

EXERCICE 1 : DU CHLORE DANS L'EAU **TOTAL EXO 1 : 12,5**

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Du chlore dans les eaux souterraines

Il existe deux principaux isotopes stables du chlore (dont les nombres de masse sont 35 et 37) trouvés dans les proportions respectives de 3 pour 1 et qui donnent aux atomes en vrac une masse molaire atomique apparente de $35,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

Le chlore a 9 isotopes avec des nombres de masse s'étendant de 32 à 40. Seulement trois de ces isotopes existent à l'état naturel : le Cl-35 stable (75,77 %), le Cl-37 stable (24,23 %) et le Cl-36 radioactif. Le rapport du nombre de noyaux de Cl-36 au nombre total de noyaux de Cl présents dans l'environnement est de $7,0 \times 10^{-13}$ actuellement.

Le « chlore 36 » (Cl-36) se désintègre essentiellement en « argon 36 » (Ar-36). La demi-vie du Cl-36 est de 301×10^3 ans. Cette valeur le rend approprié pour dater géologiquement les eaux souterraines sur une durée de soixante mille à un million d'années.

D'après un article d'encyclopédie

Données :

- Loi de décroissance radioactive $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

- Relation entre l'activité A d'un échantillon et le nombre moyen de noyaux N présent dans cet échantillon, à une date t donnée : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

- $1 \text{ an} = 3,156 \times 10^7 \text{ s}$

- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

- Masse molaire atomique du chlore : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- On rappelle que $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

- Masse et numéro atomique (ou nombre de charge) de quelques particules et noyaux:

Particule ou noyau	proton	neutron	chlore 36	argon 36
Masse (10^{-27} kg)	1,672 62	1,674 92	59,711 28	
Z	1	0	17	18

0,25 1.1. Dans l'article, l'auteur indique des valeurs 35 et 37 pour les isotopes stables du chlore.

Que désignent plus précisément ces valeurs pour un noyau de chlore ?

35 et 37 représentent les nombres de masses. C'est à dire le **nombre de nucléons** (protons + neutrons) présents dans ces noyaux isotopes.

0,25 1.2. Définir le terme « isotopes ».

Des noyaux isotopes possèdent le **même nombre de protons mais un nombre de neutrons différent**.

0,25 1.3. Donner le symbole complet du noyau de « chlore 36 » et sa composition.

Le noyau ${}^{36}_{17}\text{Cl}$ contient **17 protons** et $36 - 17 =$ **19 neutrons**.

1.4. A propos d'énergie de liaison.

1.4.a. Qu'appelle-t-on l'énergie de liaison E_L d'un noyau ?

On appelle **énergie de liaison** d'un noyau l'énergie que doit **fournir** le milieu extérieur pour **séparer ce noyau** au repos en ses nucléons libres au repos.

C'est l'énergie qu'il faut pour **casser les liaisons** entre nucléons.

**0,25
BONUS**

1.4.b. Calculer, en MeV, l'énergie de liaison E_{L1} d'un noyau de « chlore 36 ».

défaut de masse = somme des masses des nucléons pris séparément – masse du noyau

$\Delta m = (Z \times m_p + (A-Z) \times m_n) - m({}^{36}_{17}\text{Cl})$ **(0,25)** où m_p = masse d'un proton, m_n masse d'un neutron

$E_{L1} = [(Z \times m_p + (A-Z) \times m_n) - m({}^{36}_{17}\text{Cl})] \cdot c^2$

$E_{L1} = [17 \times 1,67262 + 19 \times 1,67492 - 59,71128] \times 10^{-27} \times (2,998 \cdot 10^8)^2$

$E_{L1} = 0,54674 \times 10^{-27} \times (2,998 \cdot 10^8)^2$

$E_{L1} = 4,914 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

$E_{L1} =$ **306,7 MeV**

**0,75
BONUS**

(0,5)

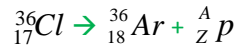
1.5. Le texte évoque la réaction de désintégration d'un noyau de « chlore 36 ».

Écrire l'équation de cette réaction, en indiquant :

- les lois utilisées ;
- le type de radioactivité mise en jeu.

Ecrivons l'équation « générale » de la transformation radioactive ayant lieu :

0,75



D'après les lois de Soddy :

Conservation du nombre de masse :

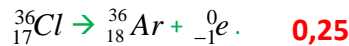
$$36 = 36 + A \quad \Leftrightarrow \quad A = 0$$

0,25

Conservation du nombre de charge :

$$17 = 18 + Z \quad \Leftrightarrow \quad Z = -1$$

Un électron est libéré au cours de cette désintégration, il s'agit de radioactivité de **type β^-** . (0,25) On obtient



1.6. A propos de temps de « demi-vie » $t_{1/2}$

1.6.a. Donner la définition du temps de « demi-vie » $t_{1/2}$ d'un noyau

La demi-vie radioactive, notée $t_{1/2}$, d'un échantillon de noyaux radioactifs est égale à la durée nécessaire pour que, statistiquement, la moitié des noyaux radioactifs présents dans l'échantillon se désintègrent. On a donc:

0,25

$$N(t + t_{1/2}) = \frac{N(t)}{2}$$

1.6.b. A partir de loi de décroissance radioactive rappelée ci-dessus, **montrer** que la relation entre le temps de demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ est :

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

$$N(t + t_{1/2}) = \frac{N(t)}{2}$$

$$N_0 e^{-\lambda(t+t_{1/2})} = \frac{N_0 e^{-\lambda t}}{2}$$

$$e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

$$e^{\lambda t_{1/2}} = 2$$

0,5

alors:

$$\lambda t_{1/2} = \ln(2)$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

1.6.c. Calculer la constante radioactive de l'isotope de « chlore 36 » en respectant l'unité de base du système international.

0,5

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{301 \times 10^3 \times 3,156 \times 10^7}$$

$$\lambda = 7,30 \times 10^{-14} \text{ s}^{-1}$$

1.7. Une bouteille contient un volume $V = 1,5 \text{ L}$ d'eau minérale. Sa teneur en ions chlorure est indiquée sur l'étiquette et vaut $c_m = 13,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

1.7.a. Montrer que la quantité d'ions chlorure, dans l'eau de cette bouteille est : $n(\text{Cl}^-) = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

La masse d'ion chlorure est :

0,5

$$m(\text{Cl}^-) = c_m \cdot V$$

Les électrons ayant une masse négligeable dans un atome ; $M(\text{Cl}^-) = M(\text{Cl})$

Ainsi

$$n(\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{Cl}^-)}{M(\text{Cl})}$$

$$n(\text{Cl}^-) = \frac{c_m \cdot V}{M(\text{Cl})}$$

$$n(\text{Cl}^-) = \frac{13,5 \cdot 10^{-8} \times 1,5}{35,5}$$

$$n(\text{Cl}^-) = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

1.7.b. On suppose que le rapport du nombre de noyaux de « chlore 36 » au nombre total de noyaux de chlore présents dans cette eau minérale est celui donné dans l'énoncé.

Montrer que le nombre N de noyaux de « chlore 36 » présents dans cette bouteille est $N = 2,4 \times 10^8$

"Le rapport du nombre de noyaux de Cl-36 au nombre total de noyaux de Cl présents dans l'environnement est de $7,0 \times 10^{-13}$ actuellement."

$$\text{soit } \frac{N}{N_T} = 7,0 \times 10^{-13}$$

$$\text{donc } N = 7,0 \times 10^{-13} \times N_T$$

$$N = 7,0 \times 10^{-13} \times n(\text{Cl}^-) \times N_A$$

$$N = 7,0 \times 10^{-13} \times 5,7 \cdot 10^{-4} \times 6,022 \cdot 10^{23}$$

$$N = 2,4 \times 10^8 \text{ noyaux}$$

0,5

1.7.c. Sachant que par définition, l'activité d'une source radioactive est définie par :

$$A = -\frac{dN}{dt}$$

Montrer que la relation entre l'activité A d'un échantillon et le nombre moyen de noyaux N présent dans cet échantillon, à une date t donnée : $A = \lambda \cdot N$

Par définition :

$$0,5 \quad A = -\frac{dN}{dt}$$

Or

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Ainsi

$$A = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$A = \lambda \cdot N$$

1.7.d. En déduire la valeur de l'activité en « chlore 36 » de l'eau que contient cette bouteille.

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot N(t)$$

$$A(t) = \frac{\ln 2}{301 \cdot 10^3 \times 3,156 \cdot 10^7} \times 2,4 \times 10^8$$

$$A(t) = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Bq}$$

ceci représente le nombre moyen de désintégrations de noyaux de chlore par seconde

0,5

1.7.e. En déduire la valeur du nombre de désintégrations de noyaux de « chlore 36 » par jour.

Soit D le nombre de désintégrations de noyaux de « chlore 36 » par jour:

$$D = A(t) \times 24 \times 3600$$

$$D = 1,75 \cdot 10^{-5} \times 24 \times 3600$$

$$D = 1,5$$

0,25

Ce nombre peut ne pas être entier puisqu'il s'agit d'une moyenne.

1.8. Datation d'une eau souterraine

L'étude des isotopes radioactifs apporte des informations concernant la durée du transit souterrain d'une eau c'est-à-dire l'âge de la nappe phréatique. Les ions chlorure $\text{Cl}^-_{(aq)}$ sont presque toujours présents dans les eaux minérales naturelles et ne sont que rarement impliqués dans les interactions eaux - rochers. **Dans les eaux de surface, le « chlore 36 » est renouvelé et la teneur en « chlore 36 » peut être supposée constante, ce qui n'est pas le cas dans les eaux souterraines des nappes phréatiques.** Le « chlore 36 », de demi vie $3,01 \times 10^5$ ans, est donc un traceur particulièrement adapté à l'étude des eaux souterraines anciennes.

Pour dater des eaux plus récentes, on peut utiliser le « carbone 14 », de demi-vie $5,73 \times 10^3$ ans, présent dans les ions carbonate CO_3^{2-} (aq) dissous par exemple.

1.8.a. Loi de décroissance radioactive.

On considère un échantillon, de volume V donné, d'eau issue d'une nappe phréatique.

On note :

- N_0 le nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » présents dans cet échantillon à l'instant de date $t_0 = 0$ s de la constitution de la nappe.

- $N(t)$ le nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » dans l'eau extraite aujourd'hui de cette nappe et donc non renouvelée en « chlore 36 ».

A partir de loi de décroissance radioactive rappelée ci-dessus, écrire la loi de décroissance radioactive liant $N(t)$, N_0 et $t_{1/2}$.

On sait que :

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Et

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

0,25

D'où

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$$

Ainsi

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln(2)t}{t_{1/2}}}$$

Remarque : on peut encore mettre cette égalité sous la forme :

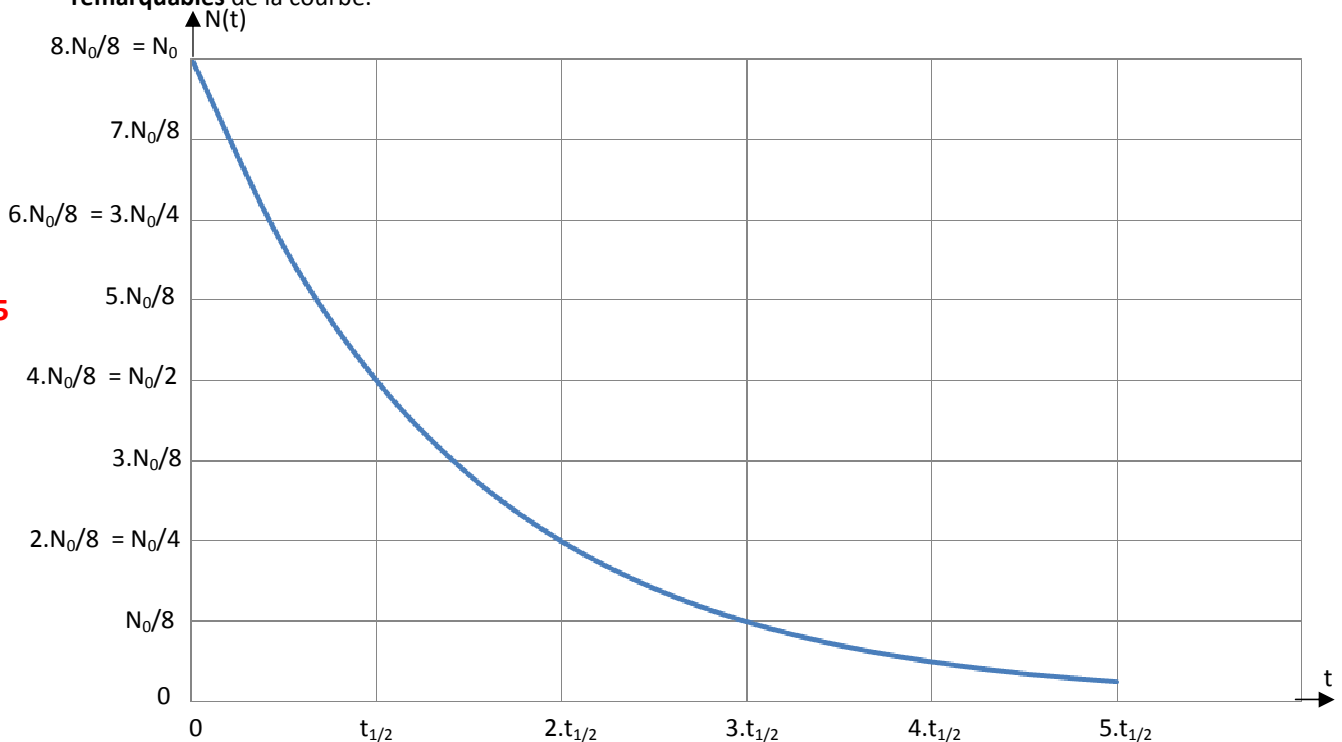
$$N(t) = N_0 \cdot (e^{\ln(2)})^{-\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

1.8.b. Tracer sur la courbe $N(t)$ en fonction de t sur le graphique ci-dessous. Vous représenterez au moins **4 points remarquables** de la courbe.

0,5



1.8.c. Datation d'une eau souterraine.

On admet que N_0 est égal au nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » présents dans un échantillon de même volume V d'eau de surface.

Déduire de la loi de décroissance écrite précédemment l'âge d'une nappe phréatique dont l'eau non renouvelée ne contient plus que 38 % du nombre de noyaux de « chlore 36 » trouvée dans les eaux de surface.

$$N(t) = \frac{38}{100} N_0 \quad \text{donc} \quad \frac{N(t)}{N_0} = 0,38$$

$$\frac{N_0 \cdot e^{-\lambda t}}{N_0} = 0,38$$

$$e^{-\lambda t} = 0,38$$

$$-\lambda t = \ln(0,38)$$

0,5

$$t = -\frac{\ln(0,38)}{\lambda}$$

A.N.

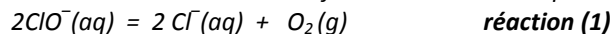
$$t = -\frac{\ln(0,38)}{7,30 \cdot 10^{-14}}$$

$$t = 1,3 \cdot 10^{13} \text{ s} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ ans}$$

2. Du chlore dans l'eau de Javel

L'eau de Javel, produit courant et bon marché, est une solution aqueuse contenant entre autres des ions hypochlorite $\text{ClO}^-_{(aq)}$ et des ions chlorure $\text{Cl}^-_{(aq)}$. Outre ses propriétés désinfectantes (c'est un bactéricide puissant), l'eau de javel est utilisée pour son pouvoir « blanchissant », lié à l'action oxydante de l'ion hypochlorite sur de nombreux colorants.

L'eau de Javel se décompose lentement selon une transformation modélisée par la réaction d'équation :



On se propose d'étudier la décomposition d'une eau de Javel.

Pour suivre l'évolution de cette transformation, on dilue une solution commerciale S_0 afin d'obtenir un volume $V = 250 \text{ mL}$ d'une solution S_1 d'eau de Javel dix fois moins concentrée que S_0 . On verse $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution S_1 dans un ballon.

À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ où l'on déclenche le chronomètre, on ajoute, sans variation de volume, une pointe de spatule de chlorure de cobalt dans la solution et on bouche le ballon. L'ion cobalt $\text{Co}^{2+}_{(aq)}$ est un catalyseur de la réaction (1).

Pour suivre l'évolution de la transformation qui se déroule, on mesure, avec un dispositif adapté, la pression p du gaz dans le ballon.

On néglige la quantité de dioxygène dissoute dans l'eau par rapport à la quantité de dioxygène produite. La température T est maintenue constante et le volume V_0 occupé par le gaz dans le ballon est constant : $T = 296 \text{ K}$ et $V_0 = 275 \text{ mL}$

$t \text{ (min)}$	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	8,0	11,0	13,0	...	145	427	1308	1757	1896
$p(t) \text{ (} 10^2 \text{ Pa)}$	1020	1038	1038	1055	1063	1068	1078	1084	1086	...	1103	1108	1111	1112	1112

La verrerie mise à disposition est en partie la suivante :

- fioles jaugées de 50 mL, 100 mL, 200 mL, 250 mL, 500 mL ;
- pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- pipettes graduées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- éprouvettes graduées de 10 mL, 20 mL, 250 mL, 500 mL.

2.1. Quels matériels, pris dans la verrerie mise à disposition, doit-on utiliser pour préparer S_1 ? **Attention, on attend de l'élève des calculs clairs et justifiés.**

Solution commerciale S_0 : c_0 ; V_0 volume de la solution mère prélevé.

Solution fille S_1 : $c_1 = \frac{c_0}{10}$ car S_1 est dix fois moins concentrée que S_0 ; $V = 250 \text{ mL}$ (volume de la solution à fabriquer)

Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve (0,25) soit

$$c_0 \cdot V_0 = c_1 \cdot V$$

0,75

$$\text{alors} \quad c_0 \cdot V_0 = \frac{c_0}{10} \cdot V$$

$$\text{D'où finalement} \quad V_0 = \frac{V}{10} = 25 \text{ mL (0,25)}$$

On utilisera une pipette jaugée de 25 mL pour prélever le volume V_0 . On effectue la dilution dans une fiole jaugée de 250 mL. (0,25)

2.2. Donner le protocole expérimental de la dilution.

0,25

- On prélève 25 mL de solution mère, en utilisant une pipette jaugée de 25 mL.
- On introduit ce prélèvement dans une fiole jaugée de 250 mL.
- On ajoute de l'eau pour remplir la fiole jaugée au 2/3. On mélange.
- On termine d'ajouter l'eau à la pipette simple jusqu'au trait de jauge. On mélange de nouveau.

2.3. Avancement de la réaction

2.3.a. On note :

- n_1 la quantité initiale d'ions hypochlorite dans le volume V_1 de solution dans le ballon ;
- n_2 la quantité initiale d'ions chlorure dans ce même volume de solution ;
- n_3 la quantité initiale de dioxygène présent dans le ballon.

Compléter le tableau d'évolution du système chimique, **ci-dessous** (aucune application numérique n'est demandée).

0,5

		2 ClO ⁻ _(aq) = 2 Cl ⁻ _(aq) + O ₂ (g)		
État du système	Avancement en mol	Mol de ClO ⁻	Mol de Cl ⁻	Mol de O ₂
État initial	X=0	n_1	n_2	n_3
Au cours de la transformation	X	$n_1 - 2x$	$n_2 + 2x$	$n_3 + x$

2.3.b. En supposant que le dioxygène O_{2(g)} est un gaz parfait, on montre que l'expression de l'avancement $x(t)$ de la réaction à l'instant de date t en fonction de $p(t)$, $p(t_0=0)$, T et V_0 est :

$$x(t) = \frac{[p(t) - p(t_0=0)] \cdot V_0}{R \cdot T} \text{ avec } R = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

0,5

Calculer $x(t_1)$ à l'instant de date $t_1 = 11,0$ min.

$$x(t_1) = \frac{[p(t_1) - p(t_0=0)] \cdot V_0}{R \cdot T} \quad \text{!!! convertir } V_0 \text{ en m}^3 \text{ !!!}$$

$$x(t_1) = \frac{[1084 \times 10^2 - 1020 \times 10^2] \times 275 \times 10^{-6}}{8,314 \times 296} = 7,15 \times 10^{-4} \text{ mol (la formule est donnée : c'est 0,5 si résultat faux à cause}$$

oubli m³ et 0,25 si OK sauf CS ou unité absente)

Il faut penser à vérifier cette valeur sur le graphe $x = f(t)$.

2.4. Exploitation des résultats : vitesse de réaction

À partir des valeurs calculées de l'avancement x , on trace la courbe de l'annexe (à rendre avec la copie) Elle représente l'évolution, au cours du temps, de l'avancement x de la réaction qui se déroule dans le ballon.

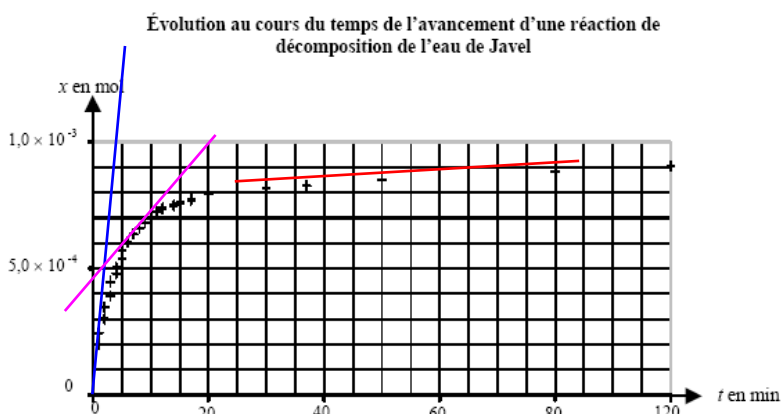
2.4.a. Définir à l'instant de date t , par une relation littérale, la vitesse $v(t)$ de la réaction qui a lieu dans le ballon.

0,25

Vitesse volumique de réaction: $v = \frac{1}{V_1} \cdot \frac{dx}{dt}$ où V_1 est le volume réactionnel supposé constant, et x est l'avancement chimique.

2.4.b. Comment évolue $v(t)$ au cours du temps ? Justifier la réponse, sans calcul, en utilisant le graphique.

Le terme $\frac{dx}{dt}$ est égal au coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de la fonction $x = f(t)$ à la date t .



- 0,5 Donc la vitesse est proportionnelle à ce coefficient directeur.
 0,5 On constate que ce coefficient diminue au cours du temps, donc **v diminue**.

2.4.c. Citer le facteur cinétique responsable de l'évolution de la vitesse $v(t)$ de la réaction au cours du temps.

- 0,25 Au cours du temps, la concentration en ions ClO^- diminue puisqu'ils sont décomposés.
 La **concentration en réactifs** est, ici, le facteur cinétique responsable de la diminution de $v(t)$.

2.4.d. Définir le temps de demi-réaction.

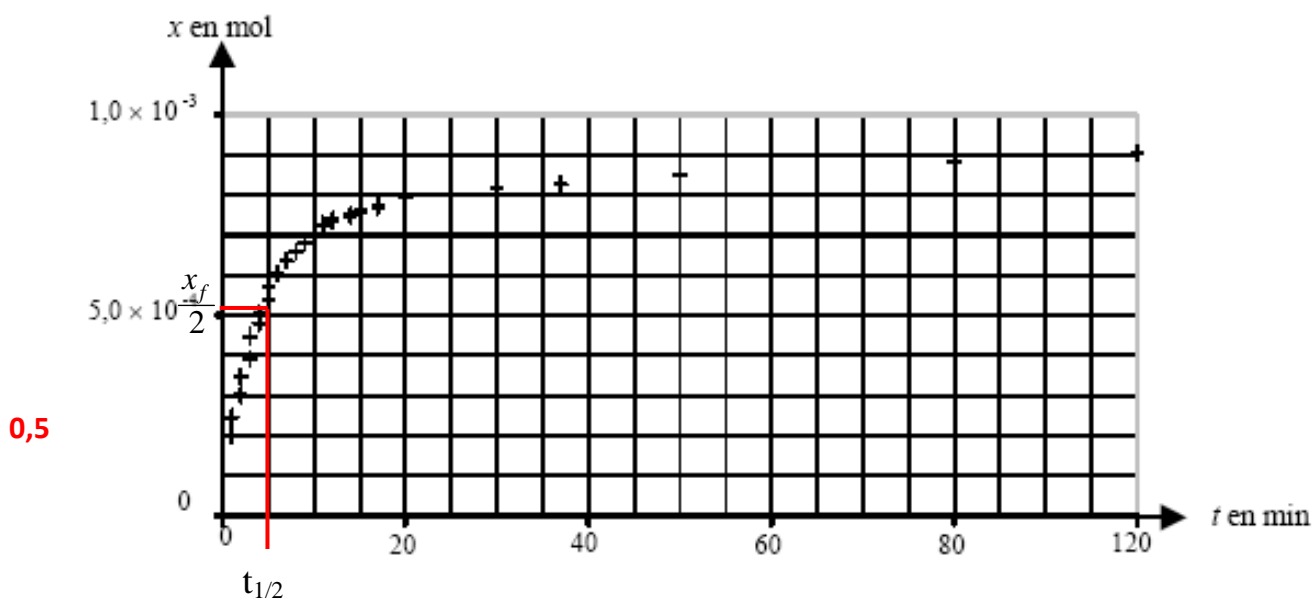
Temps de demi réaction : Il s'agit de la durée nécessaire pour que l'avancement x atteigne la moitié de sa valeur finale.

0,25
$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{\text{final}}}{2}$$

2.4.e. La valeur de l'avancement final déterminée expérimentalement est $X_f = 1,04 \cdot 10^{-3}$ mol.

En utilisant cette valeur, déterminer graphiquement une valeur approchée du temps de demi-réaction. On fera apparaître clairement, sur la courbe **de l'annexe (à rendre avec la copie)**, la méthode utilisée.

Évolution au cours du temps de l'avancement d'une réaction de décomposition de l'eau de Javel



D'après la définition :

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2} = \frac{1,04 \times 10^{-3}}{2} = 5,20 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

On voit, sur la figure, que :

$t_{1/2} = 5 \text{ min}$ (0 si pas construction graphique, 0,25 si CS incohérents)

2.5. Exploitation des résultats : réaction totale ?

Sachant que la concentration **initiale** en ion hypochlorite dans la solution S_1 est $[\text{ClO}^-]_i = 1,5 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

2.5.a. Montrer que $n_1 = 3,0 \cdot 10^{-3}$ mol

0,25

$$n_1 = [\text{ClO}^-]_i \cdot V_1$$

$$n_1 = 1,5 \cdot 10^{-1} \times 20,0 \cdot 10^{-3}$$

$$n_1 = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

2.5.b. Déterminer alors la valeur de X_{max} de la transformation envisagée.

Si la réaction est totale, ClO^- est le réactif limitant, puisque c'est le seul réactif.

0,25

On en déduit que

$$n_f(\text{ClO}^-) = 0 = n_1 - 2 \cdot X_{\text{max}}$$

D'où

$$X_{\text{max}} = n_1 / 2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

2.5.c. Définir et calculer la taux d'avancement final d'une transformation chimique τ_f . On rappelle que l'avancement final est $X_f = 1,04 \cdot 10^{-3}$ mol.

Le taux d'avancement final est défini par le rapport : $\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}}$ (0,25)

0,5

A.N.

$$\tau_f = \frac{1,04 \cdot 10^{-3}}{3,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$\tau_f = 0,35 \quad (0,25 \text{ si CS OK})$$

0,25

2.5.d. La transformation chimique est-elle totale ?

$\tau_f < 1$ la transformation n'est donc pas totale.

2.5.e. Comment peut-on expliquer microscopiquement (ou dynamiquement) qu'une transformation chimique atteigne un état d'équilibre ?

0,25

Quand l'état final est atteint, les quantités de matière des réactifs et des produits n'évoluent plus, mais cela ne signifie pas pour autant qu'il n'y a plus de réaction : en réalité la réaction continue de se produire dans le sens direct, mais ceci est compensé par le fait qu'elle se produit également en sens indirect, à la même vitesse. Ainsi, si macroscopiquement le système est en état d'équilibre, microscopiquement, des entités chimiques continuent de disparaître ou d'apparaître.

EXERCICE 2 : ONDE A LA SURFACE D'UN PLAN D'EAU TOTAL EXO 2 : 5

Le gerris est un insecte que l'on peut observer sur les plans d'eau calmes de certaines rivières. Très léger cet insecte évolue sur la surface en ramant avec ses pattes.

Malgré sa discrétion, sa présence est souvent trahie par des ombres projetées sur le fond. Ces ombres (figure 1) sont la conséquence de la déformation de la surface de l'eau au contact de l'extrémité des six pattes de l'insecte (figure 2).

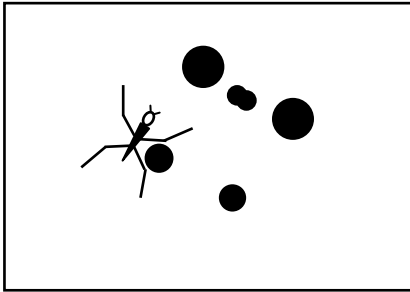


Figure 1



Figure 2

1. Définir une onde mécanique progressive.

0,5

On appelle onde mécanique progressive le phénomène de **propagation d'une perturbation** de proche en proche dans un **milieu matériel**, (0,25) **sans déplacement de matière mais avec transfert d'énergie.** (0,25)

2. Quel dispositif utilisé en classe pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau est également basé sur la projection d'ombres ?

0,25 La **cuve à ondes** est utilisée en classe pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau.

Les déplacements de l'insecte génèrent des ondes à la surface de l'eau qui se propagent dans toutes les directions offertes par le milieu. Le schéma (figure 3) donne une vue en coupe de l'onde créée par une patte du gerris à la surface de l'eau à un instant t .

O est le point source : point de surface où est créée l'onde.

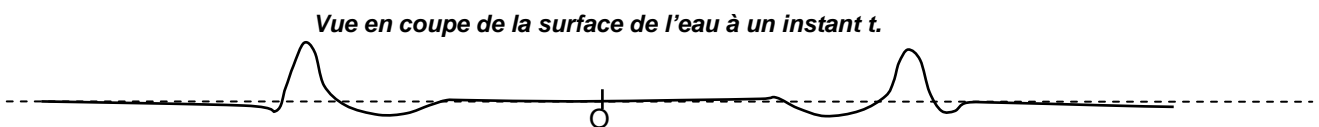


Figure 3

3. L'onde générée par le déplacement du gerris peut-elle être qualifiée de transversale ou de longitudinale ? Justifier la réponse.

0,5

L'onde générée par le gerris est **transversale** (0,25), en effet la **direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.** (0,25 pour justificaion)

4. Un brin d'herbe flotte à la surface de l'eau. Décrire son mouvement au passage de l'onde.

④ à l'instant $t + t_1 + t_2 + t_3 + t_4$:

Le brin d'herbe retrouve sa position initiale.

Il n'y a pas eu transport de matière, seulement un déplacement temporaire

② à l'instant $t + t_1 + t_2$:
le brin d'herbe remonte

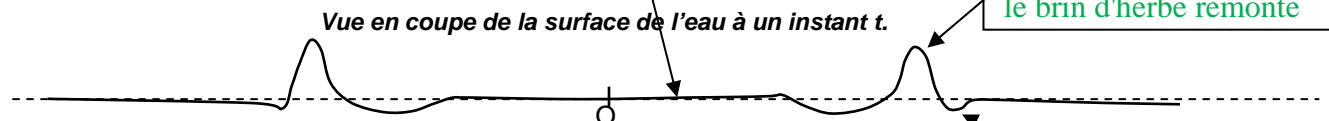


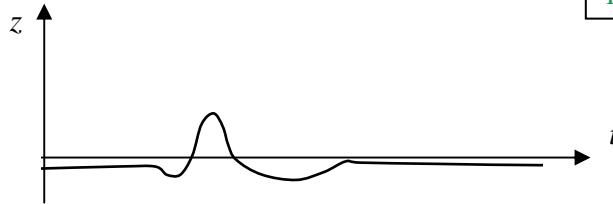
Figure 3

① à l'instant $t + t_1$:
le brin d'herbe descend

③ à l'instant $t + t_1 + t_2 + t_3$:
le brin d'herbe redescend

0,5

Mouvement du brin d'herbe suivant un axe vertical Oz :



5. La surface de l'eau est photographiée à deux instants différents. Le document suivant est à l'échelle 1/100e (figure 4). Calculer la célérité de l'onde.

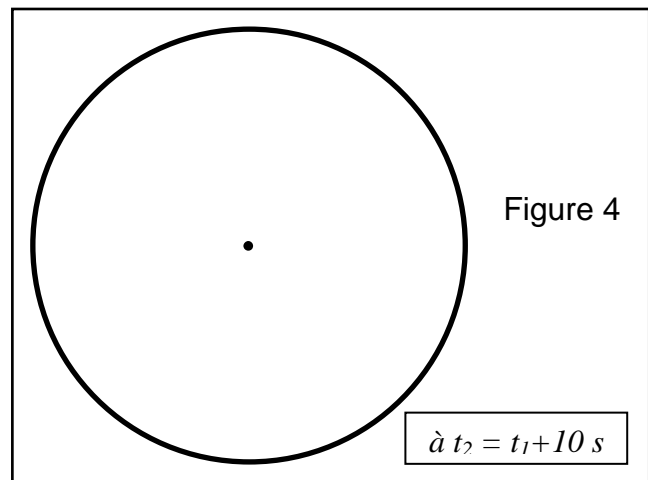
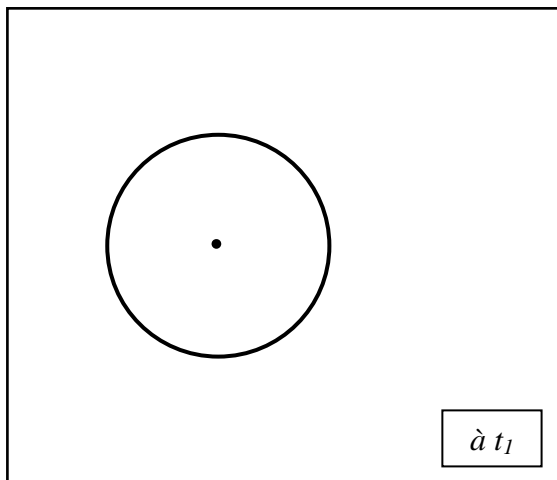


Figure 4

Distance entre la source vibratoire et la perturbation :

à la date t_1 : $d_1 = 1,0 \text{ cm}$ (sur la figure)

à la date t_2 : $d_2 = 2,0 \text{ cm}$ (sur la figure).

Pendant une durée $\Delta t = t_2 - t_1 = 10 \text{ s}$, l'onde a parcouru une distance $d = d_2 - d_1$

$d = 1,0 \times 100 = 1,0 \times 10^2 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$

(on multiplie par 100 pour tenir compte de l'échelle)

0,5

Soit pour la célérité de l'onde : $v = \frac{d}{\Delta t}$

$$v = \frac{1,0}{10} = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{ou } v = 10 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

(0,25 en moins si CS faux et 0,25 en moins si unité fautive ou absente)

Un petit papillon tombé à l'eau est une proie facile pour le gerris. L'insecte prisonnier de la surface crée en se débattant des trains d'ondes sinusoïdales. La fréquence de battements des ailes du papillon est de 5,0 Hz ce qui génère des ondes de même fréquence à la surface de l'eau (figure 5).

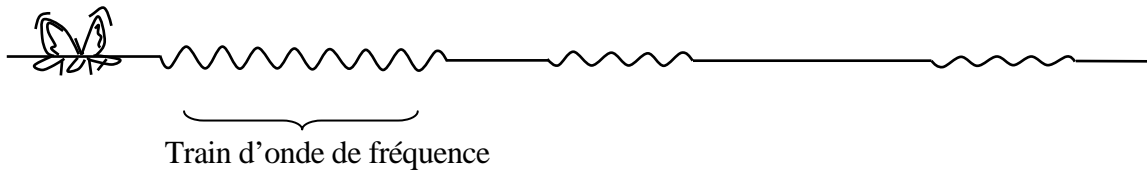
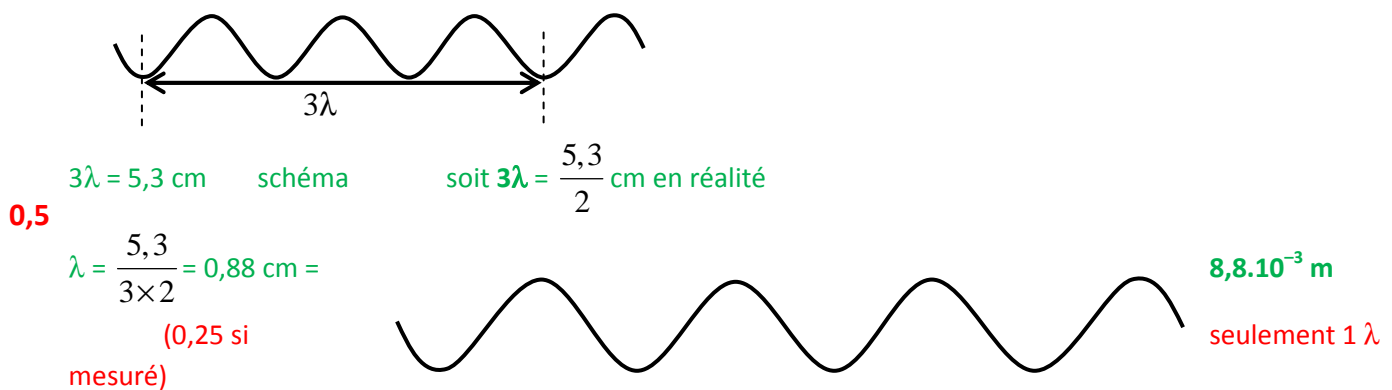


Figure 5

6. Déterminer la longueur d'onde de l'onde émise par le papillon en utilisant la coupe de la surface de l'eau à l'échelle 2 (figure 6).

Figure 6



7. Montrer que la célérité de cette onde est de 4,4 cm.s⁻¹.

$\lambda = \frac{v}{\nu}$ donc $v = \lambda \times \nu$

$v = 0,88 \times 5,0 = 4,4 \text{ cm.s}^{-1}$

8. Un train d'ondes émis par le papillon arrive sur un obstacle constitué de deux galets émergeant de l'eau. Voir figure 7 en annexe 4 à rendre avec la copie.

8.1. Quel doit être l'ordre de grandeur de la distance entre les deux galets émergeant de l'eau pour que le gerris placé comme l'indique la figure 7 (annexe 4) ait des chances de détecter le signal de détresse généré par le papillon ?

Plus la distance entre les galets est faible face à la longueur d'onde et plus le phénomène de diffraction sera accentué. La longueur d'onde a pour ordre de grandeur 10^{-2} m , l'ouverture doit avoir le même ordre de grandeur ou un ordre de grandeur plus faible.

8.2. Quel nom donne-t-on à ce phénomène propre aux ondes ?

Il y a diffraction de l'onde par le trou formé entre les galets.

8.3. Compléter avec le maximum de précisions la figure 7 (annexe) en représentant l'allure de la forme de l'onde après le passage de l'obstacle.

La longueur d'onde n'est pas modifiée par la diffraction. L'ouverture se comporte comme une source d'onde secondaire.

La concurrence est rude sur le plan d'eau entre trois gerris ...

Les extrémités de leurs pattes antérieures, situées près de leurs antennes (zone de détection), leur permettent de déterminer la direction et le sens de la propagation de l'onde émise par une proie.

9. Le papillon se débat à une distance $d_1 = 6,0 \text{ cm}$ du gerris n°1.

L'onde générée par le papillon a mis $1,0 \text{ s}$ pour parvenir au gerris n°2.

Le gerris n°3 détecte cette même onde avec un retard de $1,5 \text{ s}$ sur le gerris n°2.

9.1. Déterminer la distance d_2 entre le papillon et le gerris n°2.

L'onde générée par le papillon a mis $1,0 \text{ s}$ pour parvenir au gerris n°2 et ce en se propageant à la célérité $v = 4,4 \text{ cm.s}^{-1}$.

0,25

$$v = \frac{d_2}{\Delta t} \text{ soit } d_2 = v \cdot \Delta t$$

$$d_2 = 4,4 \times 1,0 = 4,4 \text{ cm.}$$

9.2. Déterminer la distance d_3 entre le papillon et le gerris n°3.

Nommons τ le retard, $\tau = \frac{d_3 - d_2}{v}$ (0,25 pour expression littérale)

$$d_3 - d_2 = v \cdot \tau$$

0,5

$$d_3 = v \cdot \tau + d_2$$

$$d_3 = 4,4 \times 1,5 + 4,4 = 11,0 \text{ cm} \text{ (0,25 pour résultat)}$$

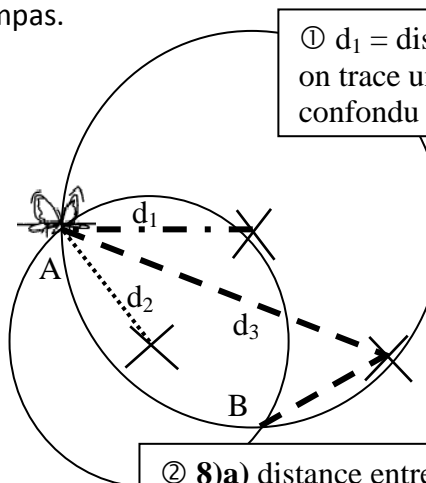
9.3. Déterminer sur la **figure 8**, en annexe 5 à rendre avec la copie, la position du papillon à l'aide d'un compas.

① $d_1 =$ distance papillon - gerris n°1 = $6,0 \text{ cm}$
on trace un cercle de rayon 6 cm dont le centre est confondu avec le gerris n°1.

③ Le gerris n°3 détecte cette même onde avec un retard de $1,5 \text{ s}$ sur le gerris n°2.
Le gerris n°3 est plus éloigné du papillon que ne l'est le gerris n°2.
Il ne reste alors qu'une seule position possible pour le papillon. (position A: voir schéma)

0,5

(On met 0,5 si construction OK même sans explications ?)



② **8)a)** distance entre le gerris n°2 et le papillon $d_2 = 4,4 \text{ cm}$.
On trace un cercle de rayon $4,4 \text{ cm}$ dont le centre est confondu avec le gerris n°2.
Il reste deux positions possibles pour le papillon. (A ou B)