Corrigé complet — Bac S 2008 Asie (ancien programme)

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

Ex 1	**Les lois de Newton** Deuxième loi de Newton · Principe d'inertie · Poussée d'Archimède · Frottement fluide · Vitesse limite · Vecteurs vitesse et accélération	5,5 pts	1 h 05	12 questions	p. 2
Ex 2	**Spécialité : Synthèse d'un fébrifuge: l'acétanilide** Chauffage à reflux · Recristallisation · Filtration sous vide · Groupe caractéristique amide · Réactif limitant · Rendement d'une synthèse	4 pts	52 min	11 questions	p. 7
Ex 3	**Le savon à l'ancienne** Couples acide-base de Brønsted · Ester et triglycéride · Saponification (hydrolyse basique) · Chauffage à reflux · Réactif limitant et avancement · Savon : parties hydrophile et hydrophobe	4 pts	52 min	14 questions	p. 11
Ex 4	**Michael Faraday (1791-1867)** Électrolyse · Quantité d'électricité et faraday · Bobine et dipôle RL · Équation différentielle · Constante de temps · Analyse dimensionnelle	6,5 pts	1 h 18	17 questions	p. 15

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

Les lois de Newton

Bac S 2008 Asie (ancien programme) · Exercice 1 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

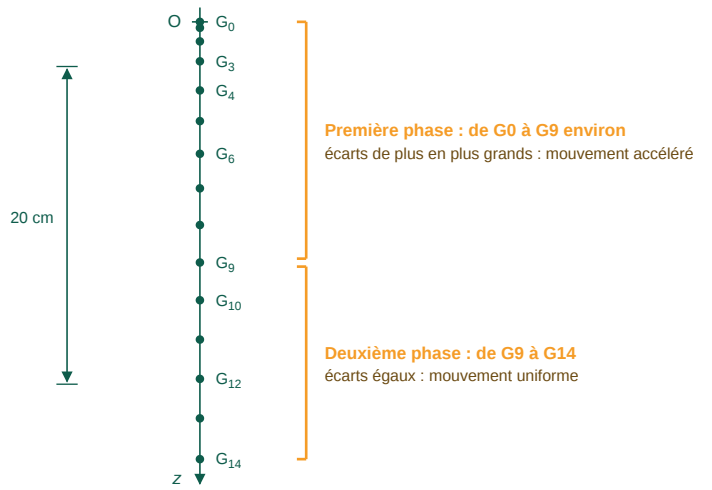
1 Délimiter les deux phases du mouvement de chute en précisant approximativement les positions limites de chacune.

Les positions sont relevées à intervalles de temps égaux : l'écart entre deux points voisins indique la vitesse.

- De G_0 à G_9 environ, cet écart grandit d'un point au suivant : la vitesse augmente.
- De G_9 environ à G_{14}, cet écart ne change plus (environ 1,0 cm sur le document) : la vitesse est constante.

Première phase : de G_0 à G_9 environ ; deuxième phase : de G_9 à G_{14}.

COMPRENDRE
Le passage d'une phase à l'autre est progressif : placer la limite en G_8, G_9 ou G_{10} est accepté, la question demande une position approximative.



1 · Annexe : les deux phases du mouvement

2.1.1 En tenant compte de l'échelle du document, calculer les vitesses en G_3 et G_5, puis tracer les vecteurs vitesse en ces positions (1 cm pour $0{,}20\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Données utiles $\tau = 0{,}050$ s ; la double flèche « 20 cm » mesure 8,0 cm sur le document

Échelle : 8,0 cm sur le document représentent 20 cm, donc 1 cm mesuré correspond à $\frac{20}{8{,}0} = 2{,}5$ cm réels.

La vitesse en G_3 est la vitesse moyenne entre les deux positions qui l'encadrent : $v_3 = \frac{G_2G_4}{2\tau}$.

Mesures : $G_2G_4 = 1{,}2$ cm et $G_4G_6 = 1{,}6$ cm sur le document.

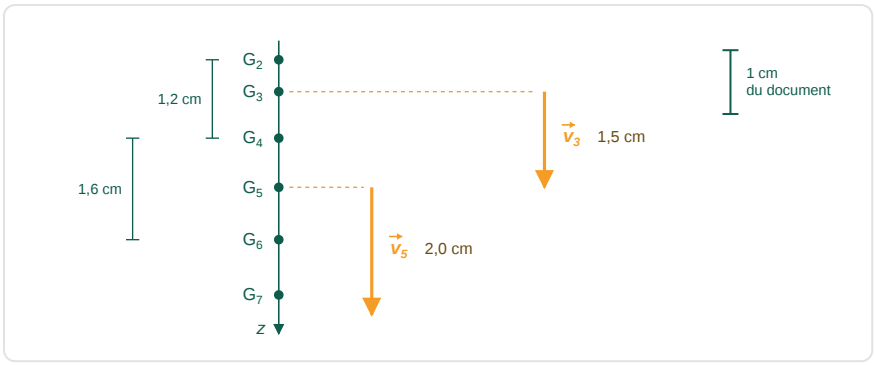
$$v_3 = \frac{2{,}5 \times 1{,}2 \times 10^{-2}}{2 \times 0{,}050} = 0{,}30\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} \qquad v_5 = \frac{G_4G_6}{2\tau} = \frac{2{,}5 \times 1{,}6 \times 10^{-2}}{2 \times 0{,}050} = 0{,}40\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Tracé : vecteurs verticaux, vers le bas, d'origines G_3 et G_5, de longueurs $\frac{0{,}30}{0{,}20} = 1{,}5$ cm et $\frac{0{,}40}{0{,}20} = 2{,}0$ cm.

$v_3 = 0{,}30\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (flèche de 1,5 cm) ; $v_5 = 0{,}40\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (flèche de 2,0 cm)

PIÈGE
Diviser par τ au lieu de 2τ, ou oublier l'échelle : les longueurs mesurées à la règle ne sont pas les distances réelles.

COMPRENDRE
Les longueurs sont lues au millimètre, avec deux chiffres significatifs : les vitesses en gardent deux.



2.1.1 · Annexe complétée (agrandie) : vecteurs vitesse en G3 et G5, décalés vers la droite pour la lisibilité

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{20}{8.0}$ ≈ 2.5

$\frac{2.5 \times 1.2 \times 10^{-2}}{2 \times 0.050}$ ≈ 0.3

$\frac{2.5 \times 1.6 \times 10^{-2}}{2 \times 0.050}$ ≈ 0.4

2.1.2 Calculer l'accélération a_4 au point G_4, puis tracer le vecteur accélération en ce point (1 cm pour $0{,}50\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$).

Données utiles $v_3 = 0{,}30\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $v_5 = 0{,}40\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1.1) ; $\tau = 0{,}050$ s

Le vecteur accélération en G_4 est la variation du vecteur vitesse entre G_3 et G_5, divisée par la durée : $\vec{a}_4 = \dfrac{\vec{v}_5 - \vec{v}_3}{2\tau}$.

Les deux vitesses sont verticales et vers le bas, donc $\vec{a}_4$ aussi, et :

$$a_4 = \frac{v_5 - v_3}{2\tau} = \frac{0{,}40 - 0{,}30}{2 \times 0{,}050} = 1{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Tracé : vecteur vertical, vers le bas, d'origine G_4, de longueur $\dfrac{1{,}0}{0{,}50} = 2{,}0$ cm.

$a_4 = 1{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, vecteur vertical vers le bas (flèche de 2,0 cm)

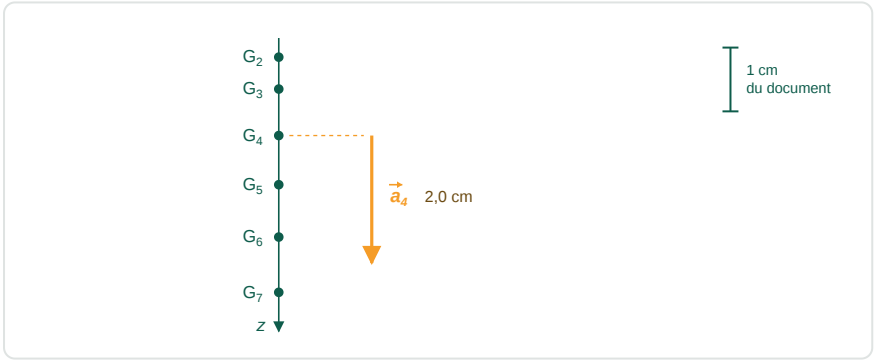
COMPRENDRE

a_4 vient de la différence de deux vitesses proches : un écart de 1 mm sur une seule longueur mesurée la modifie de $0{,}25\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. La valeur obtenue reste donc peu précise.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.40 - 0.30}{2 \times 0.050}$ ≈ 1



2.1.2 · Annexe complétée (agrandie) : vecteur accélération en G4, décalé vers la droite pour la lisibilité

2.2.1 Calculer la valeur de la poussée d'Archimède et montrer qu'elle est de l'ordre de grandeur du poids.

Données utiles $m = 3{,}80 \times 10^{-3}$ kg ; $V = 2{,}10 \times 10^{-6}\ \text{m}^3$; $\rho = 1240\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

La poussée d'Archimède a pour valeur le poids du liquide déplacé par l'objet entièrement immergé :

$$\Pi = \rho\, V\, g = 1240 \times 2{,}10 \times 10^{-6} \times 9{,}8 = 2{,}6 \times 10^{-2}\ \text{N}$$

Poids de l'objet : $P = m\,g = 3{,}80 \times 10^{-3} \times 9{,}8 = 3{,}7 \times 10^{-2}$ N.

$\dfrac{P}{\Pi} = \dfrac{m}{\rho V} \approx 1{,}5$: les deux forces valent quelques 10^{-2} N.

$\Pi = 2{,}6 \times 10^{-2}$ N, du même ordre de grandeur que $P = 3{,}7 \times 10^{-2}$ N : elle n'est pas négligeable.

PIÈGE

Utiliser la masse volumique de l'objet : dans $\Pi = \rho V g$, ρ est celle du liquide et V le volume immergé.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1240 \times 2.10 \times 10^{-6} \times 9.8$
≈ 0.0255192

$3.80 \times 10^{-3} \times 9.8$
≈ 0.03724

$\dfrac{3.80 \times 10^{-3}}{1240 \times 2.10 \times 10^{-6}}$
≈ 1.459293

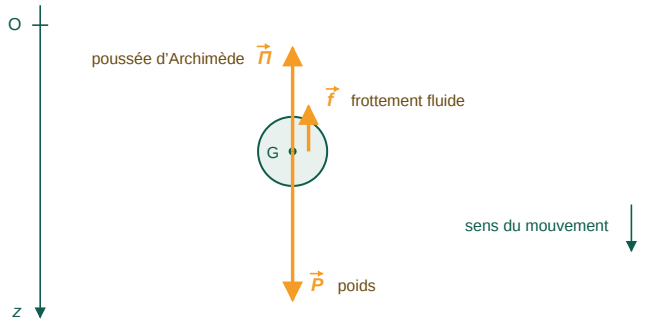
2.2.2 Représenter les forces sur un schéma, sans souci d'échelle.

Système : l'objet. Trois forces s'exercent sur lui, toutes verticales :

- le poids $\vec{P}$, vers le bas ;
- la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$, vers le haut ;
- le frottement $\vec{f}$ exercé par le liquide, opposé à la vitesse, donc vers le haut.

Schéma : $\vec{P}$ vers le bas, $\vec{\Pi}$ et $\vec{f}$ vers le haut, tracées à partir de G.

COMPRENDRE
L'objet accélère vers le bas pendant la première phase : la flèche du poids doit être plus longue que les deux autres réunies.



2.2.2 · Forces exercées sur l'objet pendant la chute (sans souci d'échelle)

2.3 Énoncer la loi de Newton qui régit cette première phase.

Le mouvement est accéléré : c'est la deuxième loi de Newton qui s'applique.

Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures qui s'exercent sur un système de masse m constante est égale au produit de m par l'accélération $\vec{a}_G$ du centre d'inertie de ce système.

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}_G$$

COMPRENDRE
Le programme actuel parle de « centre de masse » plutôt que de « centre d'inertie » : c'est le même point G.

2.4 En utilisant l'axe Oz de la figure, calculer la valeur de la force de frottement en position G_4.

Données utiles $a_4 = 1{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ (2.1.2) ; $m = 3{,}80 \times 10^{-3}$ kg ; $V = 2{,}10 \times 10^{-6}\ \text{m}^3$; $\rho = 1240\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Système : l'objet ; référentiel du laboratoire, supposé galiléen.
Deuxième loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m\,\vec{a}$$

Projection sur l'axe Oz, orienté vers le bas, en G_4 : $mg - \rho V g - f = m\,a_4$

$$f = mg - \rho V g - m\,a_4$$

$$f = 3{,}80 \times 10^{-3} \times 9{,}8 - 1240 \times 2{,}10 \times 10^{-6} \times 9{,}8 - 3{,}80 \times 10^{-3} \times 1{,}0$$

$$\boxed{f = 7{,}9 \times 10^{-3}\ \text{N}}$$

PIÈGE
Erreur de signe à la projection : l'axe pointe vers le bas, donc seul le poids est compté positivement ; $\vec{\Pi}$ et $\vec{f}$ donnent $-\Pi$ et $-f$.

MÉTHODE
Système, référentiel, bilan des forces, deuxième loi écrite en vecteurs, puis projection sur l'axe : isoler l'inconnue avant de passer aux nombres.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$3.80 \times 10^{-3} \times 9.8 - 1240 \times 2.10 \times 10^{-6} \times 9.8 - 3.80 \times 10^{-3} \times 1.0$
$\approx$ 0.0079208

2.5 Sachant que la vitesse en G_4 vaut $v_4 = 0{,}32\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, calculer le coefficient de frottement k en unité du système international.

Données utiles $f = 7{,}9 \times 10^{-3}$ N (2.4) ; $v_4 = 0{,}32\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

La valeur du frottement est proportionnelle à la vitesse : $f = k\,v$, donc en G_4 :

$$k = \frac{f}{v_4} = \frac{7{,}9 \times 10^{-3}}{0{,}32} = 2{,}5 \times 10^{-2}\ \text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$$

Unité : $\dfrac{\text{N}}{\text{m}\cdot\text{s}^{-1}} = \dfrac{\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}}{\text{m}\cdot\text{s}^{-1}} = \text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

$$\boxed{k = 2{,}5 \times 10^{-2}\ \text{kg}\cdot\text{s}^{-1}}$$

COMPRENDRE
Sur le document, $G_3G_5 \approx 1{,}5$ cm donnerait $v_4 \approx 0{,}38\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. L'énoncé impose $0{,}32\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$: c'est cette valeur qu'il faut utiliser.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$\dfrac{7.9 \times 10^{-3}}{0.32}$
$\approx$ 0.0246875

3.1 Quelle est la nature de la deuxième phase ?

Les positions sont alignées sur une verticale et régulièrement espacées : la vitesse garde la même direction, le même sens et la même valeur.

Le mouvement est rectiligne uniforme : l'objet a atteint sa vitesse limite.

3.2 Énoncer la loi de Newton qui régit cette phase.

C'est la première loi de Newton (principe d'inertie).

Dans un référentiel galiléen, si les forces extérieures appliquées à un système ont une somme vectorielle nulle, alors son centre d'inertie est immobile ou animé d'un mouvement rectiligne uniforme ; la réciproque est vraie.

$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} \iff \vec{v}_G$ est un vecteur constant

PIÈGE
Écrire « aucune force ne s'exerce sur l'objet » : les trois forces sont toujours présentes, c'est leur somme qui est nulle.

3.3 Déterminer, par le calcul, la vitesse de l'objet au cours de cette phase.

Données utiles $k = 2{,}5 \times 10^{-2}\ \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ (2.5) ; $m = 3{,}80 \times 10^{-3}\ \text{kg}$; $V = 2{,}10 \times 10^{-6}\ \text{m}^3$; $\rho = 1240\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $g = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Mouvement rectiligne uniforme, donc $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = \vec{0}$.

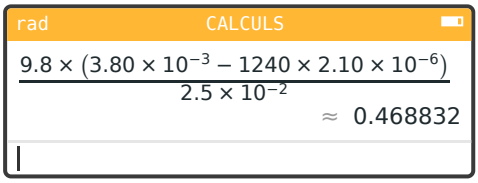
Projection sur Oz, avec $f = k\,v_{\text{lim}}$: $\quad mg - \rho V g - k\,v_{\text{lim}} = 0$

$$v_{\text{lim}} = \frac{g\,(m - \rho V)}{k} = \frac{9{,}8 \times (3{,}80 \times 10^{-3} - 1240 \times 2{,}10 \times 10^{-6})}{2{,}5 \times 10^{-2}}$$

$v_{\text{lim}} = 0{,}47\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

COMPRENDRE
Le frottement augmente avec la vitesse jusqu'à compenser exactement $P - \Pi$: l'accélération s'annule et la vitesse ne peut plus croître.

À LA CALCULATRICE



3.4 Retrouver cette vitesse à partir du document en utilisant le point G_{13}.

Données utiles échelle : 1 cm mesuré pour 2,5 cm réels (2.1.1) ; $\tau = 0{,}050$ s ; $v_{\text{lim}} = 0{,}47\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (3.3)

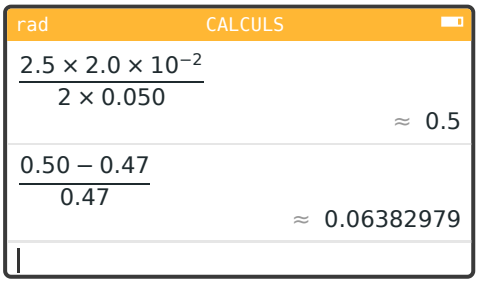
Mesure sur le document : $G_{12}G_{14} = 2{,}0$ cm, soit $2{,}5 \times 2{,}0 = 5{,}0$ cm réels.

$$v_{13} = \frac{G_{12}G_{14}}{2\tau} = \frac{5{,}0 \times 10^{-2}}{2 \times 0{,}050} = 0{,}50\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

L'écart avec la valeur calculée est d'environ 6 %, compatible avec la précision des mesures à la règle.

$v_{13} = 0{,}50\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, proche de $v_{\text{lim}} = 0{,}47\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Synthèse d'un fébrifuge: l'acétanilide

Bac S 2008 Asie (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

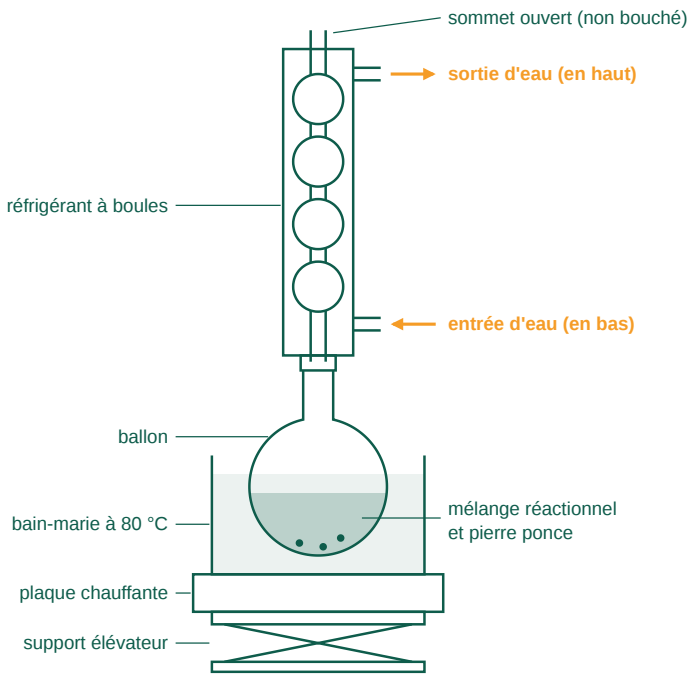
1.1.1 Faire un schéma annoté du montage à reflux et préciser le sens de circulation de l'eau dans le réfrigérant.

Le ballon, plongé dans le bain-marie, est surmonté d'un réfrigérant à boules vertical dont le sommet reste ouvert (voir schéma).

L'eau de refroidissement entre par le **bas** du réfrigérant et ressort par le **haut**.

PIÈGE
Boucher le sommet du réfrigérant : la pression augmenterait dans le montage pendant le chauffage. Un schéma sans légende ne rapporte pas les points.

COMPRENDRE
Avec une entrée par le bas, le manchon se remplit entièrement d'eau et chasse l'air : toute la paroi est refroidie. Alimenté par le haut, il resterait en partie vide.



1.1.1 · Montage de chauffage à reflux ; sens de circulation de l'eau en orange

1.1.2 Pourquoi chauffer ? Pourquoi à reflux ?

La température est un facteur cinétique : chauffer **accélère** la transformation.

Les vapeurs qui se forment montent dans le réfrigérant, s'y liquéfient au contact de la paroi froide et retombent dans le ballon.

On chauffe pour accélérer la réaction ; le reflux évite toute **perte de matière** (réactifs, produits, solvant).

COMPRENDRE
Le reflux garde aussi les vapeurs acides et irritantes à l'intérieur du montage au lieu de les laisser se répandre dans la salle.

1.1.3 À l'aide des données, justifier l'apparition des cristaux blancs après refroidissement.

Données utiles acétanilide : soluble dans l'eau chaude, très peu soluble dans l'eau froide ; aniline : soluble ; acide éthanoïque : très soluble

Après l'ajout d'eau, le mélange est essentiellement aqueux. L'acétanilide y reste dissous tant que le mélange est chaud.

En refroidissant, sa solubilité devient très faible : il ne peut plus rester en solution et passe à l'état solide. L'acide éthanoïque et l'aniline restante, solubles à froid, restent dissous.

L'acétanilide, très peu soluble dans l'eau froide, **cristallise** : ce sont les cristaux blancs.

COMPRENDRE
Les premiers 10 mL d'eau servent aussi à détruire l'excès d'anhydride éthanoïque, qui réagit vivement avec l'eau en donnant de l'acide éthanoïque. D'où l'ébullition observée et la prudence demandée.

1.1.4 Quel est l'intérêt d'effectuer une filtration sous vide ?

La trompe à eau crée une dépression dans la fiole : le liquide est aspiré à travers le filtre.

La filtration sous vide est plus **rapide** qu'une filtration simple et donne un solide mieux **essoré**.

MÉTHODE
Matériel à citer si un schéma est demandé : entonnoir Büchner, papier-filtre, fiole à vide, trompe à eau. Le solide reste sur le filtre, le filtrat est recueilli dans la fiole.

1.2 Comment appelle-t-on la technique de purification utilisée dans l'étape 2 ?

Le solide brut est dissous dans l'eau chaude, puis il réapparaît sous forme de cristaux lors du refroidissement, alors que les impuretés restent en solution.

Cette technique est une **recristallisation**.

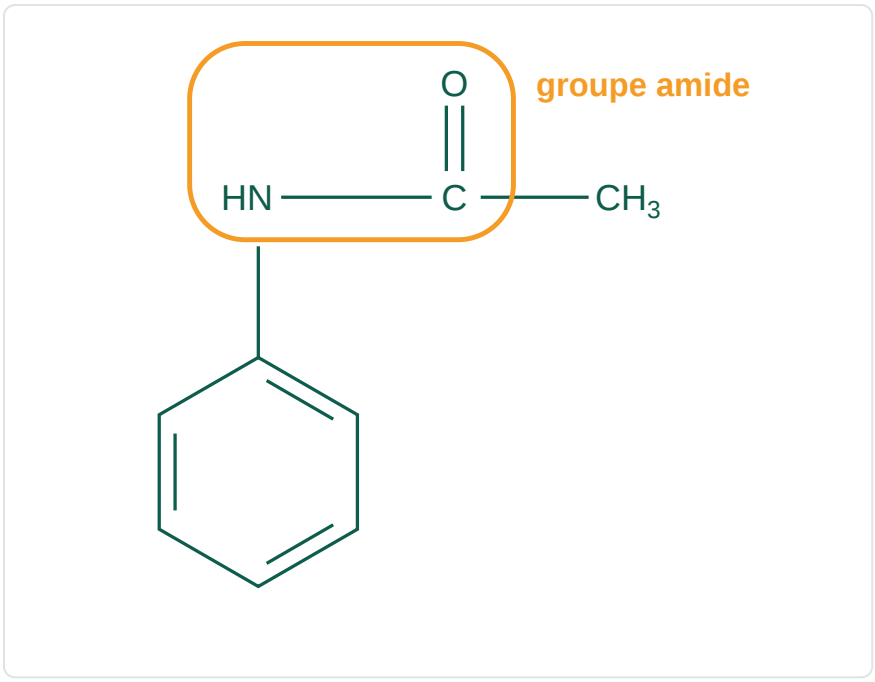
COMPRENDRE
Elle repose sur une différence de solubilité : le produit doit être soluble à chaud et très peu à froid dans le solvant choisi, les impuretés solubles à froid.

2 Recopier la formule de l'acétanilide et entourer le groupe caractéristique amide.

Le groupe amide associe un groupe carbonyle $C{=}O$ et un atome d'azote lié directement au carbone de ce groupe.

Groupe amide : $-CO-NH-$, entouré sur la formule.

PIÈGE
Entourer seulement NH (ce serait une amine) ou seulement $C{=}O$. Le groupe amide comprend à la fois l'azote, le carbone et l'oxygène.



2 · Formule de l'acétanilide, groupe amide entouré en orange

3.1 Quel est le nom du composé A de l'équation de la réaction ?

Données utiles aniline C_6H_7N ; anhydride éthanoïque $C_4H_6O_3$; acétanilide C_8H_9ON

Les nombres stœchiométriques valent tous 1 ; la conservation des éléments donne la formule brute de A :

C : $6+4-8=2$; H : $7+6-9=4$; O : $3-1=2$; N : $1-1=0$.

A a pour formule brute $C_2H_4O_2$, celle de l'acide éthanoïque du tableau de données.

A est l'**acide éthanoïque** CH_3COOH.

MÉTHODE
Quand une espèce manque dans une équation, on fait le bilan élément par élément entre réactifs et produits, puis on cherche la formule obtenue dans les données.

3.2 Calculer la quantité de matière initiale d'anhydride éthanoïque.

Données utiles $V_2 = 15{,}0$ mL ; $\rho_2 = 1{,}08$ g · mL^{-1} ; $M_2 = 102$ g · mol^{-1}

La masse d'anhydride introduite est $m_2 = \rho_2 V_2$, donc

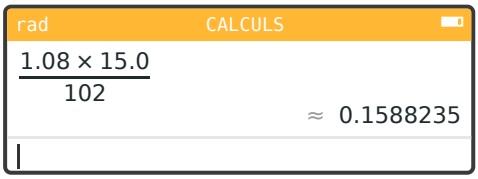
$$n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{\rho_2 V_2}{M_2} = \frac{1{,}08 \times 15{,}0}{102} = 0{,}159 \text{ mol}$$

$n_2 = 0{,}159$ mol

PIÈGE
Utiliser $n = CV$ ou le volume molaire : l'anhydride est un liquide pur, il faut passer par sa masse.

COMPRENDRE
Les données ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois. La masse volumique est en g · mL^{-1} et le volume en mL : aucune conversion n'est nécessaire.

À LA CALCULATRICE



3.3 Quel est le réactif limitant ? On pourra s'aider d'un tableau d'évolution du système.

Données utiles $n_1 = 0{,}110$ mol d'aniline ; $n_2 = 0{,}159$ mol d'anhydride éthanoïque (3.2)

Quantités de matière en mol (l'acide éthanoïque, solvant, est déjà présent en grande quantité) :

	aniline	anhydride	acétanilide	A
initial	$0{,}110$	$0{,}159$	0	excès
en cours	$0{,}110 - x$	$0{,}159 - x$	x	excès
final	$0{,}110 - x_{\max}$	$0{,}159 - x_{\max}$	$x_{\max}$	excès

Si l'aniline est limitante : $0{,}110 - x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 0{,}110$ mol.

Si l'anhydride est limitant : $0{,}159 - x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 0{,}159$ mol.

On retient la plus petite valeur : $x_{\max} = 0{,}110$ mol.

Le réactif limitant est l'**aniline** ; $x_{\max} = 0{,}110$ mol.

MÉTHODE
Tous les nombres stœchiométriques valant 1, il suffit de comparer les quantités initiales : $0{,}110 < 0{,}159$, donc l'aniline s'épuise la première.

3.4 Quelle masse maximale d'acétanilide peut-on espérer obtenir ?

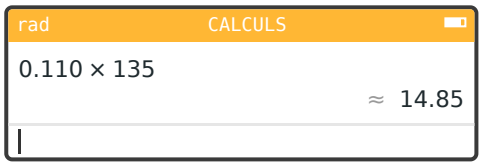
Données utiles $x_{\max} = 0{,}110$ mol (3.3) ; $M = 135\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Si la transformation est totale, il se forme $n_{\max} = x_{\max}$ d'acétanilide, donc

$$m_{\max} = x_{\max}\, M = 0{,}110 \times 135 = 14{,}9\ \text{g}$$

$m_{\max} = 14{,}9$ g

À LA CALCULATRICE



3.5 Définir et calculer le rendement de cette synthèse.

Données utiles $m = 11{,}6$ g ; $m_{\max} = 14{,}85$ g (3.4, valeur non arrondie)

Le rendement est le quotient de la masse de produit réellement obtenue par la masse maximale attendue si la transformation était totale et sans perte :

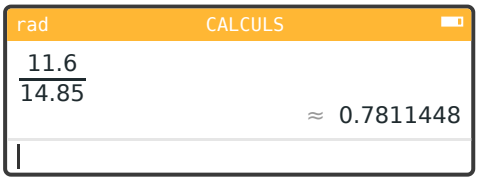
$$\eta = \frac{m}{m_{\max}} = \frac{11{,}6}{14{,}85} = 0{,}781$$

$\eta = 0{,}781$, soit environ $78\ \%$

PIÈGE
Calculer avec la valeur arrondie $14{,}9$ g donne $0{,}779$: on garde la valeur non arrondie dans les calculs intermédiaires.

COMPRENDRE
Le rendement est inférieur à 1 : une partie du produit est perdue lors des filtrations, des transferts et de la recristallisation, où un peu d'acétanilide reste dissous.

À LA CALCULATRICE



Le savon à l'ancienne

Bac S 2008 Asie (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Donner la définition d'une base selon Brønsted.

Une base, selon Brønsted, est une espèce chimique capable de capter un ion hydrogène H^+ (un proton).

PIÈGE
Inverser les rôles : l'acide cède le proton, la base le capte.

1.2.1 Dans la soude $NaOH$ et la potasse KOH, quel ion confère la propriété de base dans l'eau ?

En solution, ces deux solides ioniques libèrent le même anion, alors que les cations Na^+ et K^+ diffèrent.

C'est l'ion hydroxyde HO^-.

1.2.2 Quel est l'acide conjugué de cet ion ?

$HO^- + H^+ = H_2O$

L'acide conjugué de HO^- est l'eau H_2O (couple H_2O / HO^-).

MÉTHODE
Pour trouver l'acide conjugué d'une base, on lui ajoute un H^+ : un atome d'hydrogène en plus et une charge positive en plus.

2.1 Quel était le corps gras utilisé à l'origine dans la fabrication du savon ?

Le texte indique que le savon était, à l'origine, obtenu en mélangeant du suif et des cendres.

Le corps gras utilisé à l'origine est le suif (graisse animale).

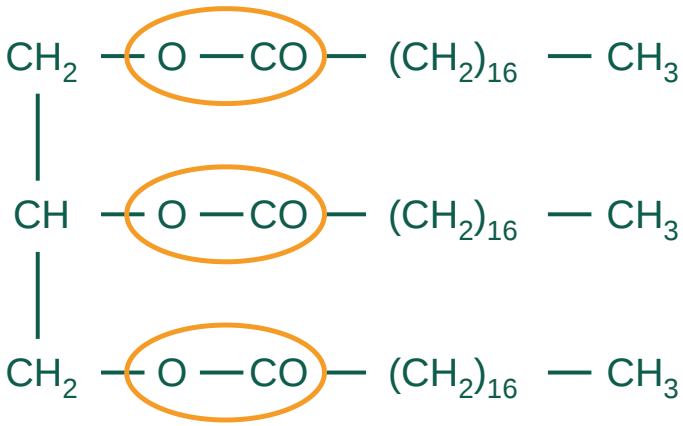
PIÈGE
Les cendres ne sont pas le corps gras : elles apportent l'alcali, c'est-à-dire la base.

2.2.1 Recopier la formule du triglycéride et y entourer les trois groupes d'atomes justifiant l'appellation triester.

La molécule contient trois fois le groupe caractéristique ester $-CO-O^-$ (un carbone doublement lié à un oxygène et simplement lié à un autre oxygène, lui-même lié à un carbone).

Les trois groupes $-O-CO^-$ sont entourés sur la formule : c'est un triester.

PIÈGE
Entourer seulement $C{=}O$ ou seulement l'oxygène : le groupe ester comprend le carbone et ses deux atomes d'oxygène.



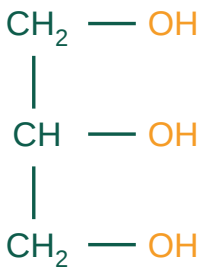
2.2.1 · Formule du triester : les trois groupes ester

2.2.2 Déduire de la formule du triester celle du glycérol.

Un ester $R-CO-O-R'$ provient d'un acide $R-COOH$ et d'un alcool $R'-OH$. Dans le triester, on remplace donc chaque groupe $-O-CO-(CH_2)_{16}-CH_3$ par un groupe hydroxyle $-OH$.

Glycérol : $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$

COMPRENDRE
Le nom propan-1,2,3-triol confirme la formule : chaîne de trois carbones, un groupe $-OH$ sur chacun.



2.2.2 · Glycérol (propan-1,2,3-triol)

3.1 Comment s'appelle la réaction de la soude concentrée sur le triester ?

C'est une saponification.

3.2 Cette réaction est une hydrolyse basique. Que sait-on de son avancement final ?

L'hydrolyse basique d'un ester est une transformation totale (et lente).

L'avancement final est égal à l'avancement maximal : $x_f = x_{max}$.

COMPRENDRE
C'est la différence avec l'hydrolyse d'un ester par l'eau seule, qui est limitée : elle conduit à un équilibre et $x_f < x_{max}$.

3.3.1 Quelle est la formule semi-développée de l'ion octadécanoate, base conjuguée de l'acide octadécanoïque ?

La base conjuguée s'obtient en retirant un H^+ au groupe carboxyle $-COOH$ de l'acide $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$.

Ion octadécanoate : $CH_3-(CH_2)_{16}-COO^-$

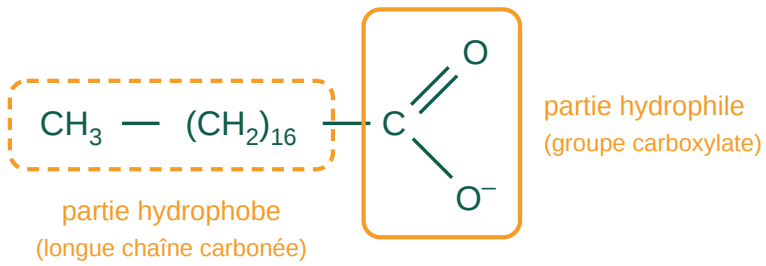
PIÈGE
Oublier la charge négative, ou retirer un hydrogène de la chaîne carbonée : seul l'hydrogène du groupe carboxyle est acide.

3.3.2 Identifier sur la formule de l'ion la partie hydrophile et la partie hydrophobe.

Le groupe carboxylate $-\mathrm{COO}-$, chargé, a une forte affinité pour l'eau. La longue chaîne carbonée $\mathrm{CH_3}-(\mathrm{CH_2})_{16}{}^-$ n'en a pas ; elle a de l'affinité pour les graisses.

Partie hydrophile : $-\mathrm{COO}-$; partie hydrophobe : $\mathrm{CH_3}-(\mathrm{CH_2})_{16}{}^-$.

COMPRENDRE
Hydrophile signifie « qui aime l'eau », hydrophobe « qui fuit l'eau ». Cette double affinité explique le pouvoir lavant : la chaîne se fixe dans la graisse, la tête chargée reste dans l'eau.



3.3.2 · Ion octadécanoate : partie hydrophobe et partie hydrophile

4.1 Pourquoi chauffer ? Pourquoi à reflux ?

Chauffer : la température est un facteur cinétique ; en l'élevant, on accélère la transformation, qui est lente.

À reflux : les vapeurs se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le ballon.

On chauffe pour accélérer la réaction ; le reflux évite les pertes de matière (réactifs et produits).

PIÈGE
Écrire que le chauffage augmente le rendement : la transformation est déjà totale, il ne joue que sur la durée.

4.2.1 Calculer les quantités de matière initiales des réactifs.

Données utiles $m = 20{,}0$ g de triester ; $M(\text{triester}) = 890\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $V = 40{,}0$ mL ; $c = 10{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Triester : $n_1 = \dfrac{m}{M(\text{triester})} = \dfrac{20{,}0}{890} = 2{,}25 \times 10^{-2}\ \text{mol}$

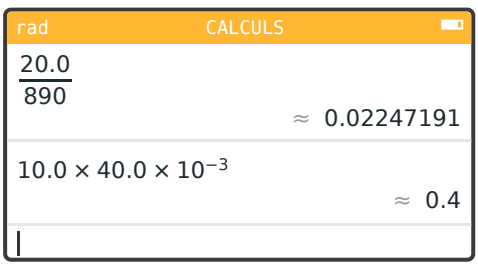
Ions hydroxyde : $n_2 = cV = 10{,}0 \times 40{,}0 \times 10^{-3} = 0{,}400\ \text{mol}$

$n_1 = 2{,}25 \times 10^{-2}$ mol de triester ; $n_2 = 0{,}400$ mol d'ions $\mathrm{HO^-}$

PIÈGE
Laisser le volume en mL : avec c en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, il faut $V = 40{,}0 \times 10^{-3}$ L.

COMPRENDRE
Les données ont trois chiffres significatifs : les résultats en gardent trois, d'où $0{,}400$ mol et non $0{,}4$ mol.

À LA CALCULATRICE



4.2.2 Quel est le réactif limitant ?

Données utiles $n_1 = 2{,}25 \times 10^{-2}$ mol et $n_2 = 0{,}400$ mol (4.2.1)

D'après l'équation, à l'avancement x il reste $n_1 - x$ de triester et $n_2 - 3x$ d'ions HO^-.

Si le triester est limitant : $n_1 - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = 2{,}25 \times 10^{-2}$ mol.

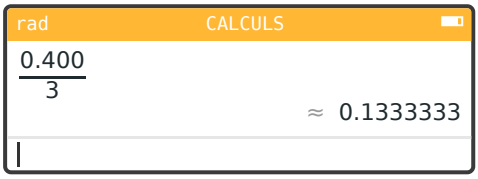
Si HO^- est limitant : $n_2 - 3\,x_{max} = 0$, soit $x_{max} = \dfrac{0{,}400}{3} = 0{,}133$ mol.

On retient la plus petite valeur : $x_{max} = 2{,}25 \times 10^{-2}$ mol.

Le réactif limitant est le triester ; la soude est en large excès.

PIÈGE
Comparer directement n_1 et n_2 sans tenir compte du coefficient 3 : c'est n_1 qu'on compare à $\frac{n_2}{3}$.

À LA CALCULATRICE



4.2.3 En déduire la masse de savon attendue en fin de préparation, la transformation étant totale.

Données utiles $M(\text{savon}) = 306$ g · mol^{-1} ; $x_{max} = \dfrac{20{,}0}{890}$ mol (4.2.2)

La transformation est totale : $x_f = x_{max}$. D'après l'équation, il se forme $n(\text{savon}) = 3\,x_{max}$.

$$m(\text{savon}) = 3\,x_{max}\,M(\text{savon}) = 3 \times \frac{20{,}0}{890} \times 306 = 20{,}6 \text{ g}$$

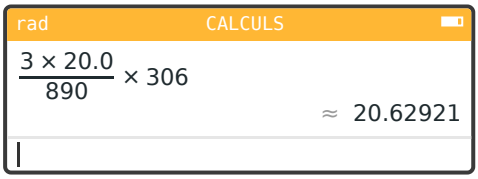
$m(\text{savon}) = 20{,}6$ g

PIÈGE
Oublier le coefficient 3 : une mole de triester donne trois moles de savon.

COMPRENDRE
Le sujet original donne $M(\text{triester}) = 884$ et $M(\text{savon}) = 304$ g · mol^{-1} : on obtient alors $n_1 = 2{,}26 \times 10^{-2}$ mol et la même masse, $20{,}6$ g.

MÉTHODE
Reprendre la valeur non arrondie de x_{max} dans le calcul : avec $2{,}25 \times 10^{-2}$ mol, on trouverait $20{,}7$ g.

À LA CALCULATRICE



Michael Faraday (1791-1867)

Bac S 2008 Asie (ancien programme) · Exercice 4 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1 Première partie. Écrire l'équation de la réaction à l'électrode où se dépose le cuivre. Est-ce une oxydation ou une réduction ?

Les ions cuivre (II) de la solution gagnent des électrons et donnent le métal :

$\mathrm{Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Cu\,(s)}$: gain d'électrons, c'est une **réduction**.

PIÈGE
Oublier les états physiques ou équilibrer avec un seul électron : l'ion porte deux charges positives, il faut deux électrons pour obtenir l'atome neutre.

2 Préciser le nom de l'électrode (anode ou cathode) où se produit ce dépôt, et le signe du pôle du générateur auquel elle est reliée.

L'électrode siège d'une réduction est, par définition, la cathode. Les électrons qu'elle consomme lui sont apportés par le générateur, qui les fait sortir par son pôle négatif.

Le cuivre se dépose à la **cathode**, reliée au pôle $-$ du générateur.

COMPRENDRE
Dans une électrolyse, c'est le générateur qui impose le sens du courant. La cathode est reliée à sa borne $-$, alors que dans une pile la cathode est la borne $+$. Seule la définition « cathode = réduction » ne change jamais.

3 Donner une relation entre la quantité de matière de cuivre déposée n_{Cu} pendant la durée Δt et la quantité d'électrons n_e (en mol) ayant circulé.

D'après la demi-équation, la formation d'une mole de cuivre consomme deux moles d'électrons.

$$n_{\mathrm{Cu}} = \frac{n_e}{2}$$

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

4 Exprimer la quantité d'électrons n_e (en mol) en fonction de l'intensité I, de la durée Δt, du nombre d'Avogadro N_A et de la charge élémentaire e.

Données utiles le faraday : $1\ F = N_A\,e$

Charge électrique transportée par un courant constant pendant Δt : $Q = I\,\Delta t$.

Cette charge est celle de n_e moles d'électrons, chaque mole portant en valeur absolue $N_A\,e$: $Q = n_e\,N_A\,e$.

En égalant : $I\,\Delta t = n_e\,N_A\,e$.

$$n_e = \frac{I\,\Delta t}{N_A\,e} = \frac{I\,\Delta t}{F}$$

COMPRENDRE
Le faraday est la charge d'une mole d'électrons, en valeur absolue : environ $96\,500\ \mathrm{C\cdot mol^{-1}}$. Diviser une charge par F donne directement une quantité d'électrons en moles.

5 Établir la relation entre n_{Cu} et l'intensité I ; montrer que la quantité de matière produite à une électrode est proportionnelle à l'intensité du courant.

Données utiles $n_{Cu} = \frac{n_e}{2}$ (question 3) ; $n_e = \frac{I\,\Delta t}{N_A\,e}$ (question 4)

On remplace n_e par son expression : $n_{Cu} = \frac{I\,\Delta t}{2\,N_A\,e}$.

Pour une durée Δt fixée, le facteur $k = \frac{\Delta t}{2\,N_A\,e}$ est une constante.

$n_{Cu} = \frac{\Delta t}{2\,N_A\,e} \times I = k\,I$: la quantité de cuivre déposée est proportionnelle à I.

MÉTHODE
Pour prouver une proportionnalité, écrire la relation sous la forme $y = k\,x$ et préciser pourquoi k ne dépend pas de x (ici, la durée est fixée).

6 Exprimer la masse de cuivre m_{Cu} déposée pendant Δt et montrer qu'elle est proportionnelle à la masse molaire atomique divisée par un petit nombre entier. Que vaut cet entier ?

$m_{Cu} = n_{Cu}\,M_{Cu}$, donc $m_{Cu} = \frac{I\,\Delta t}{2\,N_A\,e}\,M_{Cu}$.

En posant $K = \frac{I\,\Delta t}{N_A\,e}$, constante pour un courant et une durée donnés : $m_{Cu} = K \times \frac{M_{Cu}}{2}$.

$m_{Cu} = K \times \frac{M_{Cu}}{2}$: l'affirmation est vérifiée, et le petit nombre entier vaut **2**.

COMPRENDRE
Cet entier est le nombre d'électrons échangés par ion déposé, c'est-à-dire la charge de l'ion : 2 pour Cu^{2+}, 1 pour Ag^{+}, 3 pour Al^{3+}.

1 Seconde partie. Quelle relation faut-il programmer pour obtenir l'intensité i du courant en fonction du temps ?

Données utiles $R = 90\ \Omega$; l'interface mesure u_R

Le conducteur ohmique de résistance R est parcouru par i dans les deux saisies, et u_R est fléchée en convention récepteur. Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$.

$i = \frac{u_R}{R}$, soit dans le tableur $i = \frac{u_R}{90}$ (u_R en V, i en A).

COMPRENDRE
Une interface d'acquisition ne mesure que des tensions. On accède à une intensité par la tension aux bornes d'un conducteur ohmique : u_R et i sont proportionnelles, les deux courbes ont la même allure.

2 Attribuer à chaque saisie la courbe correspondante. Justifier.

1re saisie (K_1 fermé) : le circuit ne contient que le générateur et deux conducteurs ohmiques. Rien ne retarde le courant, qui prend sa valeur définitive dès la fermeture : c'est la courbe B.

2e saisie (K_2 fermé) : la bobine est dans le circuit. Elle s'oppose aux variations de l'intensité, qui croît progressivement à partir de zéro avant d'atteindre sa valeur limite : c'est la courbe A.

1re saisie : courbe B (palier immédiat) ; 2e saisie : courbe A (régime transitoire dû à la bobine).

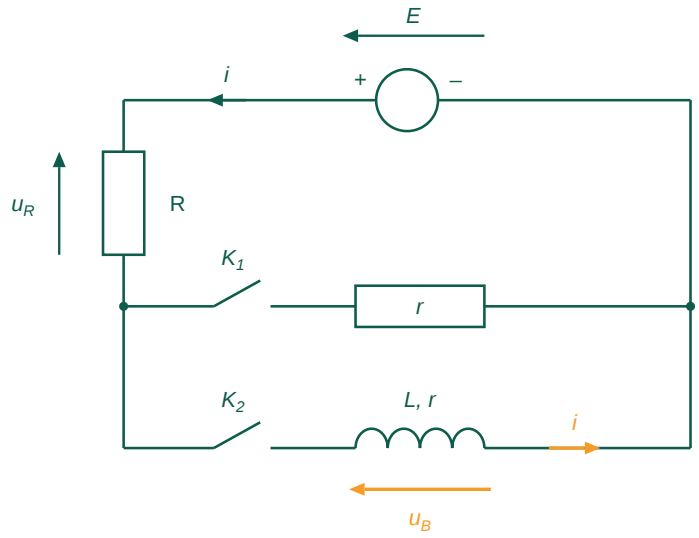
PIÈGE
Dire que la bobine « s'oppose au courant ». Elle s'oppose à ses variations : elle retarde l'établissement du courant, mais ne l'empêche pas d'atteindre la même valeur finale.

3 En convention récepteur, représenter sur le circuit de l'annexe 1 la flèche de la tension u_B aux bornes de la bobine.

Le courant sort par la borne $+$ du générateur, descend dans R puis traverse la bobine de la gauche vers la droite. En convention récepteur, la flèche de tension est de sens opposé à celui du courant : elle pointe donc vers la gauche, du côté de K_2.

Flèche u_B tracée le long de la bobine, pointe vers K_2 (sens opposé à i).

MÉTHODE
Suivre le courant depuis la borne $+$ du générateur sur toute la maille, reporter son sens sur le dipôle, puis tracer la flèche de tension dans l'autre sens. La flèche u_R de l'énoncé respecte la même règle.



3 · Annexe 1 complétée : en convention récepteur, la flèche de u_B est opposée au sens de i dans la bobine

4 Donner l'expression littérale de la tension u_B en fonction de r, L et i.

La bobine réelle équivaut à une inductance pure L en série avec une résistance r. En convention récepteur :

$$u_B = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + r\,i$$

COMPRENDRE
Le terme $L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ n'existe que si l'intensité varie. En régime permanent il s'annule et la bobine se comporte comme un simple conducteur ohmique de résistance r.

5.1 Seconde saisie. Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de l'intensité i lorsqu'on ferme l'interrupteur K_2.

K_1 ouvert, K_2 fermé : le générateur, le conducteur ohmique R et la bobine forment une seule maille.

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

Avec $u_R = R\,i$ et $u_B = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + r\,i$: $\quad E = R\,i + r\,i + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$.

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + (R+r)\,i = E$$

PIÈGE
Oublier la résistance r de la bobine. La résistance totale de la maille est $R + r$, et c'est elle qui apparaît ensuite dans l'intensité limite et dans la constante de temps.

5.2 En déduire l'expression littérale de l'intensité limite I en régime permanent. Déterminer graphiquement sa valeur sur l'annexe 2, puis calculer r.

Données utiles $E = 3{,}0$ V ; $R = 90\ \Omega$

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

L'équation différentielle devient $(R + r)\,I = E$, soit $I = \dfrac{E}{R + r}$.

Sur l'annexe 2, la courbe A tend vers l'asymptote horizontale $I = 30\ \text{mA} = 30 \times 10^{-3}$ A.

On isole r : $R + r = \dfrac{E}{I}$, donc $r = \dfrac{E}{I} - R$.

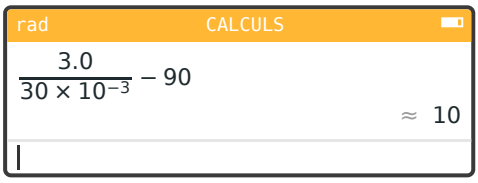
$$r = \frac{3{,}0}{30 \times 10^{-3}} - 90 = 100 - 90$$

$$\boxed{I = \frac{E}{R + r} = 30\ \text{mA et } r = 10\ \Omega}$$

PIÈGE
Laisser l'intensité en milliampères : $3{,}0 \div 30$ donne $0{,}10$ et une résistance négative. Convertir $30\ \text{mA} = 0{,}030$ A avant le calcul.

COMPRENDRE
E et I sont connus avec deux chiffres significatifs : $E/I = 1{,}0 \times 10^2\ \Omega$. La soustraction donne alors r à quelques ohms près ; on annonce $10\ \Omega$ sans chiffre supplémentaire.

À LA CALCULATRICE



5.3.1 Donner l'expression littérale de la constante de temps τ.

Pour un dipôle RL, la constante de temps est le quotient de l'inductance par la résistance totale du circuit.

$$\boxed{\tau = \frac{L}{R + r}}$$

5.3.2 Par analyse dimensionnelle, vérifier que τ est homogène à un temps.

Loi d'Ohm $u = Ri$: $[R] = \dfrac{[U]}{[I]}$.

Tension aux bornes d'une inductance $u = L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$: $[U] = \dfrac{[L]\,[I]}{\mathrm{T}}$, donc $[L] = \dfrac{[U]\,\mathrm{T}}{[I]}$.

Une somme de résistances a la dimension d'une résistance, d'où :

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

$$\boxed{[\tau] = \mathrm{T} : \tau \text{ est bien homogène à un temps.}}$$

MÉTHODE
Pour chaque grandeur inconnue, choisir une relation simple qui la relie à des grandeurs connues (tension, intensité, temps), en tirer sa dimension, puis simplifier le quotient.

5.3.3 Par une méthode de votre choix, déterminer la valeur de τ en utilisant l'annexe 2.

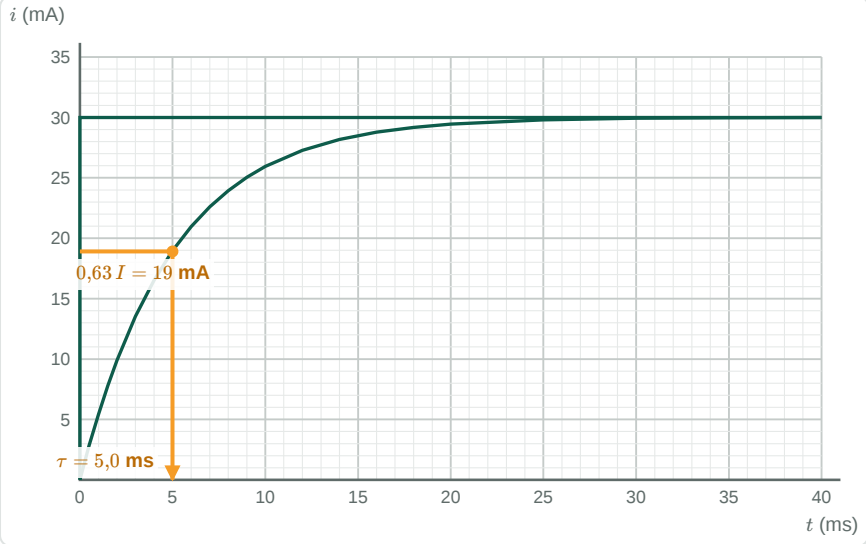
Données utiles $I = 30$ mA (question 5.2)

À la date $t = \tau$, l'intensité atteint 63 % de sa valeur limite : $i(\tau) = 0{,}63 \times I = 0{,}63 \times 30 = 19$ mA.

Sur la courbe A, le point d'ordonnée 19 mA a pour abscisse 5 ms.

$$\boxed{\tau = 5{,}0\ \text{ms} = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{s}}$$

COMPRENDRE
Autre méthode : la tangente à la courbe A à l'origine coupe l'asymptote $i = I$ à la date $t = \tau$. La lecture à 63 % est plus précise, car une tangente se trace difficilement à la main.



5.3.3 · Annexe 2 complétée : lecture de τ sur la courbe A (courbe B : palier immédiat à 30 mA)

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

0.63×30

≈ 18.9

5.3.4 Calculer l'inductance L de la bobine.

Données utiles $\tau = 5{,}0 \times 10^{-3}$ s (question 5.3.3) ; $R = 90\ \Omega$; $r = 10\ \Omega$ (question 5.2)

De $\tau = \dfrac{L}{R+r}$ on tire $L = \tau\,(R+r)$.

$$L = 5{,}0 \times 10^{-3} \times (90+10)$$

$\boxed{L = 0{,}50 \text{ H}}$

PIÈGE

Garder τ en millisecondes : on obtiendrait 500 au lieu de $0{,}50$ H. Écrire le zéro final : le résultat a deux chiffres significatifs, comme τ.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$5.0 \times 10^{-3} \times (90 + 10)$

≈ 0.5

6 Justifier la limite I commune aux deux saisies.

1re saisie : le générateur alimente les conducteurs ohmiques R et r en série. Loi des mailles et loi d'Ohm : $E = R\,I + r\,I$, d'où $I = \dfrac{E}{R+r}$.

2e saisie : en régime permanent, la bobine n'intervient plus que par sa résistance r, et $I = \dfrac{E}{R+r}$ (question 5.2).

Le second conducteur ohmique a exactement la résistance de la bobine : la résistance totale est la même dans les deux circuits.

$\boxed{\text{Dans les deux cas } I = \dfrac{E}{R+r} = \dfrac{3{,}0}{90+10} = 30 \text{ mA}.}$

COMPRENDRE

C'est l'intérêt du montage : la courbe B montre ce que serait le courant sans effet d'inductance. L'écart entre A et B, pendant environ $5\,\tau = 25$ ms, est dû uniquement à L.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{3.0}{90 + 10}$

≈ 0.03