Prof : Med Dhafer Bahroun	**CORRECTION** **Devoir Révision N°1 – SCIENCES PHYSIQUES**	Classe : Bac Math+Sciences Année scolaire : 2026/2027 Durée : 2 h

CORRECTION DÉTAILLÉE

CHIMIE (7 points)

Exercice n°1 – Oxydation de I^- par $S_2O_8^{2-}$

1°) Équation de la réaction et couples redox

Les couples redox mis en jeu sont : $\mathbf{I_2/I^-}$ et $\mathbf{S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}}$. Le diiode I_2 apparaît : I^- est donc le réducteur (il s'oxyde) et $S_2O_8^{2-}$ l'oxydant (il se réduit).

$$\text{Oxydation :}\quad 2\,I^- \rightarrow I_2 + 2\,e^-$$

$$\text{Réduction :}\quad S_2O_8^{2-} + 2\,e^- \rightarrow 2\,SO_4^{2-}$$

$$\textbf{Bilan :}\quad \mathbf{S_2O_8^{2-} + 2\,I^- \rightarrow I_2 + 2\,SO_4^{2-}}$$

2°) a- Tableau descriptif d'évolution

Quantité initiale d'ions iodure : $n_0(I^-) = C_1V_1 = 0{,}6 \times 50.10^{-3} = 3.10^{-2}$ mol = 30 mmol. Quantité initiale de peroxodisulfate : $n_0(S_2O_8^{2-}) = C_2V_2$ (inconnue).

Équation	$S_2O_8^{2-}$	$+ 2\,I^-$	$\rightarrow I_2$	$+ 2\,SO_4^{2-}$
État initial (x = 0)	C_2V_2	30 mmol	0	0
État intermédiaire (x)	$C_2V_2 - x$	$30 - 2x$	x	$2x$
État final ($x_f = x_{max}$)	$C_2V_2 - x_{max}$	$30 - 2x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$

2°) b- $S_2O_8^{2-}$ est le réactif limitant – valeur de C_2

Graphiquement, la concentration finale en diiode est $\mathbf{[I_2]_{max} = 12\ mmol.L^{-1}}$ (asymptote de la courbe). Le volume total du mélange est $V = V_1 + V_2 = 100$ mL = 0,1 L. La réaction étant totale :

$$x_f = x_{max} = n_f(I_2) = [I_2]_{max} \times V = 12.10^{-3} \times 0{,}1 = \mathbf{1{,}2.10^{-3}\ mol = 1{,}2\ mmol}$$

• Si I^- était le réactif limitant : $30 - 2x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = 15$ mmol. Or $x_{max} = 1{,}2$ mmol $\neq 15$ mmol : cette hypothèse est **rejetée** (il reste $30 - 2\times1{,}2 = 27{,}6$ mmol d'ions I^- : I^- est en excès).

• Donc $S_2O_8^{2-}$ est le réactif limitant : $C_2V_2 - x_{max} = 0$.

$$C_2 = x_{max} / V_2 = 1{,}2.10^{-3} / 50.10^{-3} = \mathbf{0{,}024\ mol.L^{-1}}$$

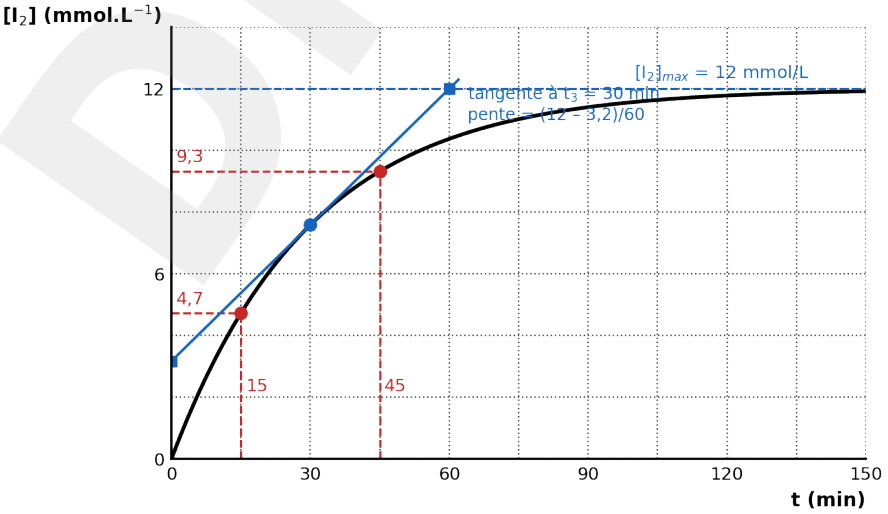


Figure 1 corrigée : lecture de [I₂]max, de [I₂] à 15 et 45 min, et tangente à t₃ = 30 min

3°) Vitesse volumique moyenne entre $t_1 = 15$ min et $t_2 = 45$ min

La vitesse volumique d'une réaction est $v = (1/V) \cdot dx/dt$. Comme $[I_2] = x/V$, on a $v = d[I_2]/dt$. La vitesse moyenne vaut :

$$v_{moy} = (x(t_2) - x(t_1)) / (V\,(t_2 - t_1)) = ([I_2]_2 - [I_2]_1) / (t_2 - t_1)$$

Lecture graphique : $[I_2]_1 = [I_2](15\text{ min}) \approx 4{,}7$ mmol.L^{-1} et $[I_2]_2 = [I_2](45\text{ min}) \approx 9{,}3$ mmol.L^{-1}.

$$v_{moy} = (9{,}3 - 4{,}7) / (45 - 15) = 4{,}6 / 30 \approx \mathbf{0{,}153\ mmol.L^{-1}.min^{-1}} \approx 2{,}55.10^{-6}\ \text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

4°) a- Vitesse volumique instantanée – valeur à t_3 = 30 min

Définition : la vitesse volumique instantanée à la date t est la dérivée, par rapport au temps, de l'avancement volumique : $v(t) = (1/V)\cdot(dx/dt) = d[I_2]/dt$. Graphiquement, c'est le **coefficient directeur de la tangente** à la courbe $[I_2] = f(t)$ à la date t.

À t_3 = 30 min, la tangente passe par les points (0 ; 3,2) et (60 min ; 12 mmol.L^{-1}) :

$$v(t_3) = (12 - 3{,}2) / (60 - 0) \approx \mathbf{0{,}147\ mmol.L^{-1}.min^{-1}} \approx 2{,}45.10^{-6}\ \text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

4°) b- Évolution de la vitesse au cours du temps

Les coefficients directeurs des tangentes diminuent au cours du temps : la tangente est de plus en plus « horizontale » et devient nulle quand la courbe atteint son asymptote. **La vitesse de la réaction diminue donc au cours du temps** ($v(0) = 0{,}4$ mmol.L^{-1}.min^{-1} > v(30 min) ≈ 0,147 > ... → 0).

Cause : le facteur cinétique responsable est la **concentration des réactifs** : elle diminue au fur et à mesure qu'ils sont consommés, ce qui réduit la fréquence des chocs efficaces entre les entités réactives. La réaction s'arrête quand le réactif limitant ($S_2O_8^{2-}$) est épuisé.

Exercice n°2 – Oxydation de I^- par l'eau oxygénée

1°) Pourquoi ajouter l'acide sulfurique en excès ?

Les ions oxonium H_3O^+ sont un **réactif** de la réaction ($H_2O_2 + 2\ I^- + \mathbf{2\ H_3O^+} \rightarrow I_2 + 4\ H_2O$). Sans eux la réaction n'a pas lieu. En les introduisant en excès : (i) ils ne sont jamais le réactif limitant, donc l'avancement final est fixé uniquement par H_2O_2 ou I^- ; (ii) leur concentration reste pratiquement constante, ce qui évite que l'acidité n'influe sur la vitesse au cours du suivi.

2°) Tableau descriptif en avancement volumique y

Volume du mélange : $V_T = 2V = 40$ mL. À t = 0, les concentrations sont divisées par 2 par la dilution : $[H_2O_2]_0 = C_1/2$ et $[I^-]_0 = C_2/2$ (mol.L^{-1}).

Équation	H_2O_2	$+ 2\ I^-$	$+ 2\ H_3O^+$	$\rightarrow I_2$	$+ 4\ H_2O$
État initial (y = 0)	$C_1/2$	$C_2/2$	excès	0	excès
État intermédiaire (y)	$C_1/2 - y$	$C_2/2 - 2y$	excès	y	excès
État final (y_f)	$C_1/2 - y_f$	$C_2/2 - 2y_f$	excès	y_f	excès

3°) Valeurs de C_1 et C_2

Détermination de C_1 : à t = 0, la courbe donne $[H_2O_2]_0 = 0{,}08$ mol.L^{-1}. Or $[H_2O_2]_0 = C_1/2 \Rightarrow \mathbf{C_1 = 2 \times 0{,}08 = 0{,}16\ mol.L^{-1}}$.

Détermination de C_2 : la courbe tend vers $[H_2O_2]_f = 0{,}02$ mol.L^{-1} ≠ 0 : il reste de l'eau oxygénée à la fin, donc H_2O_2 est en excès et **I^- est le réactif limitant** (réaction totale).

$$y_f = [H_2O_2]_0 - [H_2O_2]_f = 0{,}08 - 0{,}02 = 0{,}06\ \text{mol.L}^{-1}$$

$$I^- \text{ limitant} : C_2/2 - 2y_f = 0 \Rightarrow C_2 = 4\ y_f = 4 \times 0{,}06 = \mathbf{0{,}24\ mol.L^{-1}}$$

4°) Concentrations à l'instant de demi-réaction

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $y(t_{1/2}) = y_f/2 = 0{,}03$ mol.L^{-1}.

$$[H_2O_2]_{1/2} = C_1/2 - y_f/2 = 0{,}08 - 0{,}03 = \mathbf{0{,}05\ mol.L^{-1}}$$

Sur la courbe, l'ordonnée 0,05 mol.L^{-1} correspond à $\mathbf{t_{1/2} = 6\ min}$ (voir figure 2 corrigée).

$$[I^-]_{1/2} = C_2/2 - 2\cdot(y_f/2) = 0{,}12 - 0{,}06 = \mathbf{0{,}06\ mol.L^{-1}}$$

$$[I_2]_{1/2} = y_f/2 = \mathbf{0{,}03\ mol.L^{-1}}$$

Prof Dhafer

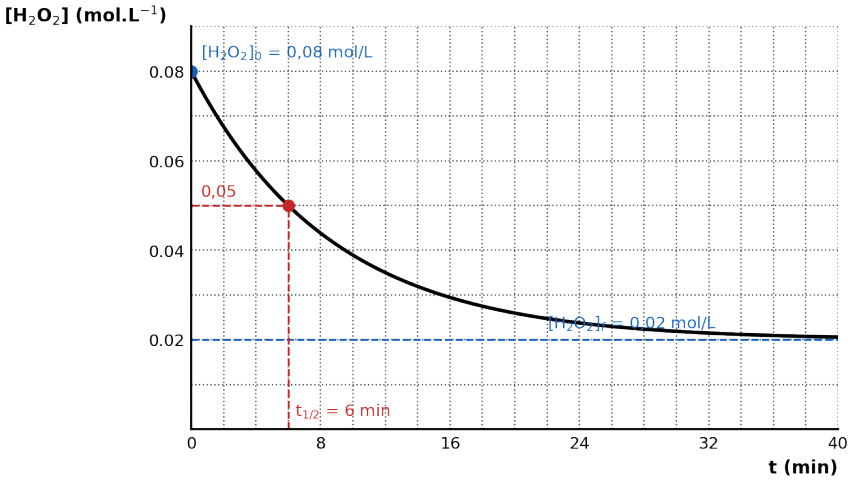


Figure 2 corrigée : $[H_2O_2]_0$, $[H_2O_2]f$ et détermination de $t_{½}$

5°) Dosage iodométrique

a- Couples : I_2/I^- et $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$.

$$\mathbf{I_2 + 2\ S_2O_3^{2-} \rightarrow 2\ I^- + S_4O_6^{2-}}$$

b- La réaction est totale et pratiquement instantanée. D'après les coefficients stœchiométriques, pour consommer $n(I_2) = 2$ mmol il faut $n(S_2O_3^{2-}) = 2\ n(I_2) = 4$ mmol.

$$C{\cdot}V_0 = 2\ n(I_2) \Rightarrow V_0 = 2 \times 2.10^{-3} / 0{,}5 = 8.10^{-3}\ \text{L} = \mathbf{8\ mL}$$

Observation : tant que la quantité de diiode formé reste inférieure à 2 mmol, tout le diiode est aussitôt détruit par le thiosulfate : le mélange reste **incolore**. Dès que 2 mmol de I_2 ont été formées, le thiosulfate est épuisé : le diiode qui se forme ensuite subsiste et, en présence d'empois d'amidon, le mélange **devient brusquement bleu**. La date d'apparition de la couleur permet donc de repérer l'instant où $n(I_2) = 2$ mmol.

c- Non, si le thiosulfate est versé dans le mélange lui-même. La réaction $I_2 + 2\ S_2O_3^{2-} \rightarrow 2\ I^- + S_4O_6^{2-}$ **régénère les ions I^-** consommés, donc tant que le thiosulfate n'est pas épuisé, I^- n'est pas consommé mais H_2O_2 l'est. Vérification chiffrée : $n_0(H_2O_2) = 0{,}08 \times 0{,}04 = 3{,}2$ mmol ; $n_0(I^-) = 0{,}12 \times 0{,}04 = 4{,}8$ mmol.

– Sans thiosulfate : H_2O_2 consommé = 2,4 mmol (I^- limitant) $\Rightarrow n_f(H_2O_2) =$ **0,8 mmol**.

– Avec thiosulfate : 2 mmol de H_2O_2 sont consommées pendant la phase de dosage (I^- est régénéré), il reste 1,2 mmol de H_2O_2 et 4,8 mmol de I^- ; or 1,2 mmol de H_2O_2 n'exige que 2,4 mmol de I^- : H_2O_2 devient limitant et est entièrement consommé $\Rightarrow n_f(H_2O_2) =$ **0**.

L'état final n'est donc pas le même. *(Remarque : si le dosage est effectué sur des prélèvements, sans rien ajouter au mélange principal, le suivi ne perturbe pas le système et l'état final est identique.)*

Dhafer

PHYSIQUE (13 points)

Exercice n°1 – Circuit RC avec générateur de courant

Partie I : charge du condensateur (K en position 1)

1°) Phénomène dans le condensateur

Le générateur impose un courant constant qui circule dans le circuit : le condensateur se **charge**. Des charges électriques de signes opposés s'accumulent sur ses armatures : l'armature A reçoit la charge +q et l'armature B la charge –q, avec q qui augmente au cours du temps.

2°) a- Nom de la tension U_1 inscrite sur le condensateur

C'est la **tension de service** (tension maximale admissible, appelée aussi tension nominale) : au-delà de cette valeur le diélectrique risque d'être détérioré (claquage).

2°) b- Expression de $u_C(t)$

Le courant est constant : $i = I = dq/dt$. Par intégration, avec $q(0) = 0$ (condensateur initialement déchargé) :

$$q(t) = I\cdot t \quad \text{et} \quad u_C = q/C \Rightarrow \mathbf{u_C(t) = (I/C)\cdot t}$$

La tension u_C croît donc linéairement avec le temps (droite passant par l'origine).

2°) c- Capacité du condensateur

À $t_1 = 3$ s, $u_C = U_1 = 12$ V :

$$\mathbf{C = I\cdot t_1 / U_1 = 40.10^{-6} \times 3 / 12 = 1.10^{-5}\ F = 10\ \mu F}$$

3°) Surface des armatures

Pour un condensateur plan : $C = \varepsilon\cdot S / e \Rightarrow S = C\cdot e / \varepsilon$.

$$S = (1.10^{-5} \times 0{,}2.10^{-3}) / (4.10^{-8}) = \mathbf{5.10^{-2}\ m^2 = 0{,}05\ m^2\ (500\ cm^2)}$$

Partie II : décharge du condensateur (K en position 2)

1°) Équation différentielle en u_R

On oriente le circuit dans le sens du courant de charge ($i = dq/dt = C\cdot du_C/dt$) : en décharge, i est négatif. La loi des mailles (condensateur, R et R') donne :

$$u_C + u_R + u_{R'} = 0 \quad \text{avec} \quad u_R = R\cdot i \text{ et } u_{R'} = R'\cdot i \Rightarrow u_C + (R + R')\cdot i = 0 \quad (1)$$

Dérivons (1) par rapport au temps : $du_C/dt + (R + R')\cdot di/dt = 0$. Or $du_C/dt = i/C$, donc :

$$i/C + (R + R')\cdot di/dt = 0$$

Multiplions par R, sachant que $R\cdot i = u_R$ et $R\cdot di/dt = du_R/dt$:

$$u_R/C + (R + R')\cdot du_R/dt = 0 \Rightarrow \mathbf{du_R/dt + (1/((R + R')C))\cdot u_R = 0} \quad (2)$$

2°) a- Vérification de la solution – expressions de A et τ

Si $u_R(t) = A\cdot e^{-t/\tau}$, alors $du_R/dt = -(A/\tau)\cdot e^{-t/\tau}$. En remplaçant dans (2) :

$$A\cdot e^{-t/\tau} \cdot [\ -1/\tau + 1/((R + R')C)\ ] = 0 \quad \text{pour tout t}$$

Comme $A\cdot e^{-t/\tau}$ n'est pas identiquement nul, il faut que le crochet soit nul : $\mathbf{\tau = (R + R')\cdot C}$.

Détermination de A (condition initiale) : la tension aux bornes d'un condensateur est continue, donc $u_C(0) = U_1$. Dans (1) à $t = 0$: $U_1 + (R + R')\cdot i(0) = 0 \Rightarrow i(0) = -U_1/(R + R')$. Alors $u_R(0) = R\cdot i(0) = A$, d'où :

$$\mathbf{\tau = (R + R')\cdot C \quad et \quad A = - R\cdot U_1 / (R + R')}$$

2°) b- Expression de $u_C(t)$

D'après (1) : $u_C = -(R + R')\cdot i = -((R + R')/R)\cdot u_R$. Donc :

$$u_C(t) = -((R + R')/R) \cdot A\cdot e^{-t/\tau} = \mathbf{U_1\cdot e^{-t/\tau}}$$

On vérifie : $u_C(0) = U_1$ et u_C décroît exponentiellement vers 0.

Dhafer

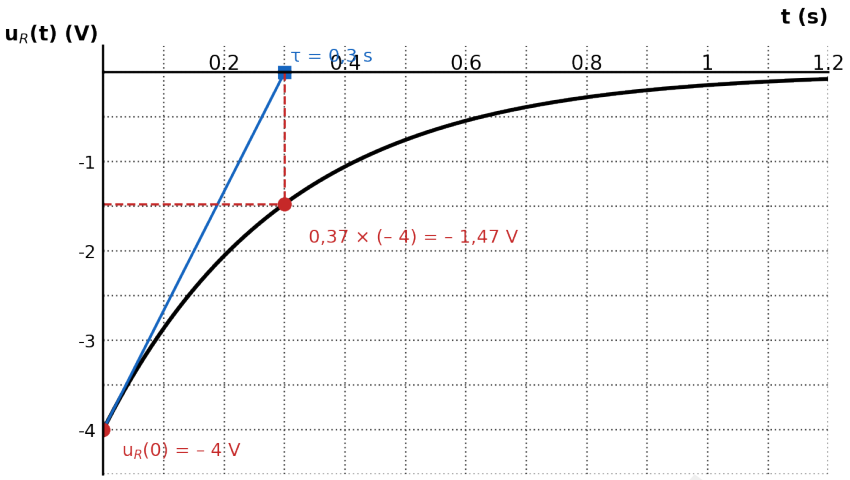


Figure 3 corrigée : lecture de u_R(0) = – 4 V et détermination de τ = 0,3 s

3°) a- Montrer que R' = 2R

Sur la courbe de la figure 3, $u_R(0) = -4$ V. D'autre part $u_R(0) = A = -R\cdot U_1/(R + R')$:

$$4 = 12\cdot R/(R + R') \Rightarrow R + R' = 3R \Rightarrow \mathbf{R' = 2R}$$

3°) b- Valeurs de R et R'

Détermination de τ : par la méthode de la tangente à l'origine, celle-ci coupe l'axe des temps ($u_R = 0$) en $t = \tau$; on lit **τ = 0,3 s**. (Vérification par la méthode des 37 % : $u_R(\tau) = 0{,}37 \times (-4) = -1{,}47$ V, atteinte à t = 0,3 s.)

Comme $\tau = (R + R')C = 3RC$:

$$R = \tau / (3C) = 0{,}3 / (3 \times 1.10^{-5}) = \mathbf{1.10^4\ \Omega = 10\ k\Omega} \quad \text{et} \quad \mathbf{R' = 2R = 20\ k\Omega}$$

3°) c- Énergie dissipée par effet Joule dans R' entre 0 et τ

La puissance dissipée dans R' est $p = R'\cdot i^2$, avec $i(t) = u_R/R = -(U_1/(R + R'))\cdot e^{-t/\tau}$, donc $i^2 = (U_1/(R + R'))^2\cdot e^{-2t/\tau}$:

$$W_J = \int_0^{\tau} R'\cdot i^2\, dt = R'\cdot U_1^2/(R + R')^2 \cdot \int_0^{\tau} e^{-2t/\tau}\, dt = R'\cdot U_1^2/(R + R')^2 \cdot (\tau/2)\cdot(1 - e^{-2})$$

En remplaçant $\tau = (R + R')C$:

$$\mathbf{W_J = R'\cdot C\cdot U_1^2 \cdot (1 - e^{-2}) / (2(R + R'))}$$

$$W_J = (20.10^3 \times 1.10^{-5} \times 12^2) \times (1 - 0{,}1353) / (2 \times 30.10^3) = 28{,}8 \times 0{,}8647 / 60\,000 \approx \mathbf{4{,}15.10^{-4}\ J}$$

Contrôle : l'énergie initiale du condensateur est $\frac{1}{2}\cdot C\cdot U_1^2 = 7{,}2.10^{-4}$ J ; la part dissipée dans R' (2/3 de l'énergie totale dissipée car R' = 2R) pendant [0 ; τ] est cohérente avec $W_J \approx 4{,}15.10^{-4}$ J (soit $2/3 \times 7{,}2.10^{-4} \times 0{,}8647$).

Exercice n°2 – Charge et décharge d'un condensateur avec une source de tension

1°) Équation différentielle en i(t) (K en position 1)

Circuit de charge : générateur E, R_2, R_1 et C en série. Loi des mailles :

$$E = R_2\cdot i + R_1\cdot i + u_C = (R_1 + R_2)\cdot i + u_C$$

On dérive par rapport au temps (E constante) : $0 = (R_1 + R_2)\cdot di/dt + du_C/dt$, avec $du_C/dt = i/C$:

$$\mathbf{di/dt + (1/((R_1 + R_2)C))\cdot i = 0}$$

2°) Expressions de τ_1 et A

En reportant $i = A\cdot e^{-t/\tau_1}$ dans l'équation différentielle : $A\cdot e^{-t/\tau_1}\cdot[-1/\tau_1 + 1/((R_1+R_2)C)] = 0 \Rightarrow \mathbf{\tau_1 = (R_1 + R_2)\cdot C}$.

Condition initiale : le condensateur est initialement déchargé, $u_C(0) = 0$. Dans la loi des mailles à t = 0 : $E = (R_1 + R_2)\cdot i(0) \Rightarrow i(0) = A$:

$$\mathbf{A = I_0 = E / (R_1 + R_2)}$$

3°) a- Vérifier que $t_1 = \tau_1$

Pendant la charge $u_C(t) = E\cdot(1 - e^{-t/\tau_1})$. À la date t_1 : $u_C = 0{,}63\cdot E$:

$$1 - e^{-t_1/\tau_1} = 0{,}63 \Rightarrow e^{-t_1/\tau_1} = 0{,}37 \Rightarrow t_1/\tau_1 = -\ln(0{,}37) \approx 0{,}994 \approx 1$$

Donc $\mathbf{t_1 = \tau_1}$: la constante de temps est la durée au bout de laquelle le condensateur est chargé à 63 %.

3°) b- Détermination de τ_1 (méthode de la tangente)

On trace la **tangente à la courbe i(t) à l'origine** (t = 0) : elle coupe l'axe des temps au point d'abscisse t = τ_1. Sur la figure 4 : **τ_1 = 20 ms**.

Vérification par la méthode des 37 % : $i(\tau_1) = 0{,}37 \cdot I_0 = 0{,}37 \times 25 = 9{,}2$ mA, valeur atteinte à t = 20 ms.

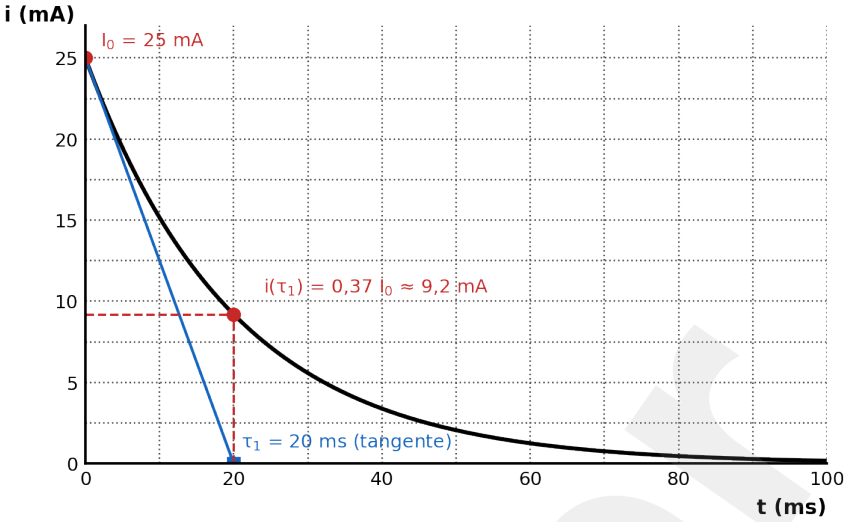


Figure 4 corrigée : I_0 = 25 mA, tangente à l'origine (τ_1 = 20 ms) et $i(\tau_1) \approx 9{,}2$ mA

3°) c- Valeurs de R_1, R_2 et C

• À t = 0, la courbe donne I_0 = 25 mA :

$$I_0 = E/(R_1 + R_2) \Rightarrow R_1 + R_2 = 10 / 25.10^{-3} = 400\ \Omega \quad (a)$$

• À $t_1 = \tau_1$, l'intensité vaut $i(t_1) = 9{,}2$ mA et la tension aux bornes de R_2 est $U_2 = R_2 \cdot i(t_1)$:

$$R_2 = U_2 / i(t_1) = 1{,}38 / 9{,}2.10^{-3} = \mathbf{150\ \Omega}$$

• D'après (a) : $\mathbf{R_1 = 400 - 150 = 250\ \Omega}$.

• $\tau_1 = (R_1 + R_2) \cdot C \Rightarrow \mathbf{C = \tau_1 / (R_1 + R_2) = 20.10^{-3} / 400 = 5.10^{-5}\ F = 50\ \mu F}$.

4°) a- Expression de $\ln(E_C/E_{Cmax})$ en fonction du temps

L'énergie électrostatique est $E_C(t) = ½ \cdot C \cdot u_C^2(t)$. Elle est maximale quand $u_C = E$: $E_{Cmax} = ½ \cdot C \cdot E^2$. Avec $u_C(t) = E \cdot e^{-t/((R_1+R')C)}$:

$$E_C/E_{Cmax} = (u_C/E)^2 = e^{-2t/((R_1+R')C)}$$

$$\mathbf{\ln(E_C/E_{Cmax}) = - 2t / ((R_1 + R') \cdot C)}$$

C'est l'équation d'une droite passant par l'origine, de coefficient directeur négatif $a = -2/((R_1 + R')C)$.

4°) b- Valeur de R'

La droite de la figure 5 passe par l'origine et par le point (60 ms ; –4). Son coefficient directeur est :

$$a = \Delta y/\Delta t = (-4 - 0) / (60.10^{-3} - 0) \approx -66{,}7\ s^{-1}$$

$$a = -2/((R_1 + R')C) \Rightarrow (R_1 + R') \cdot C = 2/66{,}7 = 0{,}03\ s = 30\ ms$$

$$R_1 + R' = 0{,}03 / 5.10^{-5} = 600\ \Omega \Rightarrow R' = 600 - 250 = \mathbf{350\ \Omega}$$

4°) c- Courbe si R_2 est branché entre R_1 et C

R_2 fait alors partie du circuit de décharge : la résistance totale devient $R_1 + R_2 + R' = 250 + 150 + 350 = 750\ \Omega$. La constante de temps de décharge est :

$$\tau' = (R_1 + R_2 + R') \cdot C = 750 \times 5.10^{-5} = 37{,}5\ ms$$

$$\ln(E_C/E_{Cmax}) = -2t/\tau' = - 0{,}0533 \cdot t \text{ (t en ms)}$$

C'est encore une droite passant par l'origine, mais de pente plus faible en valeur absolue (–0,0533 ms^{-1} au lieu de –0,0667 ms^{-1}) : elle descend moins vite. Pour la tracer, on prend deux points : **(37,5 ms ; –2)** et **(60 ms ; –3,2)** en plus de l'origine.

Prof Dhafer

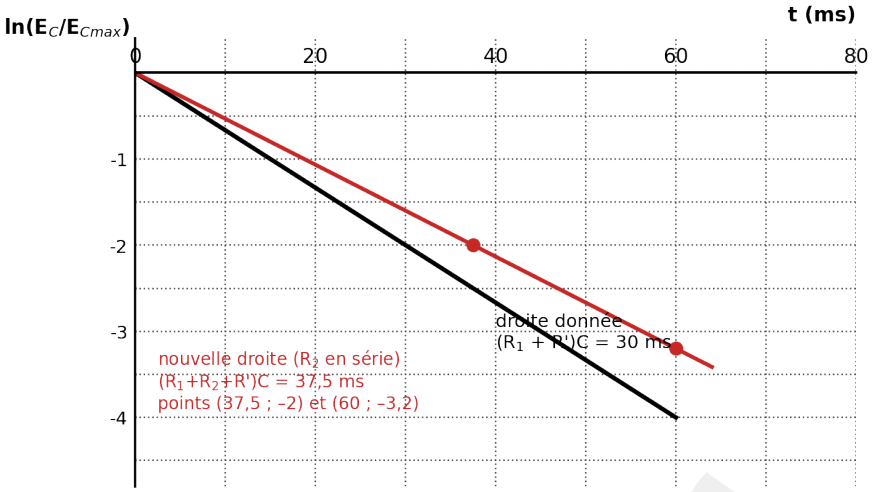


Figure 5 corrigée : droite donnée (noir) et nouvelle droite avec R_2 en série (rouge)

Récapitulatif des résultats : C_2 = 0,024 mol/L ; v_{moy} ≈ 0,153 mmol/L/min ; v(30 min) ≈ 0,147 mmol/L/min | C_1 = 0,16 mol/L ; C_2 = 0,24 mol/L ; $t_{1/2}$ = 6 min ; V_0 = 8 mL | C = 10 µF ; S = 0,05 m² ; τ = 0,3 s ; R = 10 kΩ ; R' = 20 kΩ ; $W_J \approx 4{,}15.10^{-4}$ J | τ_1 = 20 ms ; R_1 = 250 Ω ; R_2 = 150 Ω ; C = 50 µF ; R' = 350 Ω.

Dhafer