupure se fait entre le carbone du groupe $C{=}O$ et l'oxygène voisin : la partie « éthanoate » redonne l'acide, la partie « 3-méthylbutyle » redonne l'alcool. En formules brutes : $C_7H_{14}O_2 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_4O_2 + C_5H_{12}O$.

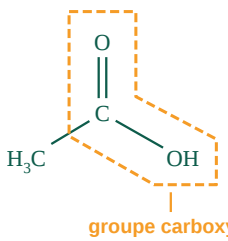
3 Nommer les espèces obtenues lors de l'hydrolyse ; pour chacune, donner la formule semi-développée, faire apparaître le groupe caractéristique et indiquer la famille.

- $CH_3{-}COOH$: **acide éthanoïque**, groupe carboxyle $-COOH$, famille des acides carboxyliques.
- $HO{-}CH_2{-}CH_2{-}CH(CH_3){-}CH_3$: **3-méthylbutan-1-ol**, groupe hydroxyle $-OH$, famille des alcools.

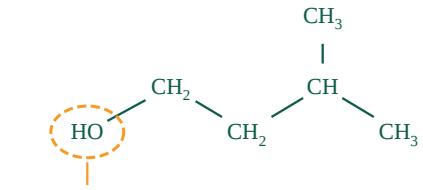
Les formules semi-développées et les groupes entourés sont sur la figure.

Produits : acide éthanoïque (acide carboxylique) et 3-méthylbutan-1-ol (alcool).

MÉTHODE
Nom d'un ester = « alcanoate d'alkyle ». Le premier mot donne l'acide (éthanoate → acide éthanoïque), le second donne l'alcool (3-méthylbutyle → 3-méthylbutan-1-ol, chaîne numérotée à partir du carbone portant OH).



acide éthanoïque
famille des acides carboxyliques



3-méthylbutan-1-ol
famille des alcools

3 · Les deux produits de l'hydrolyse

4.1 Écrire l'équation de la réaction acido-basique de titrage.

L'acide éthanoïque formé réagit avec les ions hydroxyde de la solution titrante :

$$CH_3COOH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow CH_3COO^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

PIÈGE
Faire figurer Na^+ dans l'équation : l'ion sodium est spectateur. L'espèce titrante est l'ion hydroxyde seul.

4.2 Exprimer et calculer la constante d'équilibre K de la réaction de titrage.

Données utiles $K_A = 1{,}8 \times 10^{-5}$; $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$ (à 25 °C)

$$K = \frac{[CH_3COO^-]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}\,[HO^-]_{éq}}$$

On multiplie le numérateur et le dénominateur par $[H_3O^+]_{éq}$:

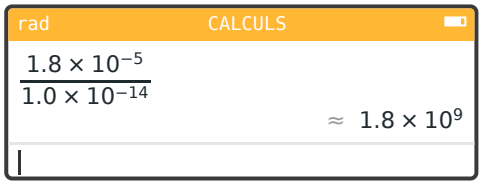
$$K = \frac{[CH_3COO^-]_{éq}\,[H_3O^+]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}} \times \frac{1}{[H_3O^+]_{éq}\,[HO^-]_{éq}} = \frac{K_A}{K_e}$$

$$K = \frac{1{,}8 \times 10^{-5}}{1{,}0 \times 10^{-14}}$$

$$K = \frac{K_A}{K_e} = 1{,}8 \times 10^{9}$$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme K_A et K_e. K est sans unité et l'eau, solvant, n'y figure pas. Une valeur aussi grande ($K > 10^4$) justifie de considérer la réaction de titrage comme totale.

À LA CALCULATRICE



4.3.1 Définir l'équivalence d'une réaction de titrage.

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

COMPRENDRE
Avant l'équivalence, le réactif limitant est l'espèce titrante ; après, c'est l'espèce titrée. L'équivalence est donc l'instant du changement de réactif limitant, ici repéré par le changement de couleur de l'indicateur.

4.3.2 À l'équivalence, exprimer la quantité de matière n_A d'acide présent à la date t dans le bécher titré en fonction de C_B et V_{BE}.

L'acide et l'ion hydroxyde réagissent mole à mole. À l'équivalence : $n_A = n(HO^-)_{\text{versé}}$.

$$n_A = C_B \times V_{BE}$$

4.3.3 En déduire la quantité de matière n d'acide qui se serait formé dans le milieu réactionnel initial à la même date, en fonction de C_B et V_{BE}.

Données utiles volume d'un bécher $V = 5{,}0$ mL ; volume du milieu réactionnel initial : 50 mL

Chaque bécher contient $V = 5{,}0$ mL du mélange, soit un dixième du volume initial : $\dfrac{50}{5{,}0} = 10$.

Le mélange entier aurait contenu, à la même date, dix fois plus d'acide : $n = 10\,n_A$.

$$n = 10\,C_B \times V_{BE}$$

PIÈGE
Dans cette relation, V_{BE} s'exprime en litres si C_B est en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: les valeurs du tableau sont en millilitres.

5.1 Rappeler les caractéristiques d'une réaction d'hydrolyse d'un ester.

L'hydrolyse d'un ester est une transformation **lente** et **limitée** (non totale) : elle conduit à un état d'équilibre car la réaction inverse, l'estérification, a lieu en même temps.

COMPRENDRE
La courbe de la figure 3 le montre : il faut deux heures pour que n se stabilise presque, et la valeur atteinte reste inférieure à la quantité initiale d'ester.

5.2 Calculer les quantités de matière initiales n_{ester} et n_{eau} des réactifs mis en présence.

Données utiles $V_{\text{ester}} = 15$ mL ; volume total 50 mL ; $\rho_{\text{ester}} = 0{,}87\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}0\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M_{\text{ester}} = 130\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{\text{eau}} = 18{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Pour un liquide : $n = \dfrac{m}{M} = \dfrac{\rho \times V}{M}$.

Ester : $n_{\text{ester}} = \dfrac{0{,}87 \times 15}{130} = 0{,}10$ mol.

Eau : le volume est complété à 50 mL, donc $V_{\text{eau}} = 50 - 15 = 35$ mL.

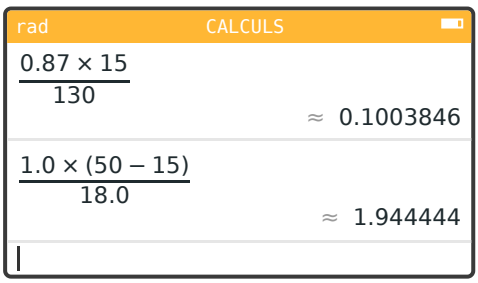
$n_{\text{eau}} = \dfrac{1{,}0 \times 35}{18{,}0} = 1{,}9$ mol.

$$n_{\text{ester}} = 0{,}10 \text{ mol} \ ; \ n_{\text{eau}} = 1{,}9 \text{ mol}$$

PIÈGE
Prendre 50 mL pour le volume d'eau : 50 mL est le volume du mélange, ester compris. Avec ρ en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, les volumes restent en millilitres.

COMPRENDRE
L'eau est en large excès, près de vingt fois plus que l'ester : l'ester est le réactif limitant.

À LA CALCULATRICE



5.3 Compléter le tableau d'avancement de la réaction d'hydrolyse (figure 2 de l'annexe), sans calculer les quantités de matière finales.

Données utiles $n_{\text{ester}} = 0{,}10$ mol et $n_{\text{eau}} = 1{,}9$ mol (5.2)

Tous les nombres stœchiométriques valent 1 : chaque réactif perd x, chaque produit gagne x. Le tableau complété est donné sur la figure.

État final : $0{,}10 - x_f$; $1{,}9 - x_f$; x_f ; x_f (en mol)

PIÈGE
Écrire $x_{\max}$ dans la ligne de l'état final : la transformation est limitée, l'avancement final x_f est inférieur à $x_{\max}$.

		ester	+	eau	=	acide	+	alcool
État du système	Avancement	Quantités de matière (mol)						
État initial	*x = 0 mol*	*0,10*		*1,9*		*0*		*0*
État intermédiaire	*x (mol)*	*0,10 − x*		*1,9 − x*		*x*		*x*
État final	x_f *(mol)*	*0,10 − x_f*		*1,9 − x_f*		*x_f*		*x_f*

5.3 · Figure 2 de l'annexe complétée

6.1 À la date $t = 120$ min, calculer le taux d'avancement final τ_1 de la réaction d'hydrolyse à l'aide de la courbe $n = f(t)$.

Données utiles $n_{ester} = 0{,}10$ mol (5.2) ; figure 3 de l'annexe

Par définition : $\tau_1 = \dfrac{x_f}{x_{max}}$.

Si la transformation était totale, l'ester (réactif limitant) serait entièrement consommé : $x_{max} = n_{ester} = 0{,}10$ mol.

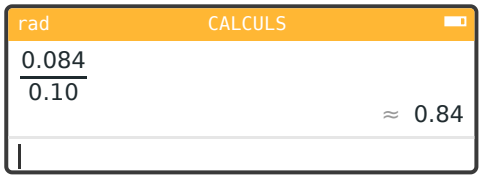
D'après le tableau d'avancement, la quantité d'acide formé est $n = x$.
Lecture sur la courbe à $t = 120$ min : $x_f = n = 0{,}084$ mol.

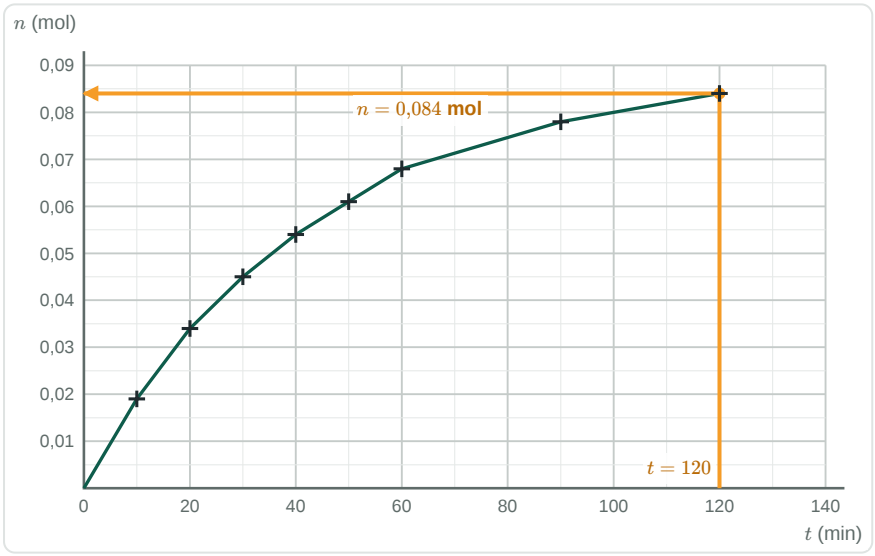
$$\tau_1 = \frac{0{,}084}{0{,}10} = 0{,}84$$

$\tau_1 = 0{,}84$, soit 84 %

COMPRENDRE
$\tau_1 < 1$ confirme que la transformation est limitée. Le taux est élevé parce que l'eau est en large excès : avec un mélange équimolaire, il serait bien plus faible.

À LA CALCULATRICE





6.1 · Figure 3 du sujet : lecture de n à $t = 120$ min

6.2 Comment peut-on augmenter le taux d'avancement final de la réaction d'hydrolyse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle ?

Il faut déplacer l'équilibre dans le sens de l'hydrolyse :

- en augmentant encore l'excès d'eau par rapport à l'ester ;
- en éliminant l'un des produits (acide ou alcool) au fur et à mesure de sa formation, par exemple par distillation si sa température d'ébullition est la plus basse du mélange.

Mettre un réactif (l'eau) en plus large excès, ou retirer un produit du milieu au cours de la transformation.

PIÈGE
Proposer de chauffer ou d'ajouter un catalyseur : l'état final est atteint plus vite, mais le taux d'avancement final de cette transformation ne change pas.

Résistance d'une bobine réelle

Bac S 2006 Polynésie (ancien programme) · Exercice 3 **6 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1 Partie A. Compléter le schéma du circuit : positions de l'ampèremètre et du voltmètre, tensions $U_g = E$ et U_b.

L'ampèremètre se place en série, dans le cercle situé entre A et B : le courant entre par sa borne mA (côté A) et sort par sa borne COM (côté B).

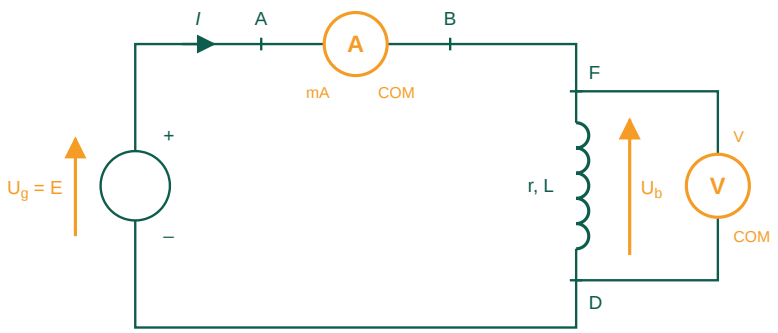
Le voltmètre se place en dérivation aux bornes de la bobine : borne V en F, borne COM en D.

Les flèches des tensions pointent vers le potentiel le plus élevé : U_g vers la borne $+$ du générateur, U_b vers F (convention récepteur, flèche opposée au sens de I).

Schéma complété : voir l'annexe ci-contre.

PIÈGE
Inverser les bornes : le courant doit sortir de l'ampèremètre par COM, et la borne V du voltmètre se relie au point de potentiel le plus élevé (F). Sinon les appareils affichent des valeurs négatives.

COMPRENDRE
La bobine, les circuits RL et RLC et les oscillations électriques ne figurent plus au programme actuel de spécialité. Cet exercice reste un bon entraînement sur les lois des circuits et la constante de temps.



1 · Annexe, question A.1 : ampèremètre en série, voltmètre en dérivation aux bornes de la bobine

2 Partie A. À partir des mesures de U_b et I_b, déduire la valeur r_1 de la résistance de la bobine en justifiant la démarche.

Données utiles $U_b = 5{,}95$ V ; $I_b = 410$ mA ; $u_b = r\,i + L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$

En régime permanent, l'intensité est constante : $i = I_b$ et $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = 0$.

La relation de la bobine devient $U_b = r_1\,I_b$: la bobine se comporte comme un conducteur ohmique. Donc

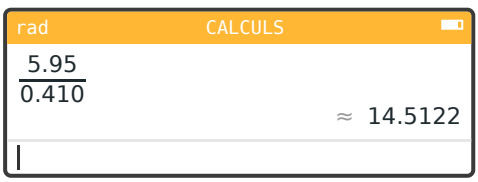
$$r_1 = \frac{U_b}{I_b} = \frac{5{,}95}{0{,}410}$$

$r_1 = 14{,}5\ \Omega$

PIÈGE
Laisser l'intensité en mA : on trouverait $0{,}0145$. Il faut $I_b = 0{,}410$ A. Utiliser la tension mesurée $U_b = 5{,}95$ V, plus précise que $E = 6{,}0$ V.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : U_b et I_b en ont trois, le quotient est donné avec trois chiffres. Le sujet demande explicitement de respecter cette précision dans tout l'exercice.

À LA CALCULATRICE



1 Partie B. Quel phénomène observe-t-on dans le circuit à la fermeture de l'interrupteur ?

À la fermeture de l'interrupteur, l'intensité ne prend pas instantanément sa valeur finale : elle part de zéro et augmente progressivement jusqu'à une valeur limite.

On observe l'établissement progressif du courant (régime transitoire) : la bobine retarde l'installation du courant dans le circuit.

COMPRENDRE
Une bobine s'oppose aux variations de l'intensité qui la traverse, par le terme $L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$. L'intensité ne peut donc pas subir de saut : $i(0) = 0$ juste après la fermeture.

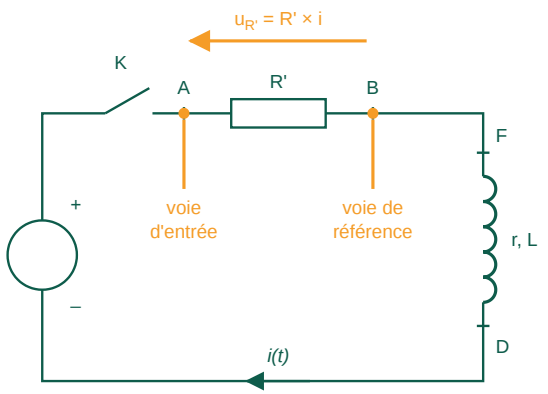
2 Partie B. Indiquer sur le schéma comment brancher le système d'acquisition (voie d'entrée, voie de référence) pour obtenir une tension proportionnelle à l'intensité. Justifier.

Loi d'Ohm pour le conducteur ohmique : $u_{R'} = u_{AB} = R'\,i$. Comme R' est constante, la tension u_{AB} est proportionnelle à $i(t)$.

On branche donc le système aux bornes de R' : voie d'entrée en A, voie de référence en B. Le logiciel calcule ensuite $i = \dfrac{u_{AB}}{R'}$.

Voie d'entrée en A, voie de référence en B : $u_{AB} = R'\,i$.

PIÈGE
Se brancher aux bornes de la bobine : $u_b = r\,i + L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ n'est pas proportionnelle à i. Inverser A et B donnerait $-R'\,i$, donc une courbe négative.



2 · Annexe, question B.2 : le système d'acquisition mesure la tension aux bornes de R'

3 Partie B. Déterminer la constante de temps τ à partir de l'enregistrement de $i(t)$, en détaillant la méthode sur le graphe.

Données utiles asymptote lue sur le graphe : $I_\infty = 240$ mA

À la date $t = \tau$, l'intensité vaut 63 % de sa valeur limite :

$$i(\tau) = 0{,}63 \times I_\infty = 0{,}63 \times 240 = 151 \text{ mA}$$

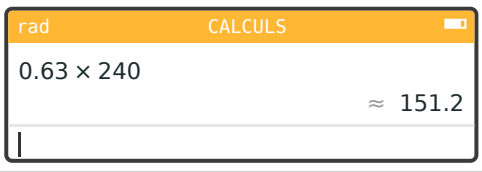
On trace l'horizontale d'ordonnée 151 mA jusqu'à la courbe, puis on descend verticalement : on lit l'abscisse du point.

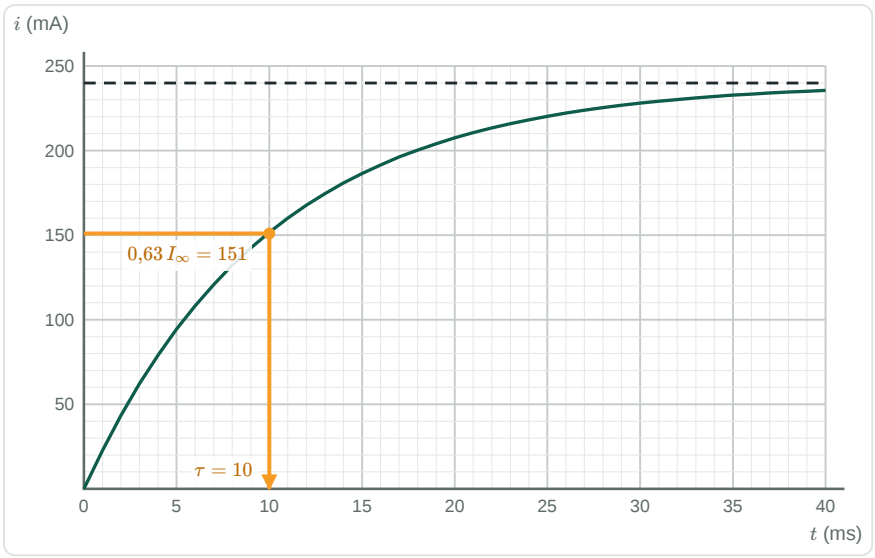
$\tau = 10$ ms

COMPRENDRE
La lecture graphique ne permet que deux chiffres significatifs : $\tau = 10$ ms, soit $1{,}0 \times 10^{-2}$ s. Cette précision limitée se retrouvera sur r_2.

MÉTHODE
Autre tracé possible : la tangente à la courbe à l'origine coupe l'asymptote $i = I_\infty$ au point d'abscisse τ. Les deux constructions doivent donner la même valeur.

À LA CALCULATRICE





3 · Annexe, question B.3 : lecture de τ à 63 % de I_∞

4.1 Donner l'expression littérale de τ en fonction des paramètres du circuit et vérifier par analyse dimensionnelle que τ est homogène à un temps.

Les résistances R' et r sont en série : $R = R' + r$, donc $\tau = \dfrac{L}{R' + r}$.

Dimension de R : d'après $u = R\,i$, $[R] = \dfrac{[U]}{[I]}$.

Dimension de L : d'après $u = L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$, $[U] = [L]\,\dfrac{[I]}{[T]}$, soit $[L] = \dfrac{[U]\,[T]}{[I]}$.

$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{[U]\,[T]}{[I]} \times \frac{[I]}{[U]} = [T]$$

$\tau = \dfrac{L}{R' + r}$ et $[\tau] = [T]$: τ est bien homogène à un temps.

PIÈGE
Oublier la résistance r de la bobine dans la résistance totale et écrire $\tau = \dfrac{L}{R'}$.

MÉTHODE
Pour une analyse dimensionnelle, exprimer chaque grandeur à l'aide d'une loi connue qui la relie à une tension, une intensité et un temps, puis simplifier.

4.2 Connaissant l'inductance de la bobine, déduire la valeur r_2 de sa résistance.

Données utiles $L = 250$ mH ; $R' = 10{,}0\ \Omega$; $\tau = 10$ ms (B.3)

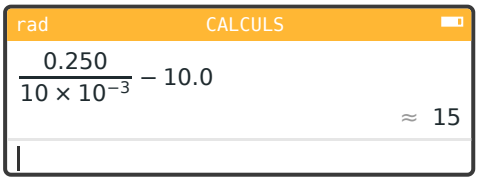
$\tau = \dfrac{L}{R' + r_2}$ donne $R' + r_2 = \dfrac{L}{\tau}$, soit

$$r_2 = \frac{L}{\tau} - R' = \frac{0{,}250}{10 \times 10^{-3}} - 10{,}0$$

$r_2 = 15\ \Omega$

COMPRENDRE
τ n'est connue qu'avec deux chiffres : $\dfrac{L}{\tau} = 25\ \Omega$ à l'unité près, donc $r_2 = 15\ \Omega$ et non $15{,}0\ \Omega$.

À LA CALCULATRICE



5.1 L'intensité a atteint sa valeur limite I_∞ au bout de 5τ. Quel est alors le régime de fonctionnement de la bobine ?

Après 5τ, l'intensité ne varie plus : $i = I_\infty$ et $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = 0$, donc $u_b = r\,I_\infty$.

La bobine est en régime permanent : elle se comporte comme un conducteur ohmique de résistance r.

5.2 Exprimer la résistance r de la bobine en fonction de E, I_∞ et R', puis calculer sa valeur r_3.

Données utiles $E = 6{,}00$ V ; $I_\infty = 240$ mA ; $R' = 10{,}0\ \Omega$

Loi d'additivité des tensions en régime permanent : $E = u_{R'} + u_b = R'\,I_\infty + r\,I_\infty$.

D'où $r = \dfrac{E}{I_\infty} - R'$.

$$r_3 = \frac{6{,}00}{0{,}240} - 10{,}0$$

$$r = \frac{E}{I_\infty} - R' \ ; \ r_3 = 15{,}0\ \Omega$$

PIÈGE
Oublier la tension aux bornes de R' et écrire $r = \dfrac{E}{I_\infty}$: on trouverait $25{,}0\ \Omega$, qui est la résistance totale du circuit.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{6.00}{0.240} - 10.0$

$\approx$ 15

6 Les trois valeurs de r obtenues dans les parties A et B sont-elles cohérentes entre elles ?

Données utiles $r_1 = 14{,}5\ \Omega$ (A.2) ; $r_2 = 15\ \Omega$ (B.4.2) ; $r_3 = 15{,}0\ \Omega$ (B.5.2)

Les valeurs r_2 et r_3 sont égales. L'écart relatif entre r_1 et r_3 vaut

$$\frac{r_3 - r_1}{r_3} = \frac{15{,}0 - 14{,}5}{15{,}0} \approx 3\ \%$$

Les trois valeurs sont cohérentes : elles s'accordent à environ 3 % près, soit $r \approx 15\ \Omega$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{15.0 - 14.5}{15.0}$

$\approx$ 0.03333333

1.1 Partie C. Rappeler l'expression littérale de la période propre T_0 d'un oscillateur LC.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L\,C}$$

COMPRENDRE
T_0 est la période des oscillations d'un circuit LC idéal, sans résistance. Elle s'exprime en secondes si L est en henrys et C en farads.

1.2 Calculer la valeur de la période propre T_0.

Données utiles $L = 250$ mH ; $C = 4\ \mu$F

$$T_0 = 2\pi\sqrt{0{,}250 \times 4 \times 10^{-6}} = 6{,}3 \times 10^{-3}\ \text{s}$$

La capacité n'est donnée qu'avec un seul chiffre significatif : le résultat s'écrit avec un seul chiffre.

$$T_0 = 6 \times 10^{-3}\ \text{s} = 6\ \text{ms}$$

PIÈGE
Oublier les conversions : $L = 0{,}250$ H et $C = 4 \times 10^{-6}$ F. Écrire 6,28 ms serait afficher une précision que C ne permet pas.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$2 \times \pi \times \sqrt{0.250 \times 4 \times 10^{-6}}$

$\approx$ 0.006283185

2.1 On observe aux bornes du condensateur des oscillations pseudo-périodiques. Interpréter l'amortissement des oscillations.

La bobine possède une résistance r. À chaque passage du courant, une partie de l'énergie électrique échangée entre le condensateur et la bobine est dissipée par effet Joule dans cette résistance.

L'énergie du circuit diminue au cours du temps : l'amplitude des oscillations décroît, elles sont amorties.

2.2 Avec une base de temps de 2 ms par division, deux pseudo-périodes occupent entre 6,2 et 6,4 divisions. Donner un encadrement de la pseudo-période T.

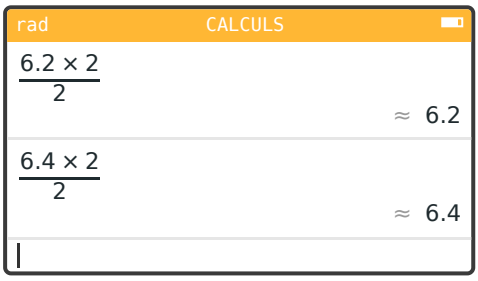
Durée de deux pseudo-périodes : $2T = n \times 2$ ms, avec $6{,}2 < n < 6{,}4$ divisions.

Donc $12{,}4 \text{ ms} < 2T < 12{,}8 \text{ ms}$, et en divisant par 2 :

$6{,}2 \text{ ms} < T < 6{,}4 \text{ ms}$

MÉTHODE
Mesurer plusieurs pseudo-périodes puis diviser réduit l'incertitude de lecture sur une seule.

À LA CALCULATRICE



2.3 Comparer ce résultat à T_0.

Données utiles $T_0 = 6$ ms (C.1.2) ; $6{,}2 \text{ ms} < T < 6{,}4 \text{ ms}$ (C.2.2)

Avec un seul chiffre significatif, $T_0 = 6$ ms : la mesure, comprise entre 6,2 et 6,4 ms, s'arrondit elle aussi à 6 ms.

$T \approx T_0$: la pseudo-période est égale à la période propre, compte tenu de la faible précision sur C.

COMPRENDRE
Lorsque l'amortissement est faible, la pseudo-période d'un circuit RLC est pratiquement égale à la période propre du circuit LC. La valeur non arrondie, $6{,}28$ ms, tombe d'ailleurs dans l'encadrement mesuré.

Spécialité : Purification du cuivre

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

1 Première partie. Compléter le schéma de l'électrolyse : sens du courant I, sens de déplacement des électrons, des cations et des anions, anode et cathode.

Le courant sort par la borne $+$ du générateur ; dans les fils, les électrons circulent en sens inverse.

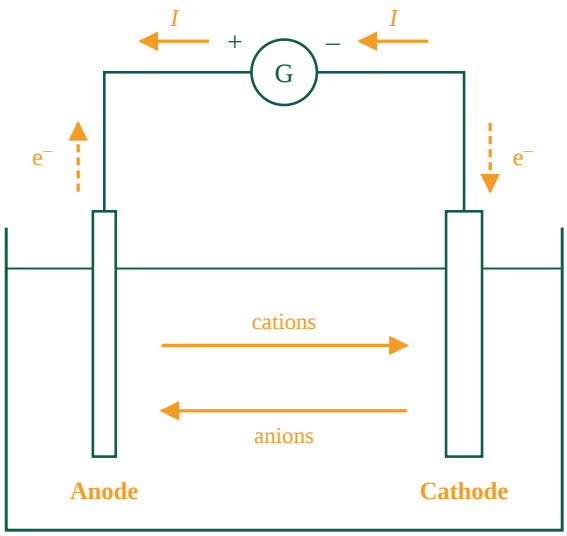
L'électrode reliée à la borne $+$ cède des électrons au circuit : il s'y produit une oxydation, c'est l'anode. L'électrode reliée à la borne $-$ reçoit des électrons : c'est la cathode (réduction).

Dans la solution, les cations se déplacent dans le sens du courant, vers la cathode ; les anions vont vers l'anode.

Anode : électrode de gauche, reliée à la borne $+$; cathode : électrode de droite, reliée à la borne $-$ (schéma complété ci-dessous).

PIÈGE
Dessiner des électrons dans la solution. Les électrons ne circulent que dans les fils et les électrodes ; dans la solution, le courant est porté par les ions.

MÉTHODE
Anode = oxydation, cathode = réduction, toujours. Dans une électrolyse, c'est le générateur qui impose le sens : l'anode est reliée à sa borne $+$, contrairement à une pile où l'anode est le pôle $-$.



1 · Annexe complétée (ajouts en orange)

2 Première partie. La transformation qui se produit lors d'une électrolyse est-elle une réaction d'oxydoréduction spontanée ou forcée ? Justifier.

Sans générateur, il ne se passe rien entre les électrodes et la solution. La transformation n'a lieu que parce que le générateur impose le passage du courant et fournit l'énergie électrique nécessaire.

C'est une transformation **forcée**.

COMPRENDRE
Une pile fonctionne spontanément et fournit de l'énergie électrique ; un électrolyseur en reçoit. Ici, l'énergie apportée sert à déplacer le cuivre d'une électrode à l'autre.

3 Première partie. Écrire les équations des transformations qui se déroulent aux électrodes.

À l'anode (cuivre impur), oxydation du métal :
$\mathrm{Cu\,(s) = Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^-}$

À la cathode, réduction des ions cuivre II : $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Cu\,(s)}$

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

PIÈGE
Inverser les deux demi-équations. L'énoncé donne la réponse : le métal de l'anode « passe à l'état d'ions », les ions « subissent une réduction » à la cathode.

4 Première partie. En déduire l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui se déroule dans l'électrolyseur.

Les deux demi-équations échangent chacune deux électrons : on les additionne membre à membre, en repérant l'électrode par un indice.

$\mathrm{Cu\,(s)_{anode} + Cu^{2+}\,(aq) = Cu^{2+}\,(aq) + Cu\,(s)_{cathode}}$

COMPRENDRE
Sans les indices, l'équation semblerait ne rien dire. Elle traduit un transport : le cuivre quitte l'anode impure et se dépose, pur, sur la cathode.

5 Première partie. Pourquoi qualifie-t-on cette électrolyse d'électrolyse à « anode soluble » ?

Le métal de l'anode est lui-même le réactif de l'oxydation : $\mathrm{Cu\,(s) = Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^-}$. Les atomes de cuivre passent en solution sous forme d'ions.

L'anode est consommée : elle s'amincit comme si elle se dissolvait dans la solution.

6 Première partie. La concentration en ions cuivre II de la solution électrolytique varie-t-elle au cours de l'électrolyse ? Justifier.

Les deux électrodes sont traversées par la même quantité d'électrons. Pour deux électrons échangés, un ion $\mathrm{Cu^{2+}}$ est formé à l'anode et un ion $\mathrm{Cu^{2+}}$ est consommé à la cathode.

La quantité d'ions $\mathrm{Cu^{2+}}$ en solution reste donc la même, dans un volume de solution inchangé.

La concentration $[\mathrm{Cu^{2+}}]$ ne varie pas.

COMPRENDRE
On le lit aussi dans l'équation de la question 4 : $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq)}$ figure avec le même nombre stœchiométrique dans les deux membres.

7 Première partie. À l'aide du diagramme de prédominance de l'ion $\mathrm{Cu^{2+}}$, expliquer qualitativement pourquoi on ajoute de l'acide sulfurique dans la solution électrolytique.

Données utiles $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq)}$ pour $\mathrm{pH} < 5$; $\mathrm{Cu(OH)_2\,(s)}$ pour $\mathrm{pH} > 5$

L'acide sulfurique maintient la solution à un pH nettement inférieur à 5 : l'élément cuivre y est alors sous forme d'ions $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq)}$.

À un pH supérieur à 5, il se formerait le solide $\mathrm{Cu(OH)_2}$: les ions $\mathrm{Cu^{2+}}$ quitteraient la solution et ne pourraient plus être réduits à la cathode.

L'acide garde le cuivre dissous sous forme $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq)}$, seule forme qui se dépose à la cathode.

COMPRENDRE
Le diagramme du sujet porte « $\mathrm{Cu(HO)_2}$ » : il s'agit de l'hydroxyde de cuivre II, $\mathrm{Cu(OH)_2}$. L'acide apporte aussi des ions, qui améliorent la conduction de la solution.

1 Deuxième partie. La plaque d'acier à recouvrir de cuivre doit-elle jouer le rôle de l'anode ou de la cathode ?

Le cuivre métallique se forme par la réduction $\mathrm{Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Cu\,(s)}$. Une réduction a lieu à la cathode.

La plaque d'acier doit être la **cathode** (reliée à la borne $-$ du générateur).

2 Deuxième partie. Exprimer la quantité d'électricité Q qui a traversé le circuit pendant l'électrolyse en fonction de I et Δt.

L'intensité du courant est constante.

$$Q = I \times \Delta t$$

PIÈGE
Pour l'application numérique, I doit être en ampères et Δt en secondes : $4{,}00 \times 10^2$ mA $= 0{,}400$ A et $30{,}0$ min $= 1{,}80 \times 10^3$ s.

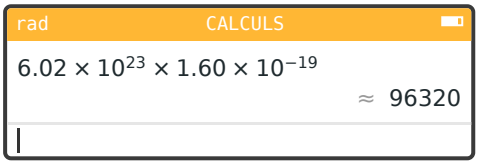
3 Deuxième partie. Exprimer Q en fonction de n_e (quantité de matière d'électrons transférée), N_A et e.

n_e moles d'électrons représentent $n_e \times N_A$ électrons, chacun portant la charge e en valeur absolue.

$$Q = n_e \times N_A \times e$$

COMPRENDRE
Le produit $N_A \times e$ est la charge d'une mole d'électrons, environ $9{,}63 \times 10^4$ C $\cdot$ mol^{-1} : c'est la constante de Faraday.

À LA CALCULATRICE



4 Deuxième partie. Exprimer n_e en fonction de n_{Cu} (quantité de matière de cuivre formée).

D'après $Cu^{2+}(aq) + 2\,e^- = Cu(s)$, il faut deux moles d'électrons pour former une mole de cuivre.

$$n_e = 2\,n_{Cu}$$

PIÈGE
Écrire $n_e = \frac{n_{Cu}}{2}$. Il circule plus d'électrons qu'il ne se dépose d'atomes de cuivre : deux par atome.

5 Deuxième partie. Déduire des questions précédentes l'expression littérale de n_{Cu} puis de m_{Cu}, masse de cuivre déposée sur la plaque. Calculer cette masse.

Données utiles $I = 4{,}00 \times 10^2$ mA ; $\Delta t = 30{,}0$ min ; $M(Cu) = 63{,}5$ g $\cdot$ mol^{-1} ; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ; $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C

On égale les deux expressions de Q : $I\,\Delta t = n_e\,N_A\,e = 2\,n_{Cu}\,N_A\,e$, donc

$$n_{Cu} = \frac{I\,\Delta t}{2\,N_A\,e} \quad \text{et} \quad m_{Cu} = n_{Cu}\,M(Cu) = \frac{I\,\Delta t\,M(Cu)}{2\,N_A\,e}$$

Avec $I = 0{,}400$ A et $\Delta t = 30{,}0 \times 60 = 1{,}80 \times 10^3$ s :

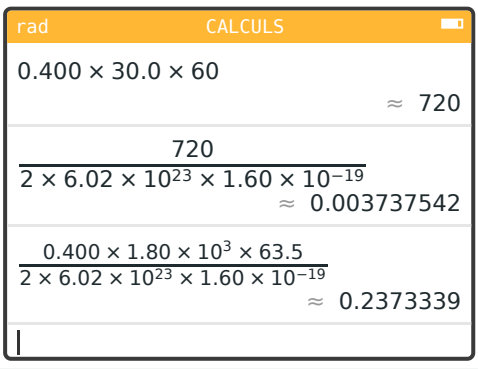
$$m_{Cu} = \frac{0{,}400 \times 1{,}80 \times 10^3 \times 63{,}5}{2 \times 6{,}02 \times 10^{23} \times 1{,}60 \times 10^{-19}} = 0{,}237 \text{ g}$$

$$m_{Cu} = 0{,}237 \text{ g} = 2{,}37 \times 10^{-1} \text{ g, soit } n_{Cu} = 3{,}74 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

COMPRENDRE
Toutes les données ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois. Le « 2 » et le « 60 » sont des nombres exacts, ils ne limitent pas la précision.

MÉTHODE
Chaîne à retenir pour toute électrolyse ou pile : $Q = I\,\Delta t$, puis $n_e = \frac{Q}{N_A\,e}$, puis la demi-équation pour passer de n_e au métal, enfin $m = n\,M$.

À LA CALCULATRICE



6 Deuxième partie. On observe en réalité une variation de masse de la lame de cuivre $|\Delta m| = 2{,}41 \times 10^{-1}$ g. Proposer une explication.

Données utiles $m_{\text{Cu}} = 0{,}237$ g (Q5) ; anode contenant 98 à 99,5 % de cuivre

La lame de cuivre est l'anode. D'après l'équation de l'électrolyse, elle perd autant de cuivre qu'il s'en dépose à la cathode, soit $0{,}237$ g. Or elle a perdu $0{,}241$ g, soit $0{,}004$ g de plus.

La lame n'est pas en cuivre pur : quand le cuivre est oxydé, les impuretés qu'il retenait se détachent et tombent au fond de la cuve ou restent en suspension.

L'écart, environ 4 mg, est la masse des impuretés libérées par l'anode.

COMPRENDRE

Vérification : $\dfrac{0{,}237}{0{,}241} \approx 0{,}98$. La lame contiendrait environ 98 % de cuivre, ce qui est cohérent avec la pureté de l'anode annoncée par l'énoncé.

À LA CALCULATRICE

