

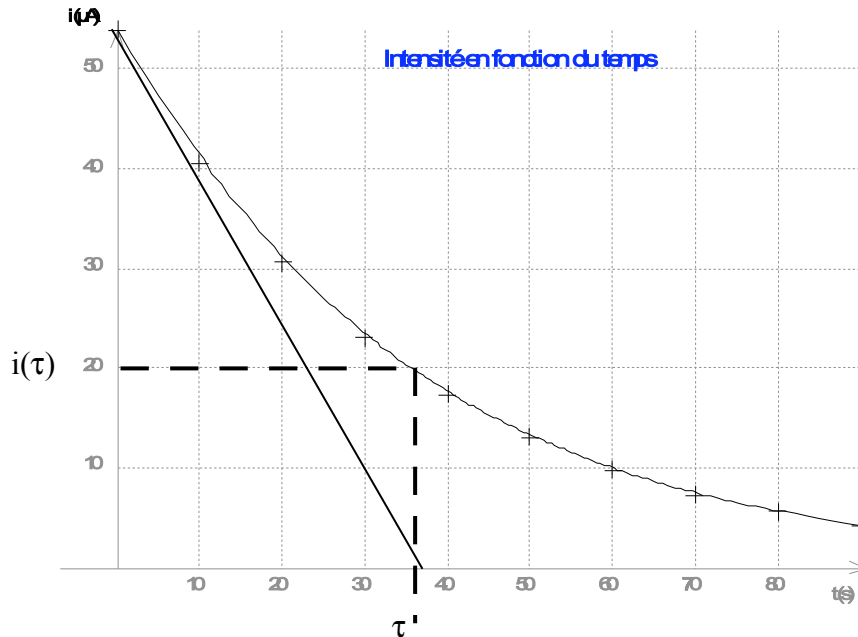
Correction Composition n°1 novembre 2009.

Classes de TS1, TS2 et TS3.

Sujet 1. (16pts)

Étude expérimentale du circuit RC.

1



2. $E = u_R(t) + u_C(t)$ et ce quelque soit t (additivité des tensions), donc en particulier à $t = 0$ on a :

$$E = u_R(0) + u_C(0)$$

$E = u_R$ car le condensateur est déchargé à $t = 0$

et $u_R(t) = R \cdot i(t)$ (loi d'Ohm)

$$\text{donc } R = \frac{E}{i(0)}$$

$$R = \frac{12}{54,0 \times 10^{-6}} = 2,2 \cdot 10^5 \text{ k}\Omega$$

3. Lorsque $t = \tau$ alors $i(t) = I_0 \cdot e^{-1} = 54,0 \times 10^{-6} / e = 19,9 \mu\text{A}$

On lit graphiquement $\tau = 36 \text{ s}$ qui est l'abscisse du point d'ordonnée $i(\tau) = 19,9 \mu\text{A}$

$$\tau = R \cdot C$$

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{36}{2,2 \times 10^5}$$

$$C = 1,6 \cdot 10^2 \mu\text{F}$$

Erreur relative commise $(1,6 \cdot 10^2 - 150) / 150 = 8\%$. La tolérance du fabricant (10%) est respectée.

1. ÉTABLISSEMENT DE L'ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE LORS DE LA DÉCHARGE

1.1. D'après la loi d'additivité des tensions : $u_C + u_R = 0$.

$$1.2. q_A = C \cdot u_C$$

1.3. L'intensité a été comptée positivement au cours de la charge du condensateur, lors de la décharge le courant change de sens, alors **i est négative**.

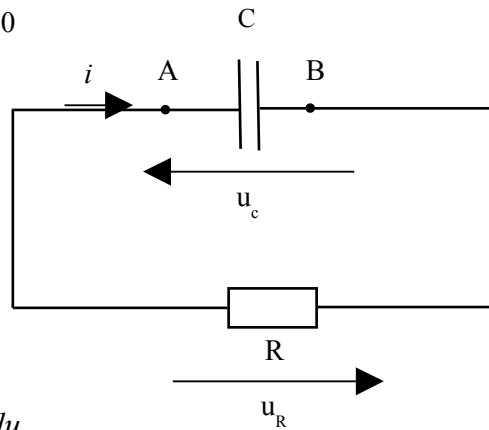
$$i = \frac{dq_A}{dt}$$

remarque : $dq_A = q_A(t+dt) - q_A(t) < 0$ car la charge portée par l'armature A diminue lors de la décharge. On retrouve bien $i < 0$.

$$\text{En utilisant le 1.2., il vient } i = \frac{dC \cdot u_C}{dt}.$$

$$C \text{ étant constante on a } i = C \cdot \frac{du_C}{dt}$$

1.4. D'après 1.1. $u_C + u_R = 0$
d'après la loi d'Ohm $u_R = R.i$
 $u_C + R.i = 0$



d'après 1.3. $u_C + R.C \frac{du_C}{dt} = 0$
 $\frac{1}{RC} u_C + \frac{du_C}{dt} = 0$

Cette équation différentielle est bien de la forme $\alpha u_C + \frac{du_C}{dt} = 0$ avec $\alpha = \frac{1}{RC}$

2. SOLUTION DE L'ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE

2.1. $u_C = A e^{-\beta t}$ et $\frac{1}{RC} u_C + \frac{du_C}{dt} = 0$

Exprimons tout d'abord $\frac{du_C}{dt} = \frac{dA e^{-\beta \cdot t}}{dt} = A \frac{d e^{-\beta \cdot t}}{dt} = -A \cdot \beta \cdot e^{-\beta \cdot t}$

Remplaçons l'expression obtenue dans l'équation différentielle

$$\frac{1}{RC} \cdot A \cdot e^{-\beta t} - A \cdot \beta \cdot e^{-\beta \cdot t} = 0$$

$$A \cdot e^{-\beta t} \left(\frac{1}{RC} - \beta \right) = 0$$

Cette égalité est vérifiée quel que soit t,

si $A = 0$ mais l'énoncé précise que A est une constante > 0 donc impossible

ou si $\frac{1}{RC} - \beta = 0$ soit si $\beta = \frac{1}{RC}$.

2.2. à la date $t = 0$, on a $u_C(0) = U_0 = 10 \text{ V}$

$$u_C(0) = A \cdot e^{-\beta \times 0} = A$$

donc $A = U_0$

$A = 10 \text{ V}$.

2.3. Lors de la décharge du condensateur, la tension u_C à ses bornes décroît. La courbe 1 convient.

On peut aussi ajouter que seule la courbe 1 est en accord avec $u_C(0) = U_0 = 10 \text{ V}$.

2.4. $\tau = R.C$

2.5. $\tau = R.C$

$$[\tau] = [R].[C]$$

D'après la loi d'Ohm $u_R = R.i$, donc $R = \frac{u_R}{i}$

$$\text{soit } [R] = \frac{U}{I}$$

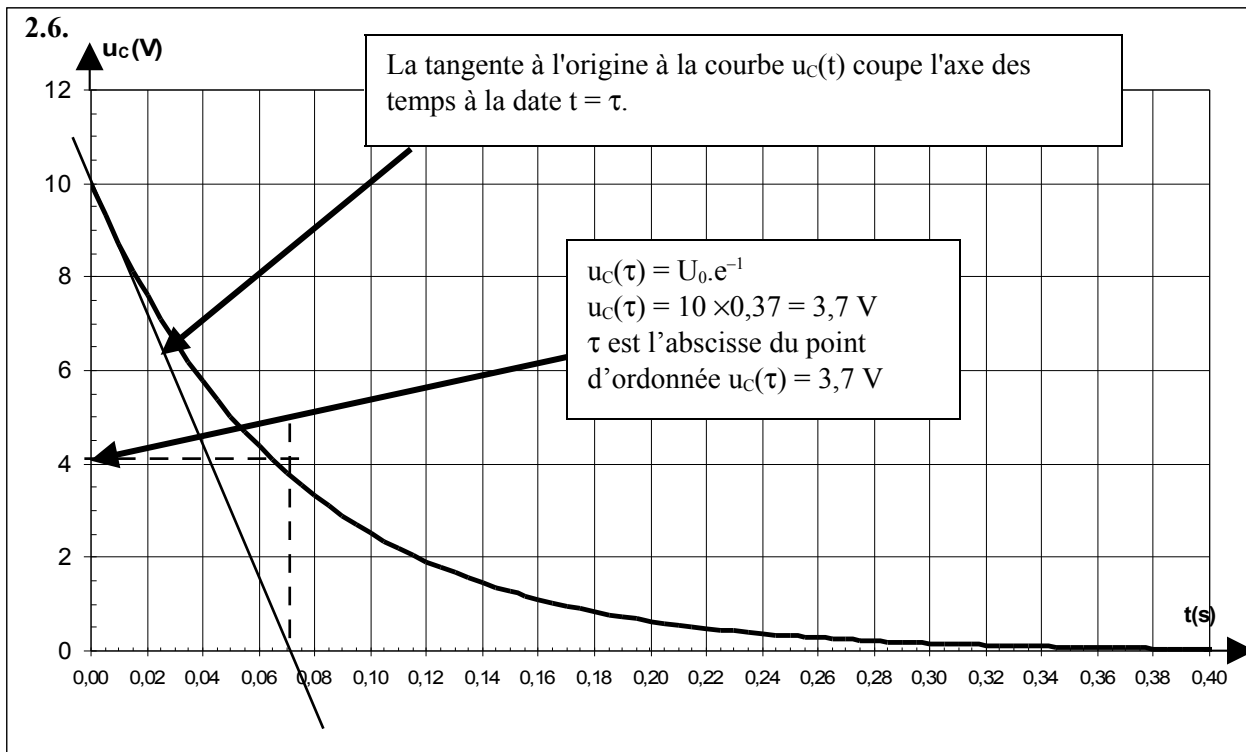
D'après le 1.3. $i = C \cdot \frac{du_C}{dt}$, donc $C = i \cdot \frac{dt}{du_C}$

$$\text{soit } [C] = I \cdot \frac{T}{U}$$

$$[\tau] = \frac{U}{I} \cdot I \cdot \frac{T}{U}$$

$$[\tau] = T$$

τ est homogène à un temps.



Les deux méthodes conduisent à $\tau = 0,07 \text{ s}$.

2.7. $\tau = R \cdot C$ donc $C = \frac{\tau}{R}$

$C = \frac{0,07}{33} = 2 \times 10^{-3} \text{ F} = \mathbf{2 \text{ mF}}$

3. INTENSITÉ DU COURANT

3.1. On a établi précédemment dans le 1.3. $i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$

et dans le 2.1. et 2.2 $u_c = A e^{-\beta t}$ avec $A = U_0$ et $\beta = \frac{1}{RC}$ soit $u_c = U_0 e^{-\left(\frac{t}{RC}\right)}$

donc $\frac{du_c}{dt} = - \frac{U_0}{R \cdot C} e^{-\left(\frac{t}{RC}\right)}$

finalemt $i = - \frac{U_0}{R} e^{-\left(\frac{t}{RC}\right)}$

3.2. $i(0) = I_0 = - \frac{U_0}{R}$

$i(0) = - \frac{10}{33} = - \mathbf{0,30 \text{ A}}$

3.3. Seule la **courbe 3** est en accord avec $I_0 < 0$.

3.4. à la date $t = 0,50 \text{ s}$

$i = - \frac{U_0}{R} e^{-\left(\frac{t}{RC}\right)}$

$i(0,50) = - \frac{10}{33} e^{-\left(\frac{0,50}{0,07}\right)} = -2,0 \times 10^{-4} \text{ A} = - \mathbf{0,20 \text{ mA}}$

3.5. $u_c = U_0 e^{-\left(\frac{t}{RC}\right)}$

$u_c(0,50) = 10 \times e^{-\left(\frac{0,50}{0,07}\right)} = 7,9 \times 10^{-3} \text{ V} = \mathbf{7,9 \text{ mV}}$

3.6. La durée écoulée est supérieure à cinq fois la valeur de la constante de temps τ , on trouve une valeur de u_c très proche de zéro. On peut considérer que **le condensateur est déchargé**.

Sujet 2. (11 pts)

1. Étude sur une cuve à ondes

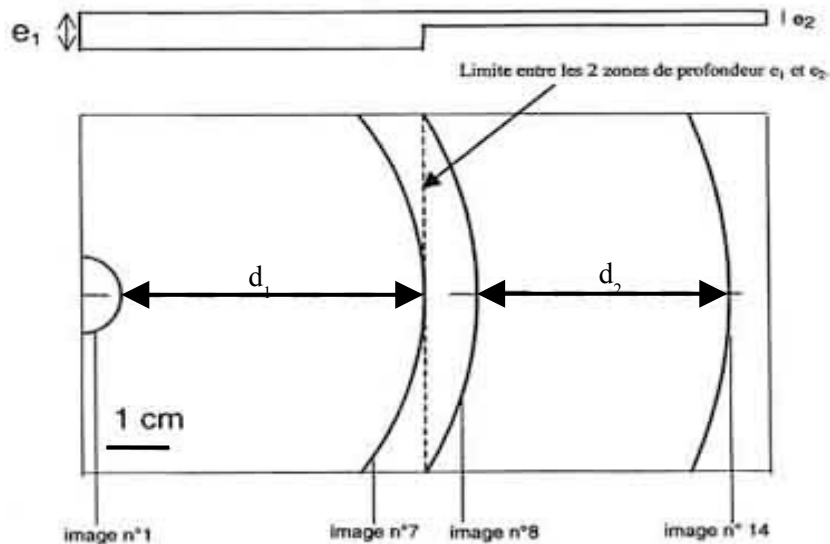
1.1 Il existe deux types d'ondes :

- ondes transversales : la direction de la déformation du milieu est perpendiculaire à celle de sa propagation.
- ondes longitudinales : la direction de la déformation est parallèle à celle de sa propagation.

L'onde créée par la goutte d'eau appartient à la catégorie des **ondes transversales**.

1.2.

Entre deux images consécutives, il s'écoule une durée τ de $1/24$ s.



Pour la zone de profondeur e_1 : Entre l'image n°1 et l'image n° 7, il s'est écoulé une durée $\Delta t_1 = 6\tau$.

(aide : entre 7 doigts, combien y-a-t-il d'espaces? réponse: 6 pensez à compter l'espace entre les 2 pouces)

Pendant cette durée, le front d'onde a progressé d'une distance $d_1 = 4,8$ cm

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

Pour la zone de profondeur e_2 : on mesure $d_2 = 4,0$ cm, il s'est écoulé $\Delta t_2 = 6\tau$.

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

Lorsque l'épaisseur d'eau diminue alors la célérité de l'onde diminue.

2. Ondes périodiques

2.1. La distance séparant deux franges brillantes successives est appelée la **longueur d'onde**, notée λ .

$$\lambda = c.T$$

2.2. $\lambda = \frac{c}{f}$ où f est la fréquence du vibreur, donc $c = \lambda.f$.

On mesure λ sur le document 2 pour chaque zone d'épaisseur différente. On mesure toujours plusieurs longueurs d'ondes, ainsi l'erreur relative sur la mesure est plus faible.

Pour la zone d'épaisseur d'eau e_1 : $4\lambda_1 = 4,2$ cm, donc $c_1 = \frac{4,2}{4} \times 24 = 25 \text{ cm.s}^{-1}$

Pour la zone d'épaisseur d'eau e_2 : $5\lambda_2 = 4,2$ cm, donc $c_2 = \frac{4,2}{5} \times 24 = 20 \text{ cm.s}^{-1}$

On arrive à la même conclusion qu'au 1.3., lorsque l'épaisseur d'eau diminue alors la célérité de l'onde diminue.

2.3.

f (Hz)	12	24	48	96
λ (m)	0,018	0,0097	0,0059	0,0036
$c = \lambda.f$ (en m.s ⁻¹)	0,22	0,23	0,28	0,35

La célérité de l'onde augmente lorsque la fréquence de l'onde augmente. L'eau est un milieu dispersif.

3. Un phénomène caractéristique des ondes.

3.1. Expérience sur les ondes lumineuses

3.1.1. Il se produit un phénomène appelé diffraction de la lumière.

3.1.2.

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

comme θ est faible et exprimé en radians,

$$\tan \theta \approx \theta$$

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

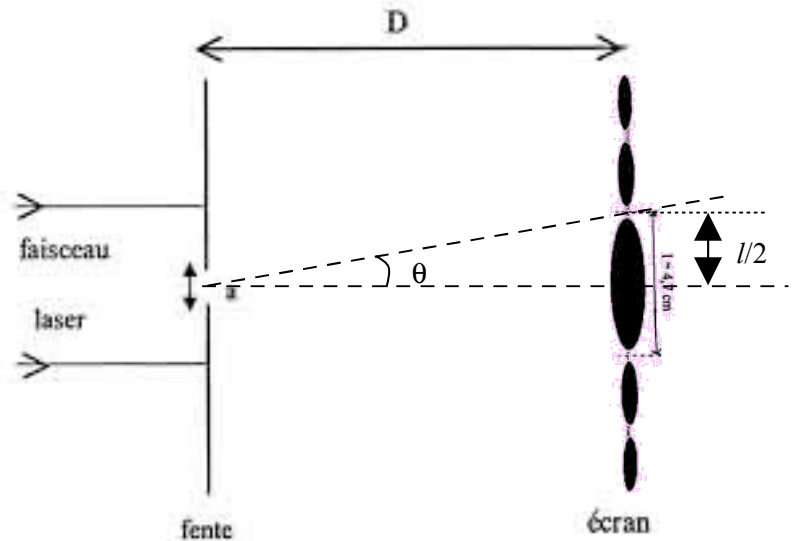
D'autre part $\theta = \frac{\lambda}{a}$, donc

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

$$\text{soit } \lambda = \frac{l \cdot a}{2D}$$

$$\lambda = \frac{4,7 \times 10^{-2} \cdot 0,08 \cdot 10^{-3}}{2 \times 3,00}$$

$$\lambda = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$



3.2. Étude sommaire de la houle

3.2.1. $\lambda = 230 \text{ m}$ et $T = 12 \text{ s}$

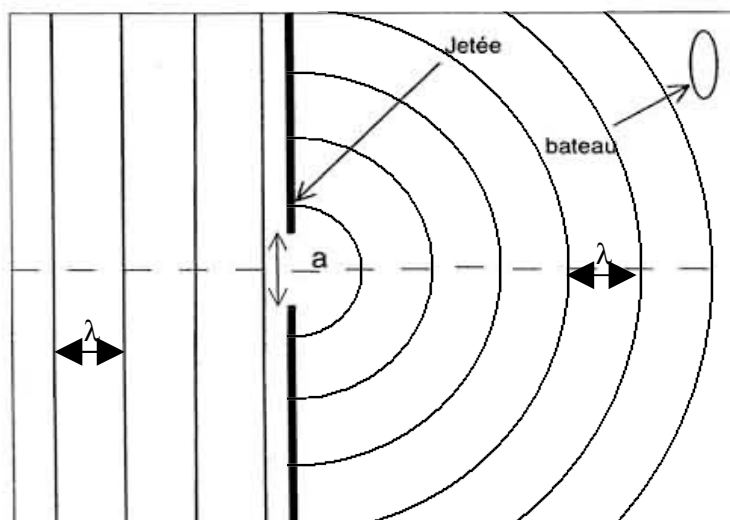
$$\lambda = v \cdot T \quad \text{donc } v = \frac{\lambda}{T}$$

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

3.2.2. $\theta = \frac{\lambda}{a}$ donc plus a est faible devant λ et plus l'écart angulaire θ est grand, plus la diffraction est marquée.

$a = 200 \text{ m}$ et $\lambda = 230 \text{ m}$, ici $\lambda > a$, l'ouverture du port diffracte l'onde incidente. L'ouverture se comporte alors comme une source ponctuelle émettant des ondes dans différentes directions ce qui affectera le bateau (qui oscillera verticalement). La diffraction ne modifie pas la longueur d'onde λ .

voir figure ci-après :



Sujet 3. (13pts)

Partie A.

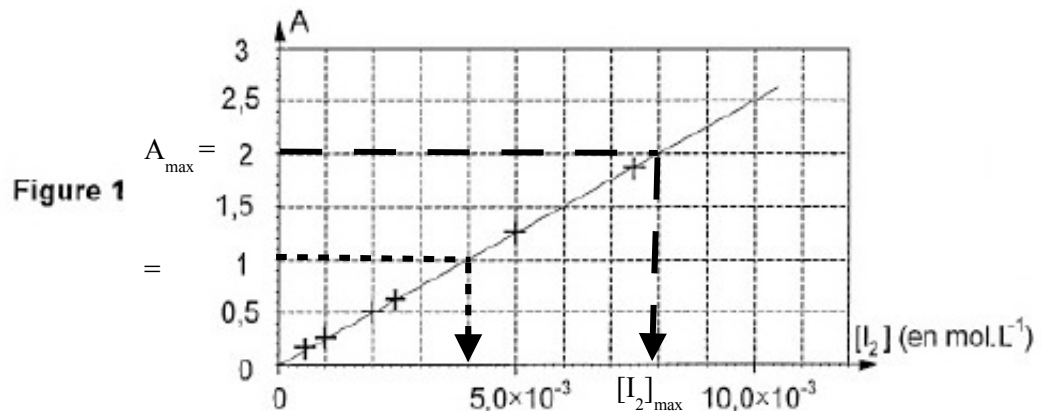
1. Courbe d'étalonnage du spectrophotomètre

1.1. La courbe représentative de $A = f([I_2])$, figure 1, est une **droite qui passe par l'origine**. L'absorbance est proportionnelle à la concentration en diiode on peut écrire : $A = k[I_2]$
(k coefficient de proportion)

1.2. $A_{\max} = 2,00$

L'abscisse du point d'ordonnée correspondante nous donne de $[I_2]_{\max}$

$$[I_2]_{\max} = 8,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$



2. Titre du Lugol

2.1. On prend l'abscisse du point d'ordonnée $A_{S_0} = 1,00$, soit $[I_2]_{S_0} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

2.2. $c_L = 10 \times [I_2]_{S_0}$ (solution S_0 diluée dix fois) $c_L = 10 \times 4,0 \times 10^{-3} = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

2.3. Si on ne diluait pas la solution commerciale, l'absorbance serait non mesurable car $c_L > [I_2]_{\max}$.

3. Étude cinétique d'une transformation chimique mettant en jeu l'eau oxygénée et libérant du diiode

3.1. Couple $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ réduction $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- = 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

mais ici, vu l'équation chimique proposée, on écrira plutôt: $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- = 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Couple $\text{I}_2(\text{aq}) / \text{I}^-(\text{aq})$ oxydation $2 \text{I}^-(\text{aq}) = \text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$

3.2. Relation stœchiométrique		$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{I}^-(\text{aq}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) = \text{I}_2(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$				
État du système	Avancement	Bilan de matière en mol				
État initial	0	$c_2 \cdot V_2$	excès	excès	0	solvant
Au cours de la transformation	x	$c_2 \cdot V_2 - x$	excès	excès	x	solvant
État final	x_f	$c_2 \cdot V_2 - x_f$	excès	excès	x_f	solvant
État final si la transformation est totale	$x_{\max}$	$c_2 \cdot V_2 - x_{\max} = 0$	excès	excès	$x_{\max} = c_2 \cdot V_2$	solvant

3.3. $[I_2](t) = \frac{n_{I_2}(t)}{V_{\text{tot}}}$, or d'après le tableau d'avancement $n_{I_2}(t) = x(t)$.

$$\text{Et } [I_2](t) = \frac{x(t)}{V_{\text{tot}}} \quad \text{soit } x(t) = [I_2](t) \times V_{\text{tot}}$$

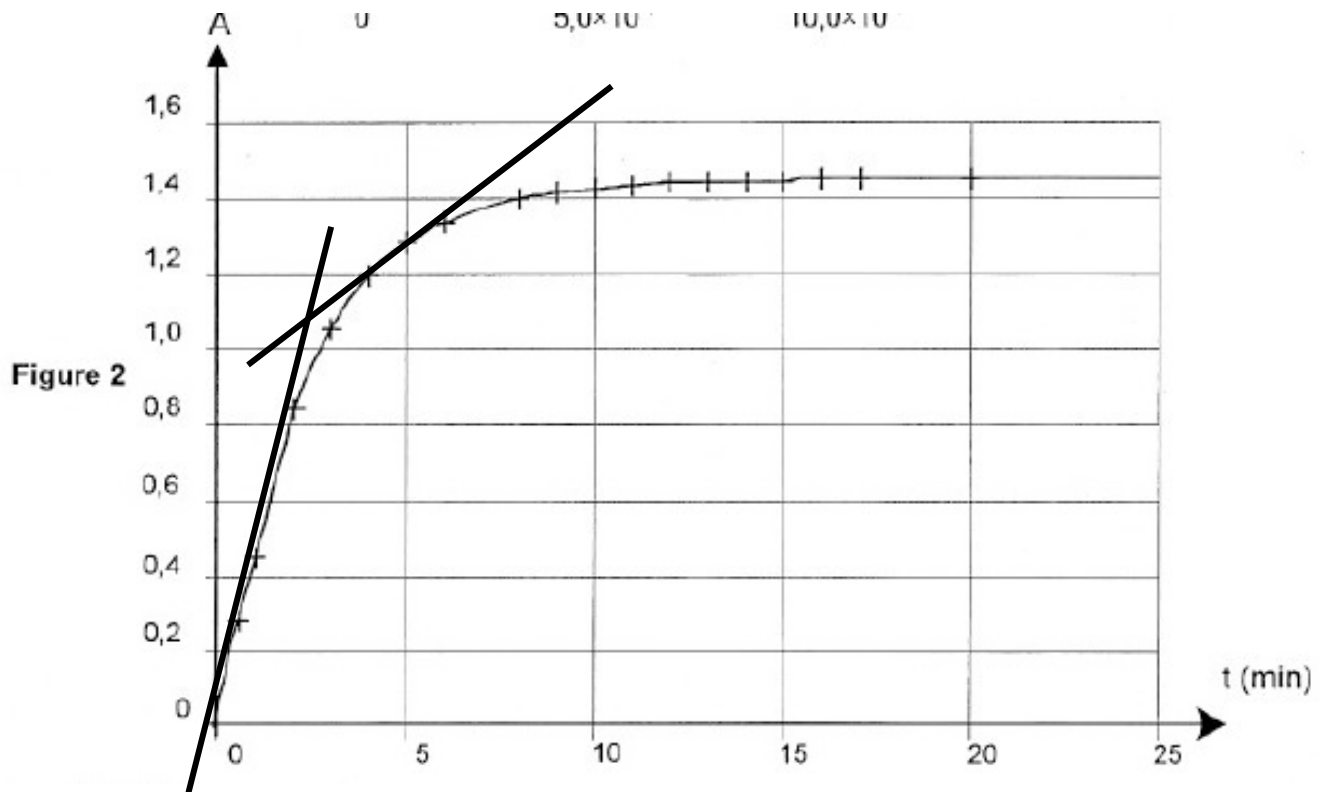
$$3.4. v(t) = \frac{1}{V_{\text{tot}}} \frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{V_{\text{tot}}} \frac{d([I_2](t) \cdot V_{\text{tot}})}{dt} = \frac{V_{\text{tot}}}{V_{\text{tot}}} \frac{d([I_2](t))}{dt} = \frac{d([I_2](t))}{dt} \text{ car } V_{\text{tot}} \text{ est une constante}$$

$$\text{or } A = k \cdot [I_2], \text{ soit } [I_2] = \frac{A}{k}$$

$$v(t) = \frac{d\left(\frac{A(t)}{k}\right)}{dt} = \frac{1}{k} \cdot \frac{dA(t)}{dt} \text{ car } k \text{ est une constante.}$$

3.5.1. $\frac{dA(t)}{dt}$ correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe à la date t.

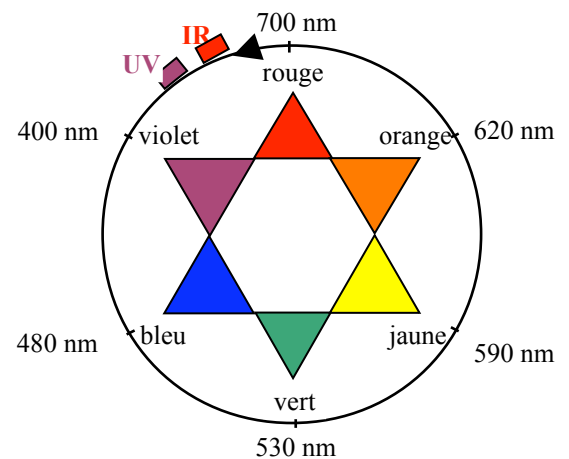
Pour $t_1 > t_0$, ce coefficient diminue, voir tracé des tangentes sur la figure, donc $v_0 > v_1$



3.5.2. La concentration en réactifs diminue au cours du temps donc la vitesse de réaction diminue également.

Partie B.

1.1. L'absorbance est significative entre 510 nm et 560 nm



L'absorbance étant maximale entre 510 nm et 560 nm (couleur jaune – vert dans le schéma ci-contre) la couleur de la solution est la couleur complémentaire soit le violet.

La solution de permanganate de potassium est de couleur violette.

On peut justifier autrement : La solution laisse passer le bleu et le rouge, elle absorbe le vert.

La solution est de couleur magenta (appelée couramment violet).

1.2. Un laser de longueur d'onde 540 nm serait adapté pour cette étude car sa longueur d'onde est dans l'intervalle d'absorbance maximale.

2. Absorbance et cinétique chimique

2.1. $A_{\lambda}(t) = k \cdot [\text{MnO}_4^-]_{\text{(aq)}}(t)$ donc l'absorbance $A_{\lambda}(t)$ diminue au cours du temps, car la réaction consomme des ions permanganate $[\text{MnO}_4^-]_{\text{(aq)}}(t)$ diminue.

2.2. $n_1 = [\text{MnO}_4^-]_{\text{(aq)}} \cdot V_1$ quantité initiale en ions permanganate
 $n_1 = 5,0 \times 10^{-4} \times 1,0 \times 10^{-3} = 5,0 \times 10^{-7} \text{ mol}$

$n_2 = [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]_{\text{(aq)}} \cdot V_2$ quantité initiale en acide oxalique
 $n_2 = 12,5 \times 10^{-4} \times 1,0 \times 10^{-3} = 12,5 \times 10^{-7} \text{ mol}$

2.3. Équation chimique		$2 \text{MnO}_4^- \text{(aq)} + 5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{(aq)} + 6 \text{H}_3\text{O}^+ \text{(aq)} = 2 \text{Mn}^{2+} \text{(aq)} + 10 \text{CO}_2 \text{(aq)} + 14 \text{H}_2\text{O} \text{(l)}$					
État du système chimique	Avancement t	Quantités de matière (mol)					
État initial	$x = 0 \text{ mol}$	n_1	n_2	Excès	0	0	beaucoup
État intermédiaire	$x \text{ (mol)}$	$n_1 - 2x$	$n_2 - 5x$	Excès	$2x$	$10x$	beaucoup
État final (si totale)	x_{max}	$n_1 - 2x$	$n_2 - 5x$	Excès	$2x$	$10x$	beaucoup

Si MnO_4^- est le réactif limitant, il est totalement consommé alors $n_1 - 2x_{\text{max}} = 0$, soit $x_{\text{max}} = \frac{n_1}{2}$,

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

Si $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ est le réactif limitant, $n_2 - 5x_{\text{max}} = 0$, soit $x_{\text{max}} = \frac{n_2}{5}$, alors $x_{\text{max}} = 2,6 \times 10^{-7} \text{ mol}$.

$x_{\text{max}} = 2,5 \times 10^{-7} \text{ mol}$. Ce résultat est en accord avec la figure 6 de l'annexe.

2.4.

a) La vitesse volumique, à un instant t , correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$ à la date t , divisé par le volume de la solution.

b) La vitesse volumique de la réaction est proportionnelle au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$.

Au début de la réaction, entre $t = 0$ et $t = 2 \text{ min}$, la vitesse est très faible (tangente quasi-horizontale).

Puis elle augmente entre $t = 2 \text{ min}$ et $t = 5 \text{ min}$ environ (coefficient directeur plus grand).

Enfin elle diminue de nouveau après 5 min.

Au delà de 10 minutes, la vitesse de réaction est nulle (tangente horizontale).

