Prof : Med Dhafer Bahroun	CORRIGÉ DÉTAILLÉ DU DEVOIR DE CONTRÔLE N°1 Matière : Sciences physiques	Classe : 4ème Math + Sciences Année : 2026/2027 Durée : 2 heures

CHIMIE (7 points)

Exercice n°1 : (3 points)

1) Tableau descriptif d'évolution du système [0,5 pt]

Pour chaque espèce : n(espèce) = n_0 ± (coefficient stœchiométrique) × x (le signe − pour un réactif qui est consommé, le signe + pour un produit qui se forme). La quantité $n_0(B) = 10\times10^{-3}$ mol se lit sur la courbe (I) à x = 0 (voir figure 1 annotée plus bas).

Équation de la réaction	A	+ b B	→ 2 C	+ d D
État / avancement	**Quantités de matière (mol)**			
Initial : x = 0	8×10^{-3}	$n_0(B) = 10\times10^{-3}$	0	0
Intermédiaire : x	$8\times10^{-3} - x$	$10\times10^{-3} - b\cdot x$	2x	d·x
Final : x_f	$8\times10^{-3} - x_f$	$10\times10^{-3} - b\cdot x_f$	$2x_f$	$d\cdot x_f$
Final (valeurs numériques) : $x_f = 5\times10^{-3}$ mol	**3×10^{-3}**	**0**	**10×10^{-3}**	**15×10^{-3}**

2) Exploitation des courbes (I) et (II)

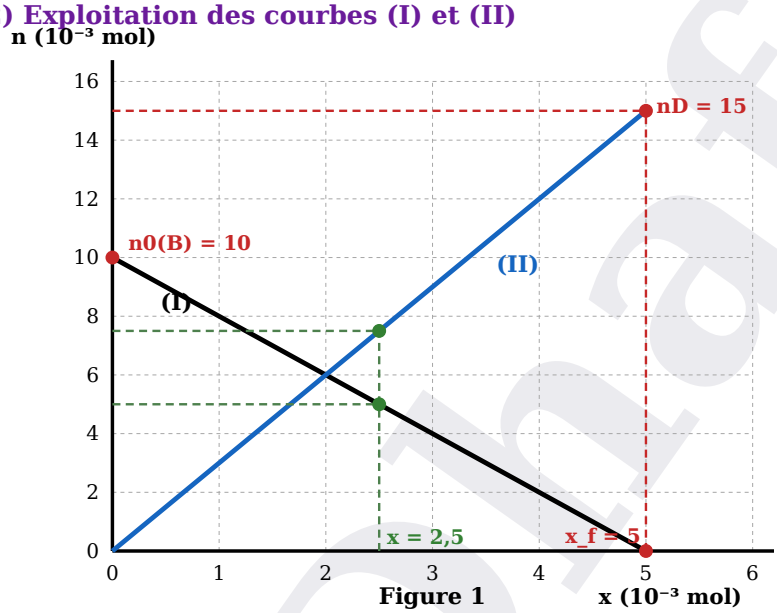


Figure 1

Lecture de la figure 1 (annotations en couleur) :

- Courbe (I) : n_B part de 10 ($\times10^{-3}$ mol) à x = 0 et s'annule pour x = 5 ($\times10^{-3}$ mol).
- Courbe (II) : n_D part de 0 et vaut 15 ($\times10^{-3}$ mol) pour x = 5.
- Pour x = 2,5 (point vert) : $n_B = 5$ et $n_D = 7{,}5$ ($\times10^{-3}$ mol).

a- Le réactif limitant [0,25 pt]

D'après la courbe (I), la quantité n_B s'annule en $x = 5\times10^{-3}$ mol : B est entièrement consommé. Pour cette même valeur de x, $n_A = 8\times10^{-3} - 5\times10^{-3} = 3\times10^{-3}$ mol > 0 : il reste du réactif A. Le réactif limitant est donc **le réactif B** (A est en excès).

b- La masse m_D de D formé [0,5 pt]

La réaction est totale : le système évolue jusqu'à $x_f = x_{max}$. D'après la courbe (II), $n_D(x_f) = 15\times10^{-3}$ mol. $m_D = n_D \times M(D) = 15\times10^{-3} \times 60 =$ **0,9 g**.

c- Expressions numériques $n_B = f(x)$ et $n_D = g(x)$ [0,5 pt]

Les deux courbes sont des droites : $n_B = a_1\cdot x + n_0(B)$ et $n_D = a_2\cdot x$ (elle passe par l'origine).

Coefficient directeur de (I) : $a_1 = (0 - 10) / (5 - 0) = -2$. Coefficient directeur de (II) : $a_2 = (15 - 0) / (5 - 0) = 3$.

Avec n en 10^{-3} mol et x en 10^{-3} mol : **$n_B = 10 - 2x$** et **$n_D = 3x$**.

d- Les coefficients stœchiométriques b et d [0,5 pt]

Par identification avec le tableau d'avancement : $n_B = n_0(B) - b\cdot x$ et $n_D = d\cdot x$. On obtient **b = 2** et **d = 3**.

L'équation de la réaction s'écrit donc : **A + 2 B → 2 C + 3 D**.

e- L'avancement final x_f [0,25 pt]

$n_B(x_f) = 0$ car B est le réactif limitant et la réaction est totale : $10\times10^{-3} - 2\cdot x_f = 0$ donc **$x_f = 5\times10^{-3}$ mol**.

3) Composition du mélange à l'instant $t_{1/2}$ [0,5 pt]

À $t_{1/2}$, l'avancement est la moitié de l'avancement final : $x(t_{1/2}) = x_f / 2 = 2{,}5\times10^{-3}$ mol. On remplace dans la dernière ligne du tableau (ligne « intermédiaire ») :

Espèce	A	B	C	D
Calcul	$8 - 2{,}5$	$10 - 2\times2{,}5$	$2\times2{,}5$	$3\times2{,}5$
n ($\times10^{-3}$ mol)	**5,5**	**5**	**5**	**7,5**

Remarque : *les valeurs de B et D se vérifient directement sur la figure 1 (points verts à x = 2,5).*

Exercice n°2 : (4 points)

1) a- Quantités de matière initiales [0,5 pt]

$n_0(H_2O_2) = C_1\cdot V_1 = 0{,}04 \times 50\times10^{-3} = \mathbf{2\times10^{-3}}$ **mol**.

$n_0(I^-) = C_2\cdot V_2 = 0{,}20 \times 50\times10^{-3} = \mathbf{1\times10^{-2}}$ **mol**.

b- Réactif limitant et x_{max} [0,5 pt]

Tableau : $n(H_2O_2) = 2\times10^{-3} - x$; $n(I^-) = 1\times10^{-2} - 2x$; $n(I_2) = x$ (les ions H_3O^+ sont en excès).

- Si H_2O_2 est limitant : $2\times10^{-3} - x_{max1} = 0$ donc $x_{max1} = 2\times10^{-3}$ mol.
- Si I^- est limitant : $1\times10^{-2} - 2\cdot x_{max2} = 0$ donc $x_{max2} = 5\times10^{-3}$ mol.

Le réactif limitant est celui qui conduit à la plus petite valeur : **H_2O_2** et **$x_{max} = 2\times10^{-3}$ mol**.

c- $[I_2]_{max}$ [0,25 pt]

$n(I_2)_{max} = x_{max} = 2\times10^{-3}$ mol et $V = V_1 + V_2 = 100$ mL $= 0{,}1$ L.

$[I_2]_{max} = x_{max} / V = 2\times10^{-3} / 0{,}1 = 2\times10^{-2}$ mol.L^{-1} = **20 mmol.L^{-1}**. La courbe (1) tend bien vers l'asymptote $[I_2] = 20$ mmol.L^{-1} (droite en pointillés de la figure 2).

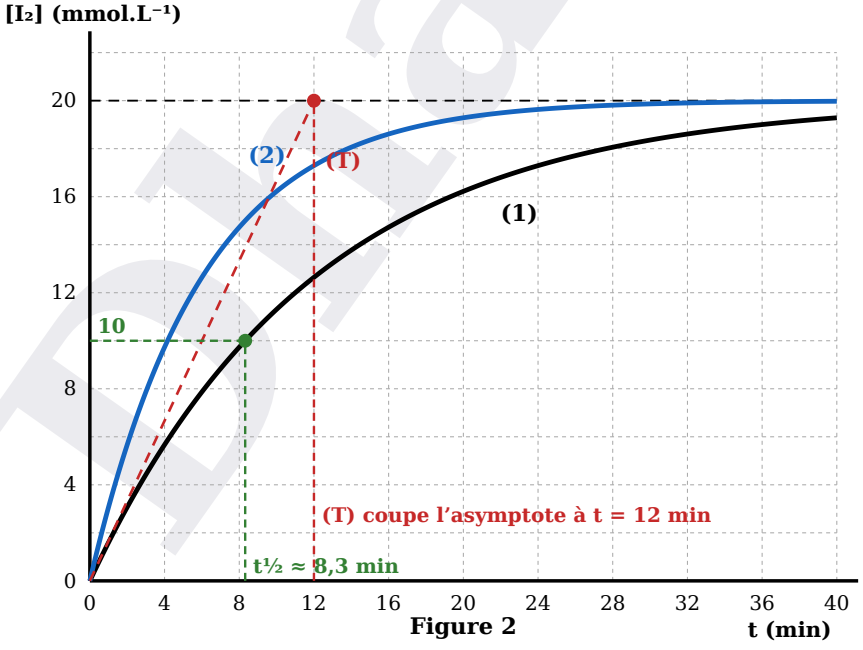


Figure 2

2) a- Vitesse volumique de réaction [0,5 pt]

Définition : la vitesse volumique d'une réaction est la dérivée par rapport au temps de l'avancement, rapportée au volume du mélange : $v = (1/V)\cdot dx/dt$ (en mol.L^{-1}.s^{-1} ou mol.L^{-1}.min^{-1}).

Démonstration : d'après le tableau, $n(I_2) = x$, donc $[I_2] = x / V$. Le volume V étant constant, $d[I_2]/dt = (1/V)\cdot dx/dt$. On en déduit **$v = d[I_2]/dt$**.

b- Vitesse volumique à t = 0 [0,75 pt]

Dhafer

v_0 est égale au coefficient directeur de la tangente (T) à la courbe (1) à l'origine. (T) passe par l'origine O(0 ; 0) et par le point (12 min ; 20 mmol.L^{-1}) où elle coupe l'asymptote.

$v_0 = \Delta[I_2] / \Delta t = (20 - 0) / (12 - 0) \approx 1{,}67$ mmol.L^{-1}.min^{-1} = **$1{,}67\times10^{-3}$ mol.L^{-1}.min^{-1}** (soit environ $2{,}8\times10^{-5}$ mol.L^{-1}.s^{-1}).

c- Évolution de la vitesse volumique [0,5 pt]

La pente de la tangente à la courbe (1) diminue au cours du temps (la courbe s'aplatit et devient horizontale) : **la vitesse volumique diminue** et tend vers 0.

Facteur cinétique responsable : la **concentration des réactifs**. Au cours du temps, H_2O_2 et I^- sont consommés, leur concentration diminue, donc les chocs efficaces sont moins fréquents.

3) Temps de demi-réaction $t_{1/2}$ [0,5 pt]

Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x = x_{max}/2$, soit $[I_2] = [I_2]_{max}/2 = 10$ mmol.L^{-1}.

On trace l'horizontale $[I_2] = 10$ mmol.L^{-1}, puis on lit l'abscisse de son point d'intersection avec la courbe (1) (traits verts de la figure 2) : **$t_{1/2} \approx 8{,}3$ min**.

4) Comparaison des deux expériences [0,5 pt]

Les deux expériences ont les mêmes quantités initiales : elles aboutissent à la même valeur finale $[I_2]_{max}$ = 20 mmol.L^{-1}, mais la courbe (2) l'atteint plus vite : sa pente à l'origine est plus grande et son temps de demi-réaction est plus petit ($t_{1/2}(2) \approx 4{,}2$ min < $t_{1/2}(1) \approx 8{,}3$ min).

La température est un facteur cinétique : plus la température est élevée, plus la réaction est rapide. L'expérience (2) a donc été réalisée à la température la plus élevée : **$T_2 > T_1$**.

Dhafer

PHYSIQUE (13 points)

Exercice n°1 : (5 points)

A/

1) a- Expressions de $u_{AM}(t)$ et $u_{BM}(t)$ [0,75 pt]

Le générateur idéal de courant impose dans le circuit un courant constant : $i(t) = I_0$. Le condensateur, initialement déchargé, porte à l'instant t la charge $q = \int i\,dt = I_0 \cdot t$.

- Tension aux bornes du condensateur : $u_{BM} = u_C = q / C$, soit $\mathbf{u_{BM}(t) = (I_0 / C)\cdot t}$.
- Loi d'additivité des tensions : $u_{AM} = u_{AB} + u_{BM} = R\cdot i + u_C$, soit $\mathbf{u_{AM}(t) = R\cdot I_0 + (I_0 / C)\cdot t}$.

b- Identification des courbes (I) et (II) [0,5 pt]

u_{BM} est une fonction linéaire de t : sa courbe passe par l'origine, c'est la courbe **(II)**. u_{AM} est une fonction affine de t, d'ordonnée à l'origine $R\cdot I_0 \neq 0$: c'est la courbe **(I)** (elle vaut 2 V à t = 0). Les deux droites sont parallèles car elles ont le même coefficient directeur I_0/C.

2) a- Expressions numériques [0,5 pt]

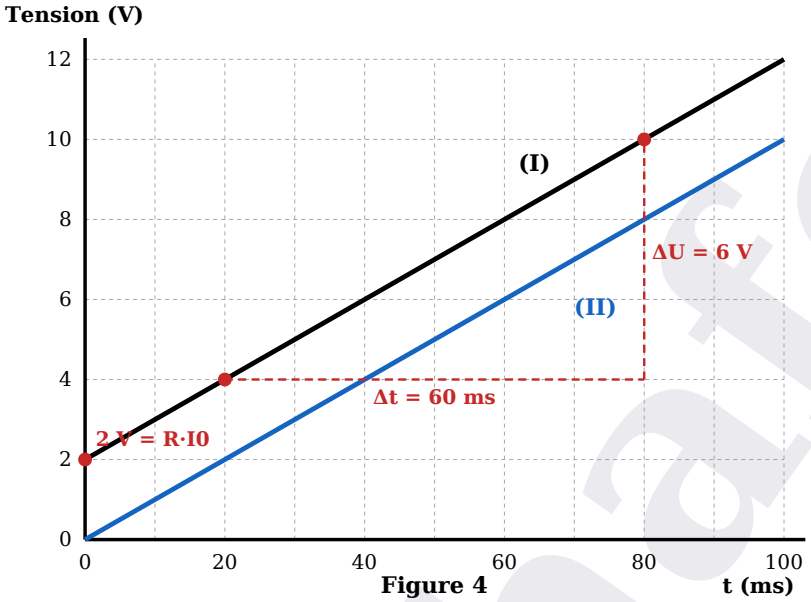


Figure 4

Lecture de la figure 4 :

- Courbe (I) : ordonnée à l'origine = 2 V.
- Coefficient directeur : $a = \Delta U / \Delta t = (10 - 4) / (80 - 20) = 6 / 60 = 0{,}1\ V.ms^{-1} = 100\ V.s^{-1}$.

$\mathbf{u_{AM}(t) = 100\cdot t + 2}$ et $\mathbf{u_{BM}(t) = 100\cdot t}$ (u en V, t en s).

b- Capacité C et résistance R [0,75 pt]

Par identification avec les expressions théoriques : $I_0 / C = 100\ V.s^{-1}$ donc $C = I_0 / 100 = 20\times10^{-3} / 100 = 2\times10^{-4}$ F, soit $\mathbf{C = 200\ \mu F}$.

$R\cdot I_0 = 2$ V donc $R = 2 / (20\times10^{-3}) = \mathbf{100\ \Omega}$.

B/

3) a- Équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ [0,5 pt]

Loi des mailles (K fermé) : $u_{R_1} + u_C = E$. Avec $u_{R_1} = R_1\cdot i$ et $i = C\cdot du_C/dt$:

$R_1\cdot C\cdot du_C/dt + u_C = E$, d'où $\mathbf{du_C/dt + u_C/\tau = E/\tau}$ avec $\tau = R_1\cdot C$.

b- Vérification de la solution [0,75 pt]

Soit $u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau'})$. Alors $du_C/dt = (E/\tau')\cdot e^{-t/\tau'}$. On remplace dans l'équation différentielle :

$(E/\tau')\cdot e^{-t/\tau'} + (E/\tau)(1 - e^{-t/\tau'}) = E/\tau \Longleftrightarrow (E/\tau' - E/\tau)\cdot e^{-t/\tau'} = 0$ pour tout t.

Cette égalité n'est vérifiée à tout instant que si $\tau' = \tau$: la fonction est solution et $\mathbf{\tau = R_1\cdot C}$. La condition initiale est aussi respectée : $u_C(0) = E(1 - 1) = 0$.

c- Valeurs de τ et de i(0) [0,5 pt]

$\tau = R_1\cdot C = 250 \times 200\times10^{-6} = 5\times10^{-2}$ s = **50 ms**.

À t = 0, $u_C = 0$ donc $u_{R_1} = E$ et $i(0) = E / R_1 = 12 / 250 = 0{,}048$ A = **48 mA**.

d- Énergie emmagasinée en régime permanent [0,75 pt]

Dhafer

En régime permanent ($t \gg 5\tau = 250$ ms), $u_C = E = 12$ V. L'énergie emmagasinée par le condensateur est $E_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u_C^2$:

$E_C = \frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-6} \times 12^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-4} \times 144 = \mathbf{1{,}44 \times 10^{-2}\ J = 14{,}4\ mJ}$.

Dhafer

Exercice n°2 : (8 points)

I/

1) Origine de la déviation de l'aiguille [0,75 pt]

Quand on déplace l'aimant par rapport à la bobine, le flux du champ magnétique de l'aimant à travers la bobine varie. Cette variation de flux crée une f.é.m. induite aux bornes de la bobine ; comme le circuit (bobine + galvanomètre) est fermé, un **courant induit** y circule : c'est lui qui fait dévier l'aiguille, bien qu'il n'y ait aucun générateur.

Quand le déplacement cesse, le flux ne varie plus : il n'y a plus de courant induit et l'aiguille revient à zéro.

2) Phénomène mis en jeu [0,25 pt]

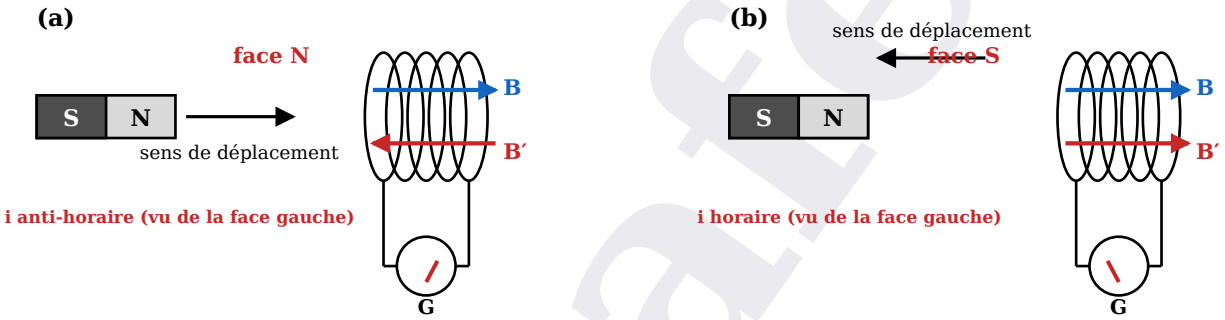
Il s'agit du phénomène d'**induction électromagnétique**.

3) Rôle de la bobine et de l'aimant [0,5 pt]

L'**aimant** est l'**inducteur** : il crée le champ magnétique inducteur et, en se déplaçant, fait varier le flux. La **bobine** est l'**induit** : elle est le siège de la f.é.m. induite et du courant induit.

4) Compléter la figure 7 [1,5 pt]

Méthode (loi de Lenz) : le courant induit a un sens tel que ses effets s'opposent à la cause qui lui donne naissance. Si le flux augmente, le champ induit B′ est de sens opposé à B ; si le flux diminue, B′ a le même sens que B. Une face de la bobine est une face Nord si les lignes de champ en sortent, et une face Sud si elles y entrent ; vue d'une face Nord, le courant circule dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.



Cas (a) : le pôle Nord s'approche, le flux augmente. B (de l'aimant) est dirigé vers la droite à l'intérieur de la bobine. B′ est dirigé vers la gauche : la face tournée vers l'aimant est une face **Nord** (elle repousse le pôle Nord qui s'approche) ; le courant induit circule dans le sens **inverse des aiguilles d'une montre** vu de la face gauche.

Cas (b) : le pôle Nord s'éloigne, le flux diminue. B est dirigé vers la droite et B′ a le même sens que B : la face tournée vers l'aimant est une face **Sud** (elle attire le pôle Nord qui s'éloigne) ; le courant induit circule dans le sens **des aiguilles d'une montre** vu de la face gauche.

Remarque : *les deux sens de courant étant opposés, l'aiguille du galvanomètre dévie en sens contraire dans les deux cas.*

II/

Draft

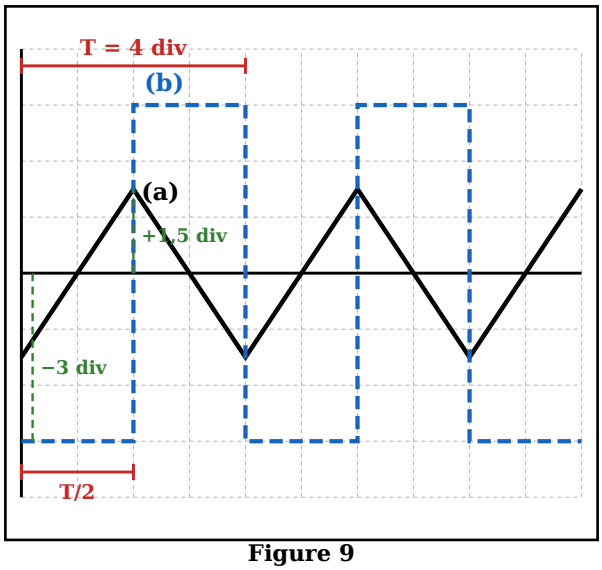


Figure 9

Lecture de la figure 9 (annotations) :

• Courbe (a) : triangle, amplitude 1,5 div ; avec 2 V.div^{-1} : $U_{AM\ max}$ = 3 V.

• Courbe (b) : créneaux, amplitude 3 div ; avec 0,1 V.div^{-1} : $|u_{BM}|$ = 0,3 V.

• Une période T occupe 4 divisions horizontales ; T/2 = 2 div.

1) a- Identification des courbes (a) et (b) [0,75 pt]

La voie Y_1 visualise $u_{AM} = R_0 \cdot i$, proportionnelle à l'intensité i. La voie Y_2 visualise $u_{BM} = -L \cdot di/dt$, proportionnelle à la **dérivée** de i, donc à la dérivée de u_{AM}.

Or la dérivée d'une tension triangulaire (formée de segments de droite) est constante sur chaque demi-période : c'est une tension en créneaux. Par conséquent : **(a) = u_{AM} (voie Y_1)** et **(b) = u_{BM} (voie Y_2)**. Les amplitudes confirment : 3 V sur Y_1 et 0,3 V sur Y_2.

b- Fréquence N du GBF [0,5 pt]

T = 4 div × 5 ms.div^{-1} = 20 ms = 20×10^{-3} s, donc **$N = 1/T = 1 / (20\times10^{-3}) = 50$ Hz**.

c- Phénomène au niveau de la bobine [0,25 pt]

L'intensité i qui traverse la bobine varie : la bobine est le siège du phénomène d'**auto-induction**.

2) Expressions de u_{AM} et u_{BM} [0,5 pt]

Le courant i circule de A vers M dans le conducteur ohmique : **$u_{AM} = R_0 \cdot i$**.

Dans la bobine (résistance négligeable), i circule de M vers B ; en convention récepteur $u_{MB} = L \cdot di/dt$, donc **$u_{BM} = -u_{MB} = -L \cdot di/dt$**.

3) a- u_{BM} en fonction de u_{AM}, L et R_0 [0,5 pt]

De $u_{AM} = R_0 \cdot i$ on tire $i = u_{AM}/R_0$. En remplaçant dans u_{BM} : **$u_{BM} = -(L / R_0) \cdot du_{AM}/dt$**.

b- Valeurs de u_{BM} et de du_{AM}/dt sur [0, T/2] [1 pt]

T/2 = 10 ms. Sur [0, T/2] : u_{AM} (courbe (a)) croît linéairement de −3 V (−1,5 div × 2) à +3 V (+1,5 div × 2).

$du_{AM}/dt = \Delta u_{AM} / \Delta t = (3 - (-3)) / (10\times10^{-3}) =$ **600 V.s^{-1}**.

Sur la même durée, la courbe (b) est à −3 div : **$u_{BM} = -3 \times 0{,}1 = -0{,}3$ V** (signe cohérent avec la relation du 3-a : $du_{AM}/dt > 0$ donc $u_{BM} < 0$).

c- Inductance L de la bobine [0,5 pt]

De $u_{BM} = -(L/R_0) \cdot du_{AM}/dt$: $L = -u_{BM} \cdot R_0 / (du_{AM}/dt) = 0{,}3 \times 500 / 600 =$ **0,25 H**.

4) Énergie magnétique maximale [1 pt]

L'énergie emmagasinée dans la bobine est $E_L = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2$, maximale quand i est maximale.

$i_{max} = u_{AM\ max} / R_0 = 3 / 500 = 6\times10^{-3}$ A.

$E_{L\ max} = \frac{1}{2} \times 0{,}25 \times (6\times10^{-3})^2 = 0{,}125 \times 3{,}6\times10^{-5} =$ **$4{,}5\times10^{-6}$ J = 4,5 µJ**.

Récapitulatif du barème

Partie	Chimie ex. 1	Chimie ex. 2	Physique ex. 1	Physique ex. 2	Total
Barème	3 pts	4 pts	5 pts	8 pts	**20 pts**

Dhafer