DEVOIR SURVEILLE DS 2
MARDI 19 OCTOBRE 2004

Exercice 1 : Onde à la surface de l'eau.

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

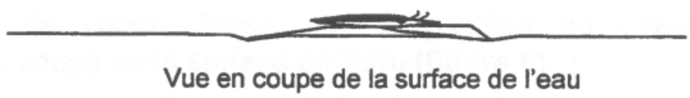


Figure 2

1. 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 ?

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 la surface où est créée l'onde.*

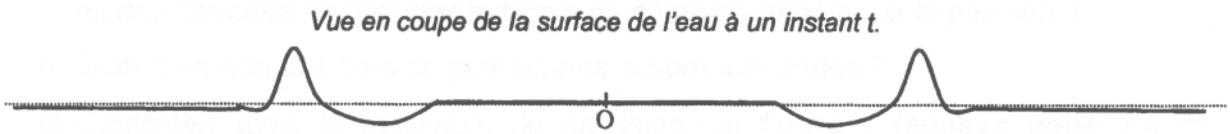


Figure 3

2. L'onde générée par le déplacement du gerris peut-elle être qualifiée de transversale ou de longitudinale ? Justifier la réponse.
3. Un brin d'herbe flotte à la surface de l'eau. Décrire son mouvement au passage de l'onde.
4. La surface de l'eau est photographiée à deux instants différents. Le document suivant est à l'échelle 1/100^{e} (figure 4). Calculer la célérité de l'onde.

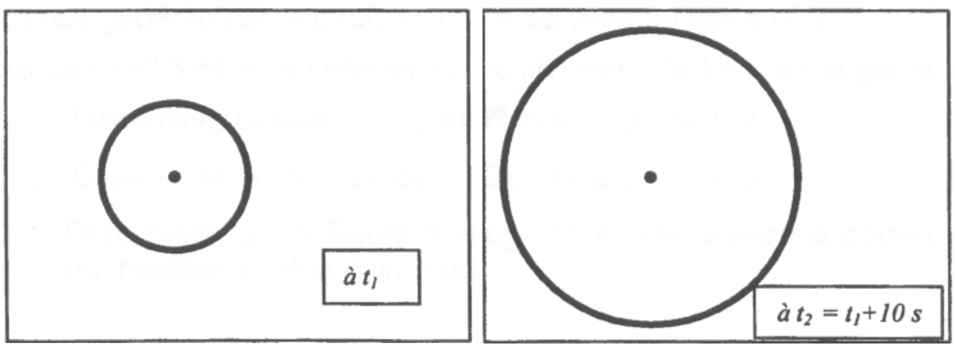


Figure 4

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**).

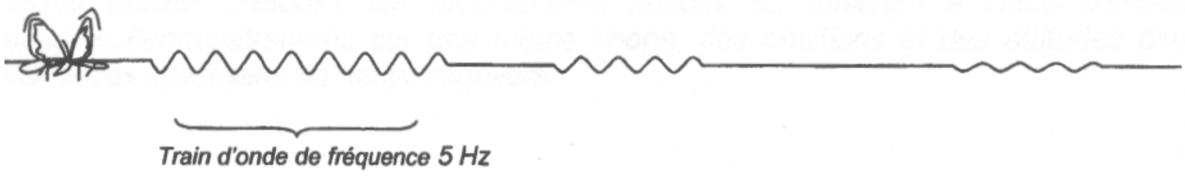


Figure 5

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

Figure 6

6. Montrer que la célérité de cette onde est de 4,4 $cm.s^{-1}$.
7. Un train d'ondes émis par le papillon arrive sur un obstacle constitué de deux galets émergeant de l'eau. Voir **figure 7 (annexe page 5 à rendre avec la copie).**
   a. 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 page 5),** ait des chances de détecter le signal de détresse généré par le papillon ?
   b. Quel nom donne-t-on à ce phénomène propre aux ondes ?
   c. Compléter avec le maximum de précisions la **figure 7 (annexe page 5)** en représentant l'allure de la forme de l'onde après le passage de l'obstacle.

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 propagation de l'onde émise par une proie.

8. Le papillon se débat à une distance d_1 = 6 cm du gerris n° 1.
   L'onde générée par le papillon a mis 1,0 s pour parvenir au gerris n° 2.
   Le gerris n° 3 détecte cette même onde avec un retard de 1,5 s sur le gerris n° 2.
   a. Déterminer la distance d_2 entre le papillon et le gerris n° 2.
   b. Déterminer la distance d_3 entre le papillon et le gerris n° 3.
   c. Déterminer, sur **la figure 8 (annexe page 5 à rendre avec la copie),** la position du papillon à l'aide d'un compas.

EXERCICE 2 : CHIMIE ET SPELEOLOGIE

Dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire sur le thème de la spéléologie, des élèves de terminale doivent faire l'exploration d'une grotte où ils risquent de rencontrer des nappes de dioxyde de carbone CO_2. A teneur élevée, ce gaz peut entraîner des évanouissements et même la mort. Le dioxyde de carbone est formé par action des eaux de ruissellement acides sur le carbonate de calcium $CaCO_3$ présent dans les roches calcaires.
Le professeur de chimie leur propose d'étudier cette réaction.

Données :

- température du laboratoire au moment de l'expérience : 25°C soit T = 298 K ;
- pression atmosphérique : $P_{atm} = 1,020.10^5$ Pa ;
- loi des gaz parfaits : p.v = n.R.T ;
- constante des gaz parfaits : R = 8,31 SI ;
- masses molaires atomiques, $M_{Ca} = 40$ g.mol^{-1} ;
- densité d'un gaz par rapport à l'air : $d = \frac{M}{29}$ où M est la masse molaire du gaz.

Dans un ballon, on réalise la réaction entre le carbonate de calcium $CaCO_{3(s)}$ et l'acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-_{(aq)}$).
Le dioxyde de carbone formé est recueilli, par déplacement d'eau, dans une éprouvette graduée.
Un élève verse dans le ballon un volume V_s = 100 mL d'acide chlorhydrique à 0,10 moL.L^{-1}.
A la date t = 0 s, il introduit rapidement dans le ballon 2,0 g de carbonate de calcium $CaCO3_{(s)}$ tandis qu'un camarade déclenche un chronomètre. Les élèves relèvent les valeurs du volume V_{CO2} de dioxyde de carbone dégagé en fonction du temps. Elles sont reportées dans le tableau ci-dessous. La pression du gaz est égale à la pression atmosphérique.

t(s)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
V_{CO2} (mL)	0	29	49	63	72	79	84	89	93	97	100	103	106	109	111	113	115	117

t(s)	360	380	400	420	440
V_{CO2} (mL)	118	119	120	120	121

La réaction chimique étudiée peut être modélisée par l'équation :

$$CaCO_{3(s)} + 2\ H_3O^+ \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + CO_{2(g)} + 3\ H_2O_{(l)}$$

1. Calculer la densité par rapport à l'air du dioxyde de carbone $CO_{2(g)}$. Dans quelles parties de la grotte ce gaz est-il susceptible de s'accumuler ?
2. Déterminer les quantités de matière initiales de chacun des réactifs.
3. Dresser le tableau d'avancement de la réaction. En déduire la valeur x_{max} de l'avancement maximal. Quel est le réactif limitant ?
4.
   a. Exprimer l'avancement x de la réaction à une date t en fonction de V_{CO2},T, P_{atm} et R. Calculer sa valeur numérique à la date t = 20 s.
   b. Calculer le volume maximum de gaz susceptible d'être recueilli dans les conditions de l'expérience. La transformation est-elle totale ?
5. Les élèves ont calculé les valeurs de l'avancement x et reporté les résultats sur le graphe donné en **annexe page 6** (à rendre avec la copie).

a. Donner l'expression de la vitesse volumique de réaction en fonction de l'avancement x et du volume V_s de solution. Comment varie la vitesse volumique au cours du temps ? Justifier à l'aide du graphe.

b. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Déterminer graphiquement sa valeur sur **l'annexe page 6**.

6. La température de la grotte qui doit être explorée par les élèves est inférieure à 25°C.

   a. Quelle est l'effet de cet abaissement de température sur la vitesse volumique de réaction à la date t = 0 s ?

   b. Tracer, sur **l'annexe page 6**, l'allure de l'évolution de l'avancement en fonction du temps dans ce cas.

7. La réaction précédente peut être suivie en mesurant la conductivité σ de la solution en fonction du temps.

   a. Faire l'inventaire des ions présents dans la solution. Quel est l'ion spectateur dont la concentration ne varie pas ?

   b. On observe expérimentalement une diminution de la conductivité. Justifier sans calcul ce résultat connaissant les valeurs des conductivités molaires des ions à 25°C :
   λ_{H3O+} = 35,0 $mS.m^2.mol^{-1}$;
   λ_{Ca2+} = 12,0 $mS.m^2.mol^{-1}$;
   λ_{Cl-} = 7,5 $mS.m^2.mol^{-1}$.

   c. Calculer la conductivité σ de la solution à l'instant de date t = 0 s.

   d. Montrer que la conductivité est reliée à l'avancement x par la relation : $\sigma = 4{,}25 - 580\,x$.

   e. Calculer la conductivité de la solution pour la valeur maximale de l'avancement.

ANNEXE
A RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 1

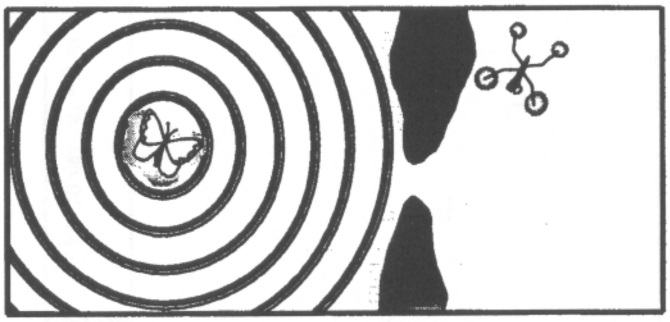


Figure 7

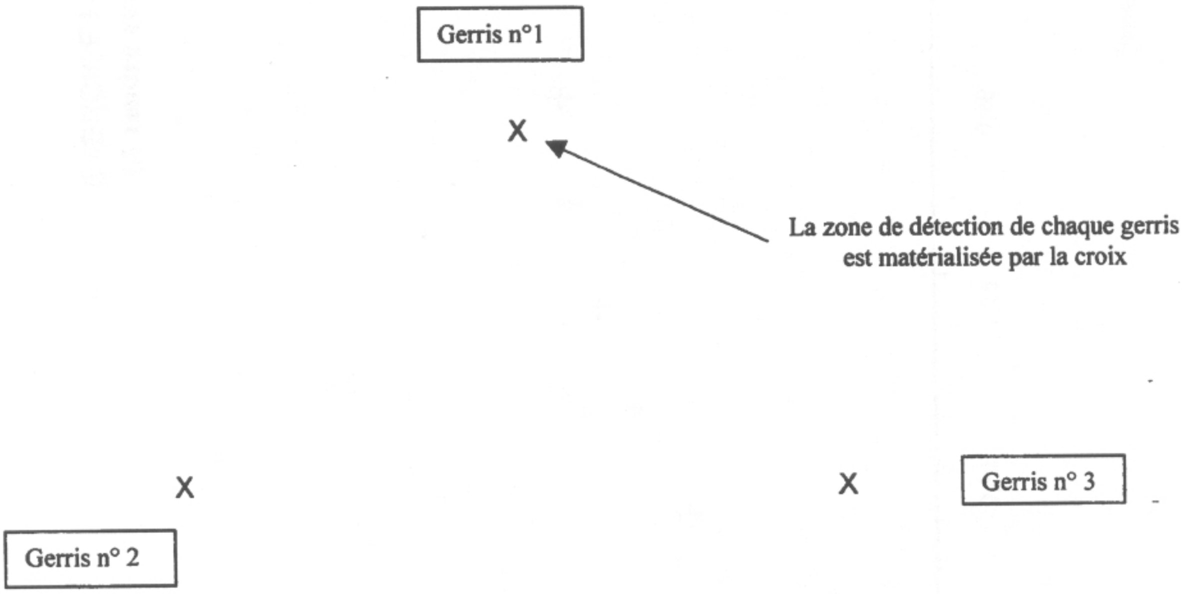
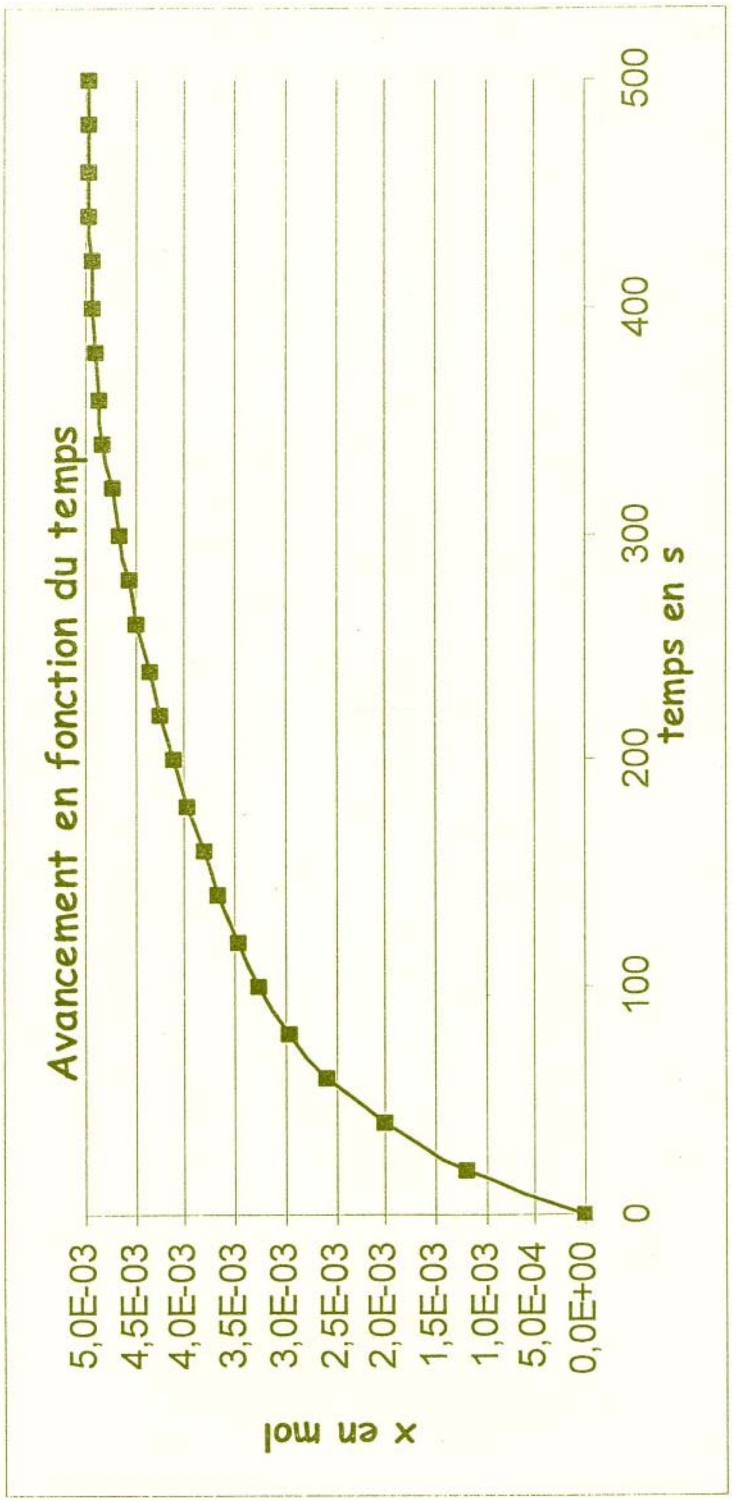


Figure 8

ANNEXE
A RENDRE AVEC LA COPIE

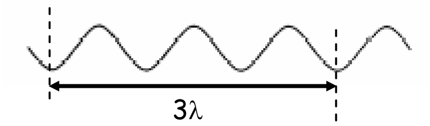
EXERCICE 2



CORRECTION DS 2

EXERCICE 1 : PHYSIQUE SUR UN PLAN D'EAU

1. La cuve à ondes est utilisée en classe pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau.
2. L'onde est transversale, la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.
3. Le brin d'herbe va suivre le déplacement occasionné par la perturbation (donc subir un déplacement vertical par rapport à a sa position initiale) puis une fois la perturbation passée revenir à sa position initiale.
4. Graphiquement, on voit que l'onde a parcouru 1,0 cm en 10 s. En utilisant l'échelle du schéma, on a : $d_{réelle} = d_{mes} \times 100$. Ainsi, la célérité de l'onde est égale à : $c = \frac{d_{réelle}}{\Delta t} = \frac{100 \times d_{mes}}{\Delta t} = 10\ cm.s^{-1}$.
5. Soit deux points M_1 et M_2 vibrant en phase. Par définition, $M_1M_2 = k\lambda$. On mesure la valeur de plusieurs λ afin de minimiser l'erreur de mesure.
   On lit : $3_{\lambda mes} = 5{,}15$ cm, soit : $\lambda_{réelle} = \frac{5{,}15}{3} \times \frac{1}{2} = 8{,}6$ mm.



6. Par définition, $v = \lambda \times \nu = 0{,}86 \times 5{,}0 = 4{,}3\ cm.s^{-1}$.
   On trouve une valeur proche de celle donnée dans l'énoncé.
7.
   a. D'après la position du gerris, celui-ci ne peut détecter le papillon que par diffraction. La distance entre les deux galets doit avoir le même ordre de grandeur que la longueur d'onde de l'onde générée par les ailes du papillon. Soit un ordre de grandeur de 10^{-2} m.
   b. L'onde émise par le papillon est diffractée par les galets. Le phénomène physique est la diffraction des ondes mécaniques.
   c. A l'issue de l'obstacle, l'onde émise est une onde circulaire, de même fréquence que l'onde initiale. Son ouverture angulaire est égale à 2θ où θ est tel que $\sin\theta = \frac{\lambda}{a}$.
8. D'après l'énoncé, le papillon se trouve sur une cercle de rayon 6 cm autour du gerris n°1.
   a. On trace un cercle de rayon $d_2 = c\Delta t = 4{,}4$ cm centré sur le gerris n°2.
   b. Par définition, $\tau = \frac{d_3 - d_2}{c}$. Ainsi, $d_3 = d_2 + c\tau = 11$ cm. On trace donc un cercle de rayon 11 cm centré sur le gerris n°3.
   c. Le point d'intersection des trois cercles donne la position du papillon.

EXERCICE 2 : CHIMIE ET SPELEOLOGIE

1. On utilise la relation de l'énoncé avec $M = 44\ g.mol^{-1}$. On trouve $d = 1{,}5$. Le dioxyde de carbone est plus dense que l'air, il est susceptible de s'accumuler dans les parties basses de la grotte.
2. D'après les données, $n_{H+} = cV = 1{,}0.10^{-2}$ mol et $n_{CaCO3} = \frac{m}{M} = 2{,}0.10^{-2}$ mol.
3. On obtient :

	Avancement (mol)	$CaCO_{3(s)}$	$2\ H_3O^+$	$Ca^{2+}_{(aq)}$	$CO_{2(g)}$	$3\ H_2O_{(l)}$
Etat initial	$x = 0$	$2{,}0.10^{-2}$	$1{,}0.10^{-2}$	0	0	Solvant
Etat intermédiaire	x	$2{,}0.10^{-2} - x$	$1{,}0.10^{-2} - 2\ x$	x	x	Solvant
Etat final	x_m	$2{,}0.10^{-2} - x_{max}$	$1{,}0.10^{-2} - 2\ x_{max}$	x_{max}	x_{max}	Solvant

On voit, d'après le tableau, que l'acide chlorhydrique constitue le réactif limitant.
Ainsi, on obtient pour x_{max} : $x_{max} = 5{,}0.10^{-3}$ mol.

4.

a. Puisque la pression du CO_2 est égale à la pression atmosphérique p_{atm}, on a :

$n_{CO2} = x = \frac{p_{atm}V_{CO2}}{RT}$. A t = 20 s, V_{CO2} = 29 mL = $2{,}9.10^{-5}$ m^3, on a : $x = 1{,}2.10^{-3}$ mol.

b. Dans les conditions expérimentales, le volume maximal de gaz susceptible d'être recueilli est égal à : $V_{CO2} = \frac{x_{max} RT}{p_{atm}} = 1{,}2.10^{-4}$ m^3 = $1{,}2.10^2$ mL. La transformation est totale puisqu'on voit que le volume récupéré tend vers la valeur de 121 mL.

5.

a. Par définition, $V = \frac{1}{V_s}\frac{dx}{dt}$ avec x avancement de la réaction. Sa valeur à l'instant t est égale au produit de $\frac{1}{V_s}$ par le coefficient directeur de la tangente à la courbe x = f(t). C'est une grandeur toujours positive.

On constate que la courbe tend vers une asymptote horizontale et que les coefficients directeurs des tangentes à la courbe tendent vers 0. Ainsi, v diminue au cours de la réaction et tend vers 0.

b. Par définition, $t_{1/2}$ correspond au temps au bout duquel $x = \frac{x_{max}}{2}$. Graphiquement, on lit $t_{1/2} \approx 57$ s.

6.

a. L'abaissement de la température va conduire à une diminution de la valeur de la vitesse de réaction à l'instant t = 0.

b. La courbe obtenue se trouve, pour tout t, en dessous de la courbe de l'énoncé.

7.

a. Les ions présents en solution sont : H_3O^+, Cl^-, Ca^{2+} ainsi que HO^- qui sont ultraminoritaires dans les conditions de pH de l'expérience. Seuls les ions chlorure ne participent pas à la transformation et constituent les ions spectateurs.

b. Au cours de la transformation, deux ions oxonium sont remplacés par un ion calcium de conductivité molaire ionique trois plus faible. La concentration des ions chlorure restant constante, la conductivité de la solution va donc diminuer.

c. A t = 0 s, on suppose que la transformation n'a pas débuté. Ainsi,

$\sigma_0 = \lambda_{H3O+} [H_3O^+] + \lambda_{Cl-} [Cl^-] = (\lambda_{H3O+} + \lambda_{Cl-})\, c = 4{,}25$ $S.m^{-1}$ en exprimant les concentrations en $mol.m^{-3}$.

d. Au cours de la réaction, on a : $\sigma = \lambda_{H3O+} [H_3O^+] + \lambda_{Cl-} [Cl^-] + \lambda_{Ca2+} [Ca^{2+}]$ soit :

$\sigma = \lambda_{H3O+} (c - \frac{2x}{V_s}) + \lambda_{Cl-} c + \lambda_{Ca2+} \frac{x}{V_s} = \sigma_0 + \frac{x}{V_s} (\lambda_{Ca2+} - 2\, \lambda_{H3O+}) = (\sigma_0 - 580\, x)$ $S.m^{-1}$.

e. Pour $x = x_{max} = 5{,}0.10^{-3}$ mol, on a : $\sigma = 1{,}35$ $S.m^{-1}$.