

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2017

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

DUREE DE L'EPREUVE : **3 H 30** – COEFFICIENT : **8**

L'usage d'une calculatrice **EST** autorisé.

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte de trois exercices présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13 y compris celle-ci.

**La page d'annexes (page 13) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.**

Le candidat devra traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

## EXERCICE I – DES ULTRASONS AU QUOTIDIEN (8,5 points)

Les parties 1 et 2 sont totalement indépendantes.

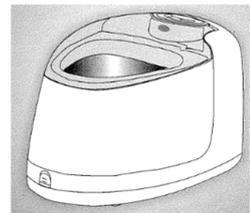
### Partie 1 : Les ultrasons au service du nettoyage

On trouve dans le commerce des appareils de nettoyage utilisant les ultrasons. Le document 1 décrit la première page de la notice d'un exemple d'appareil de ce type.

#### Document 1 : notice simplifiée d'un appareil de nettoyage à ultrasons

##### Descriptif :

- réservoir amovible en acier inoxydable
- fréquence des ultrasons 42 kHz à  $\pm 2\%$
- nettoyage facile des objets immergés dans l'eau sous l'effet des ultrasons
- utiliser de préférence de l'eau fraîchement tirée du robinet.



Référence : nettoyeur à ultrasons CD-3900

Données : - célérité des ultrasons dans l'air :  $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$  à 25 °C.  
- célérité des ultrasons dans l'eau :  $v' = 1500 \text{ m.s}^{-1}$ .

On souhaite étudier les ultrasons émis par l'appareil décrit dans le document 1. Pour cela, on isole l'émetteur E à ultrasons de cet appareil et on visualise le signal émis à l'aide d'un capteur relié à la voie 1 d'un oscilloscope. Les mesures sont faites dans l'air à la température de 20 °C. On obtient le signal  $u_E$  suivant :

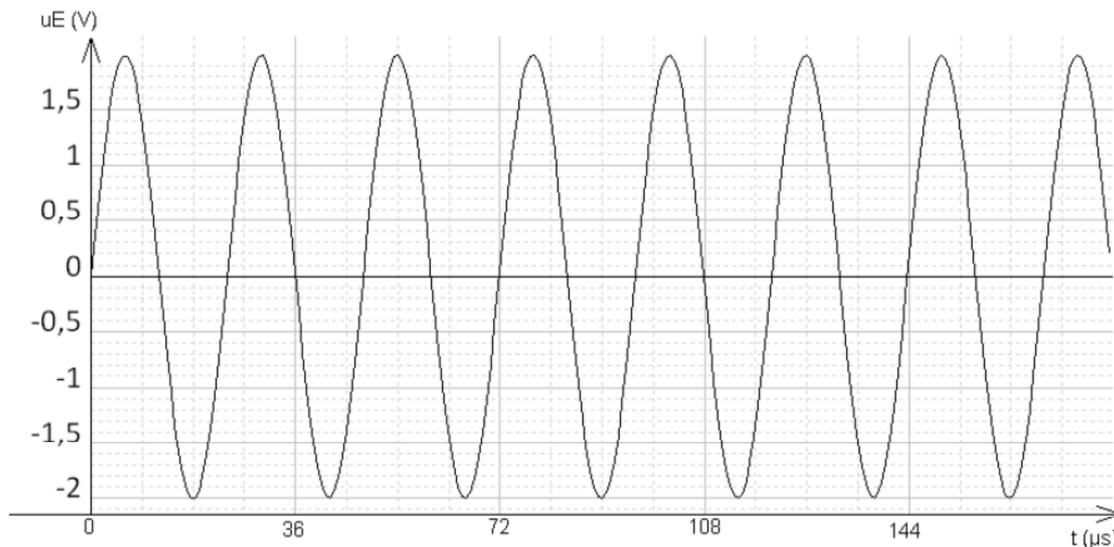


Figure 1

**1.1.** Déterminer la période  $T$  du signal représenté sur la **figure 1**. Expliquer la méthode.

**1.2.** En déduire la fréquence  $f$  des ultrasons. Comparer avec la valeur de référence.

**1.3.** On souhaite déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  des ultrasons. Pour cela, on visualise à la fois le signal émis par l'appareil et appliqué sur la voie 1 d'un oscilloscope et le signal  $u_R$  reçu par un récepteur R à ultrasons connecté sur la voie 2 de cet oscilloscope. On part d'une situation où les signaux délivrés par l'émetteur E et par le récepteur R placé en face sont en phase. On s'aperçoit que lorsque l'on éloigne le récepteur R tout en restant en face de l'émetteur fixe E, la courbe qui correspond au récepteur se décale vers la droite. Les signaux obtenus sont représentés sur la **figure 2** lorsque les courbes reviennent pour

la première fois en phase. On détermine la distance dont on a déplacé le récepteur R lorsque l'on obtient la **figure 2** et on mesure une distance égale à 8,0 mm.

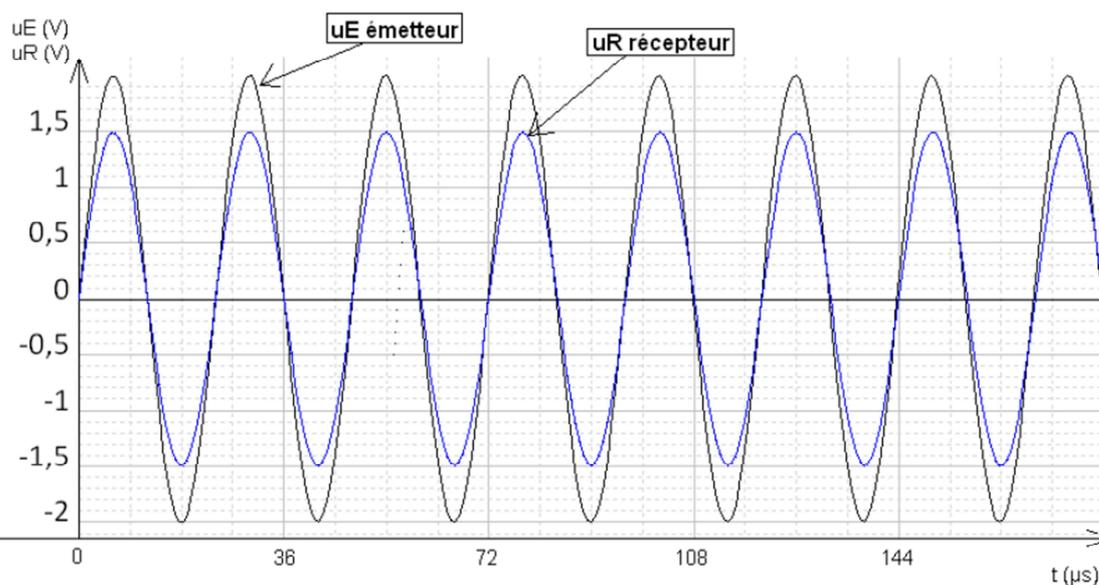


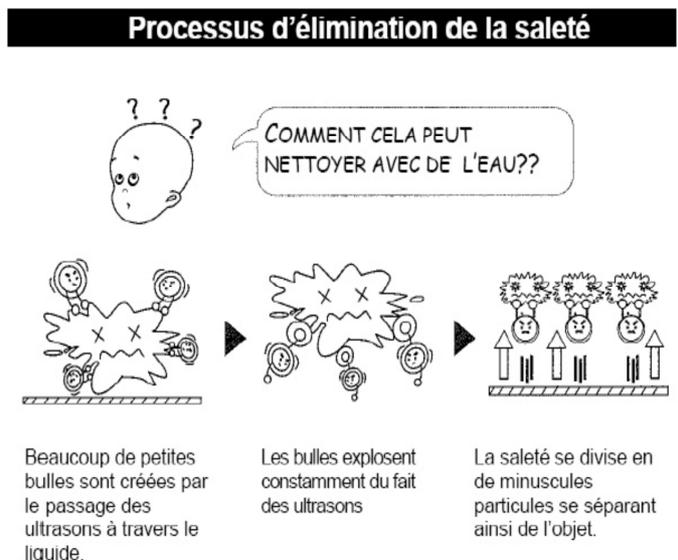
Figure 2

- 1.3.1. Donner une définition de la longueur d'onde  $\lambda$  adaptée au protocole expérimental décrit.
- 1.3.2. Déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  à partir de l'expérience précédente. Que peut-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?
- 1.3.3. Calculer la célérité  $v$  des ondes ultrasonores dans l'air. Expliquer un écart éventuel avec la valeur attendue.
- 1.4. En utilisation normale de l'appareil, la longueur d'onde des ultrasons est différente de la valeur obtenue à la question 1.3.2. et vaut environ 4 cm. Justifier cette dernière valeur par un calcul.

**Document 2 : comment cela fonctionne ?**

Le bain à ultrasons est composé d'une cuve contenant de l'eau dans lequel sont plongées les pièces à nettoyer. Sur les parois, un transducteur à ultrasons génère des phases successives de compression et de dépression dans le liquide qui se propagent de proche en proche dans le liquide. Des microbulles apparaissent, on appelle ce phénomène la « cavitation acoustique ». L'implosion<sup>1</sup> de ces bulles, pendant la phase de compression, crée des turbulences qui détachent les impuretés de la pièce à nettoyer.

<sup>1</sup> Implosion : écrasement brutal d'un corps creux sous l'effet d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.



**1.5.** Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes mécaniques ? Justifier.

**1.6.** Choisir parmi les grandeurs suivantes celle qui permet de différencier les ondes ultrasonores et les ondes sonores.

Niveau d'intensité sonore - timbre - fréquence - vitesse de propagation dans le même milieu à la même température.

## **Partie 2 : Etude d'un sondeur**

Les sondeurs sont des appareils de détection sous-marine utilisés au quotidien par les plaisanciers et les pêcheurs. Ils permettent par exemple de localiser un poisson en représentant sur un écran sa profondeur sous l'eau.

L'appareil est relié à une sonde supposée placée à la surface de l'eau qui envoie des impulsions ultrasonores dans l'eau en forme de cône avec une intensité maximale à la verticale de la sonde. Le signal réfléchi par le poisson appelé écho est capté par la sonde puis analysé par l'appareil en mesurant par exemple la durée entre l'émission et la réception ainsi que l'intensité de l'écho.

Le sondeur étudié dans cet exercice est embarqué dans un bateau immobile par rapport au fond marin.

### **Données :**

- salinité de l'eau :  $S = 35 \text{ ‰}$  (pour mille) ;
- température de l'eau :  $\theta = 10 \text{ °C}$  ;
- fréquence de l'onde ultrasonore du sondeur :  $f = 83 \text{ kHz}$  ;
- ordre de grandeur de la taille d'une sardine adulte : 10 cm ;
- ordre de grandeur de la taille d'un thon adulte : 1 m.

**Le candidat est invité à se référer aux documents donnés à la fin de l'exercice.**

**2.1.**Après avoir justifié l'importance d'un capteur de température dans un sondeur, déterminer la valeur de la vitesse de propagation du son dans l'eau pour le sondeur parmi les valeurs suivantes :

1470 m.s<sup>-1</sup>

1525 m.s<sup>-1</sup>

1490 m.s<sup>-1</sup>

**2.2.**En utilisant le document relatif à la réflexion des ondes acoustiques, déduire, en justifiant la réponse, si le sondeur étudié sera plus performant pour détecter un thon ou pour détecter une sardine, tous deux supposés à la même distance et perpendiculaires à la verticale de la sonde.

**2.3.**Déterminer la valeur de la profondeur  $d$  à laquelle est situé le poisson si la durée  $\Delta t$  mesurée par le sondeur entre l'émission du signal et la réception de l'écho après réflexion sur un poisson est égale à 32 ms.

**2.4.**Justifier la forme en « accent circonflexe » du signal observé sur l'écran du sondeur quand le poisson traverse horizontalement à vitesse constante le cône de détection du sondeur.

**2.5.**Quelle plage de mesure permet de déterminer la position du poisson avec la meilleure précision ? Justifier la réponse. Evaluer l'incertitude sur la profondeur à laquelle correspond un pixel pour chaque plage de mesure du sondeur.

## 2.6. A partir des documents 3 et 4 :

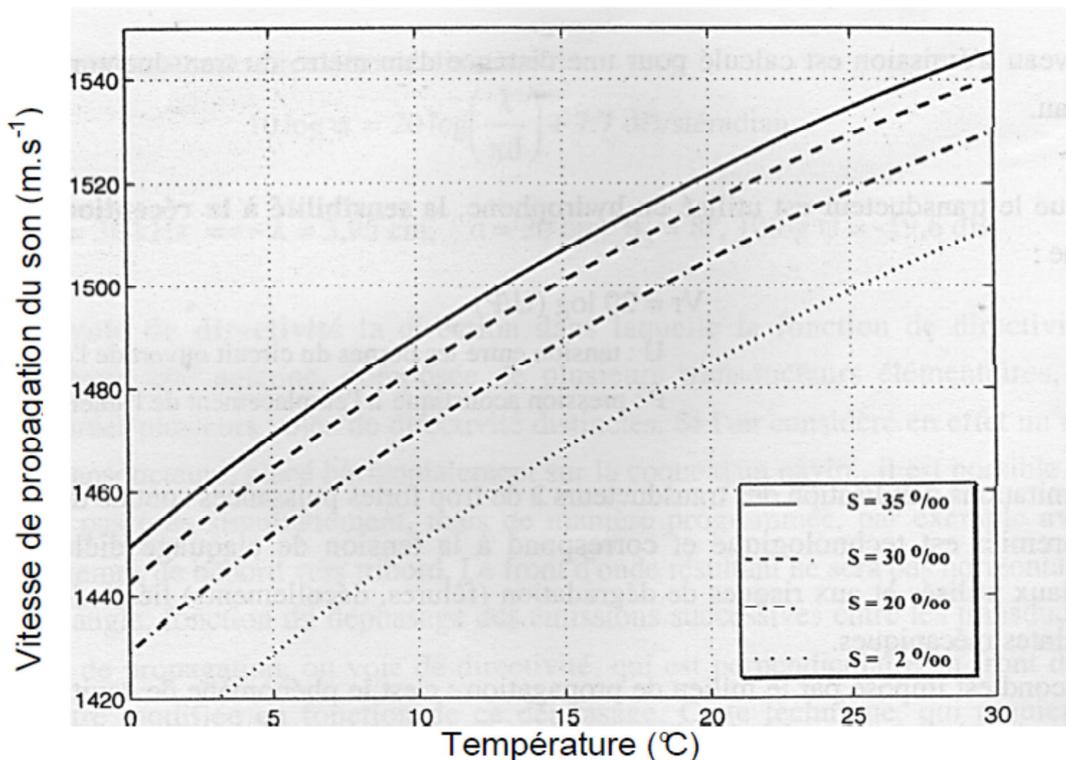
A quel(s) instant(s) une mesure basée sur l'effet Doppler permettra-t-elle d'évaluer la vitesse de déplacement du poisson ? Justifier la réponse.

Donner une expression de la vitesse de déplacement du poisson.

### Document 1 : Vitesse de propagation du son dans l'eau

La vitesse de propagation  $v_{\text{son}}$  du son dans l'eau varie en fonction de plusieurs paramètres du milieu : température, salinité  $S$  (masse de sels dissous dans un kilogramme d'eau, exprimée ici en ‰) et pression c'est-à-dire la profondeur.

Pour de faibles profondeurs, nous pouvons utiliser le modèle de Lovett suivant :



*D'après « Acoustique et pêche maritime » de Diner et Marchand, Ifremer*

### Document 2 : Réflexion des ondes acoustiques

L'écho reçu après la réflexion d'une onde acoustique sur un poisson nécessite un traitement spécifique pour être interprété. En effet de nombreux facteurs influent sur l'intensité et la direction de propagation du signal.

Avant tout, la géométrie du système influe sur le signal, aussi bien celui émis par le sondeur que celui réfléchi par le poisson. Le poisson qui sert de réflecteur modifie l'onde de différentes façons. Si l'organisme marin est petit par rapport à la longueur d'onde, l'onde est réfléchie de façon très peu directionnelle, il se comporte comme un point diffusant et sa forme réelle a peu d'influence. Si sa taille est plus grande que la longueur d'onde alors la réflexion est directionnelle. Selon l'orientation du poisson, son anatomie et sa position par rapport à l'axe du signal émis, l'écho est plus ou moins déformé.

*Pour la science, n°436, Février 2014*

### Document 3 : Image donnée par le sondeur

Plage de mesure verticale du sondeur (profondeur) : de 0 à  $p_{max} = -50$  m ou de 0 à  $p_{max} = -100$  m.

Définition de l'image : 160 pixels verticaux.

Incertitude sur la définition de l'image : 1 pixel.

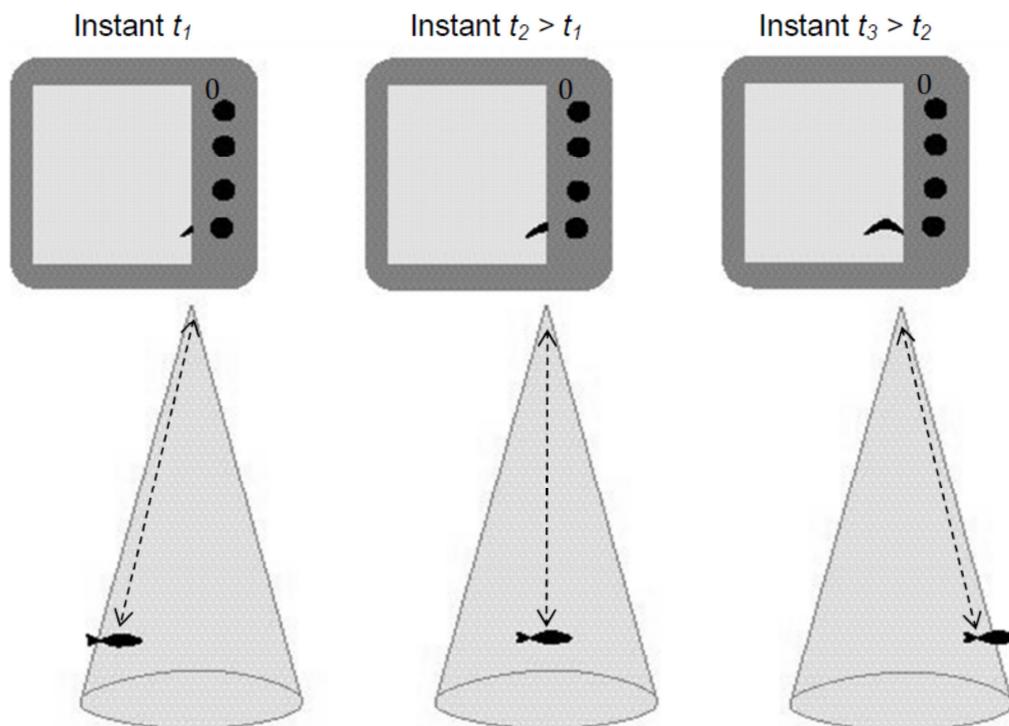
Le schéma transcrit l'image donnée à l'écran du sondeur pour trois dates successives lorsque le poisson étudié traverse à vitesse horizontale constante le cône de détection.

Chaque fois qu'une nouvelle mesure est effectuée par le sondeur, les anciennes se déplacent horizontalement vers la gauche sur l'écran, ce qui donne une impression de défilement.

Les dimensions mesurées verticalement sur l'écran sont proportionnelles aux distances réelles.

Le niveau 0 (surface de l'eau) correspond au haut de l'écran.

On considèrera que la taille du poisson est négligeable devant la profondeur mesurée.



D'après le site [www.carnassiers.com](http://www.carnassiers.com)

### Document 4 : Effet Doppler lors d'une réflexion sur une cible mobile

Lors de la réflexion sur un obstacle en mouvement, la fréquence de l'onde réfléchie est différente de celle de l'onde incidente de fréquence  $f$ .

La valeur absolue de la variation de fréquence  $|\Delta f|$  est donnée par :  $|\Delta f| = \frac{2v \cos \alpha}{c} \times f$  avec :

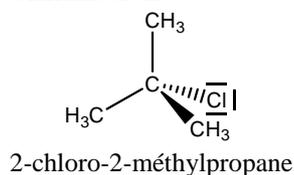
- $v$ , la vitesse de déplacement de l'obstacle par rapport à la source ;
- $c$ , la vitesse de propagation de l'onde ;
- $\alpha$ , angle entre la direction de déplacement de l'obstacle et celle de propagation de l'onde entre l'obstacle et l'observateur.

## EXERCICE II : SYNTHÈSE ET CINÉTIQUE (6,5 points)

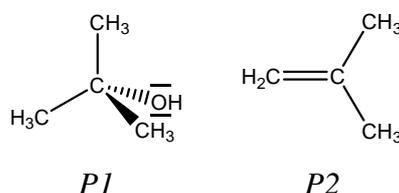
Les deux parties sont indépendantes

### I. Étude de la transformation chimique

La réaction chimique entre l'eau et le 2-chloro-2-méthylpropane peut conduire à deux produits par une substitution ou une élimination.



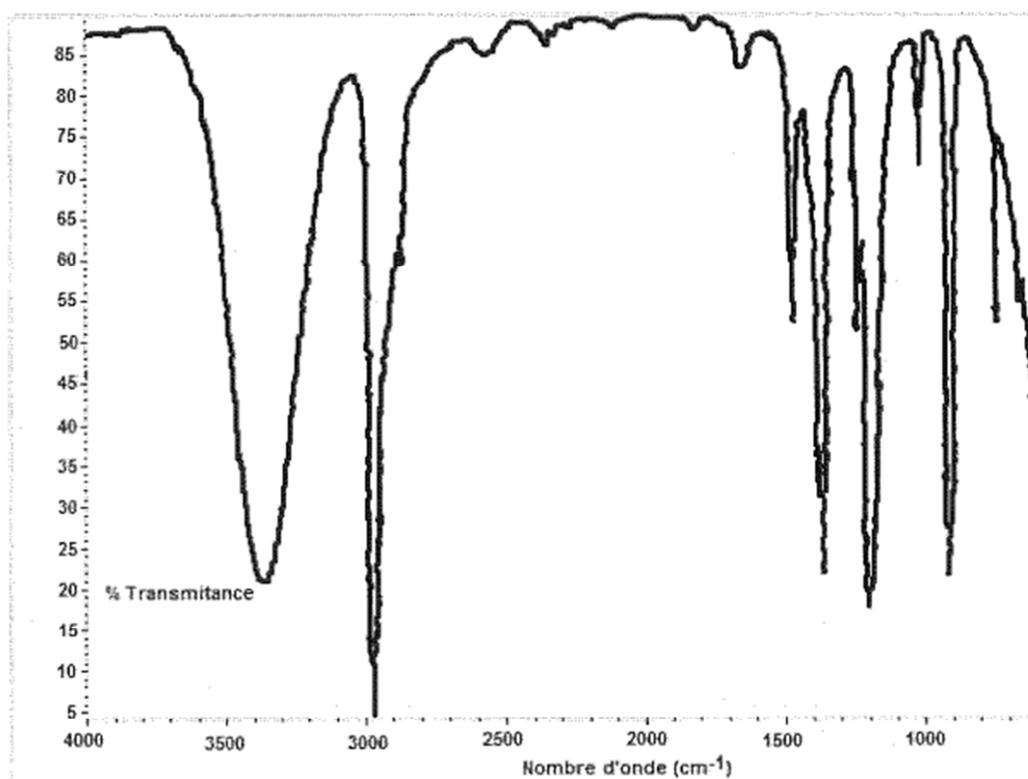
1.1. Attribuer à chaque molécule représentée ci-dessous, le type de réaction en le justifiant.



1.2. Nommer ces deux molécules.

Afin de connaître le produit de réaction formé, *P1* ou *P2*, ses spectres IR et de RMN du proton sont effectués.

1.3. À partir du spectre IR et du tableau ci-dessous, indiquer la présence ou l'absence de chaque groupe caractéristique mentionné dans celui-ci.



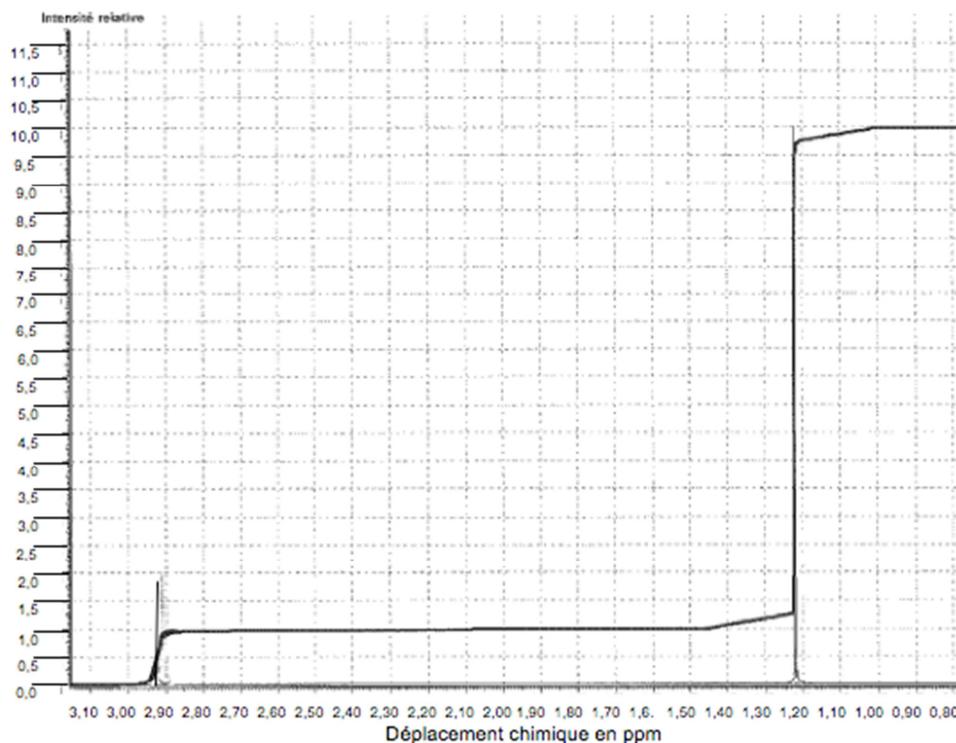
Groupe	O - H <sup>(1)</sup>	C - H <sup>(2)</sup>	C - H <sup>(3)</sup>	C = C
Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	3200 - 3400	3000 - 3100	2810 - 3000	1620 - 1680

<sup>(1)</sup> Alcool avec liaisons H

<sup>(2)</sup> C lié à une double liaison

<sup>(3)</sup> C ayant quatre liaisons covalentes simples

**1.4.** Identifier le produit de la réaction **P1** ou **P2** à partir du spectre de RMN du proton et du tableau ci-dessous.

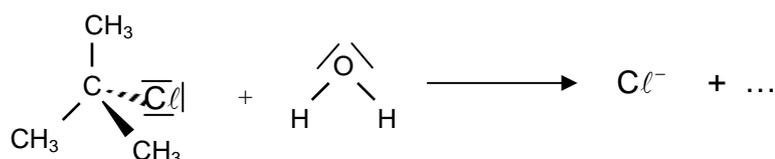


Proton	C = CH <sub>2</sub>	C - O - H	CH <sub>3</sub> - C = C	CH <sub>3</sub> - C - O
Déplacement chimique δ (ppm)	4,5 à 6	0,7 à 5,5 <sup>(1)</sup>	1,6	1,15 à 1,3

<sup>(1)</sup> La position du signal dépend fortement du solvant et de la concentration.

**1.5.** Expliquer le nombre de signaux et leur multiplicité.

**1.6.** Recopier et compléter alors la réaction chimique entre l'eau et le 2-chloro-2-méthylpropane.



On rappelle que dans le modèle de la représentation de Lewis, une liaison covalente est représentée par un trait entre deux atomes et qu'un doublet non-liant est représenté par un trait localisé sur un atome.

1.7. Préciser les polarités de la liaison C – Cl dans le 2-chloro-2-méthylpropane et des liaisons O - H dans l'eau, en utilisant les données d'électronégativité ci-dessous :

$$\chi(\text{H}) = 2,20 ; \chi(\text{C}) = 2,55 ; \chi(\text{Cl}) = 3,16 ; \chi(\text{O}) = 3,44.$$

1.8. Le mécanisme réactionnel est donné en ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE. Proposer une explication (en utilisant un vocabulaire adapté) et dessiner la flèche courbe modélisant chacune des deux premières étapes.

1.9. Justifier qualitativement que cette réaction puisse être suivie par conductimétrie.

## II. Étude de la cinétique de la réaction

Deux mélanges eau / acétone sont étudiés à différentes températures. L'eau est ici en large excès, elle intervient donc comme solvant et comme réactif. Les conditions opératoires sont résumées dans le tableau ci-dessous :

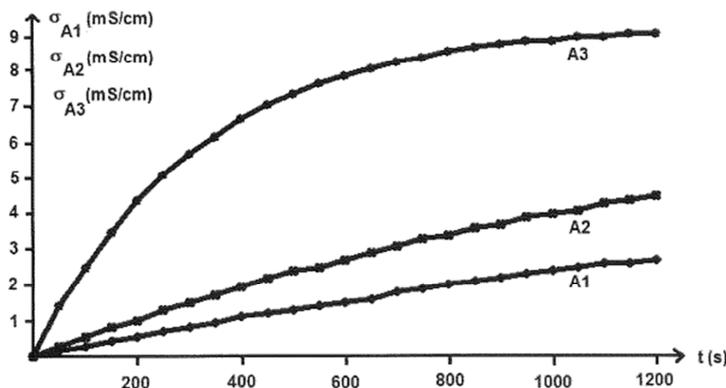
	Eau	Acétone	2-chloro-2-méthylpropane	Température (°C)
Expérience A <sub>1</sub>	30 g	20 g	1,0 mL	25
Expérience A <sub>2</sub>	30 g	20 g	1,0 mL	30
Expérience A <sub>3</sub>	30 g	20 g	1,0 mL	40
Expérience B	25 g	25 g	1,0 mL	40

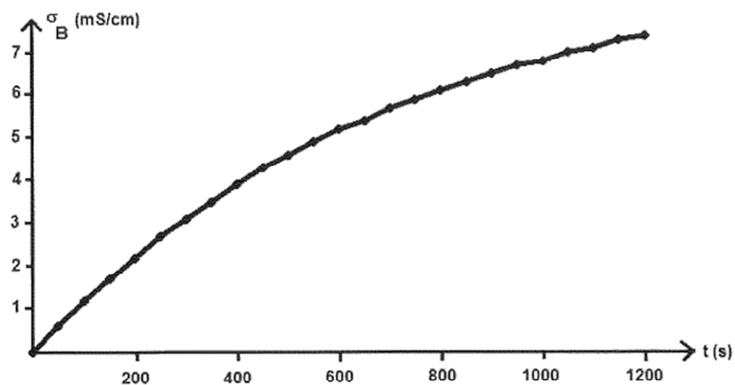
Le mélange eau / acétone est introduit dans un bécher de 100 mL qui est placé dans un bain thermostaté. Lorsque la température à l'intérieur du bécher est stabilisée à la valeur désirée, une sonde conductimétrique est introduite puis 1,0 mL de 2-chloro-2-méthylpropane est versé dans le milieu réactionnel sous agitation. Au bout de quelques secondes, l'agitation est stoppée puis la conductivité de la solution est suivie au cours du temps à l'aide d'un système informatisé. La durée de l'acquisition est de 20 minutes pour chaque étude.

On suppose que :

$$\sigma(t) = Kx(t)$$

$\sigma(t)$  représente la conductivité de la solution à un instant donné à laquelle a été retranchée la conductivité initiale de la solution, K est une constante qui va dépendre du mélange considéré et de la température et  $x(t)$  représente l'avancement de la réaction à un instant donné. Les graphes des documents 3 et 4 ci-dessous représentent  $\sigma(t)$  en fonction du temps pour différentes conditions expérimentales.





Document 4

- 2.1. En comparant les expériences  $A_1$ ,  $A_2$  et  $A_3$  et en justifiant brièvement, indiquer l'influence de la température sur la vitesse de la réaction.
- 2.2. En comparant  $A_3$  et B, indiquer l'influence de la proportion eau / acétone sur la vitesse de la réaction chimique. Justifier la réponse.
- 2.3. Définir le temps de demi-réaction.
- 2.4. Donner la valeur du temps de demi-réaction dans le cas de l'expérience  $A_3$ .

### EXERCICE III : COMMENT RESTAURER UN CANON ANCIEN ? (5 points)

Après des siècles d'immersion dans l'eau de mer, les canons se recouvrent de concrétions marines formant une carapace très dure de quelques centimètres d'épaisseur appelée la « gangue ». Pour restaurer un canon ancien, une entreprise spécialisée réalise la première étape du traitement, une électrolyse d'environ 700 heures, en imposant un courant électrique constant de 7,5 ampères. Le canon, plongé dans un grand bain d'eau salée, constitue la cathode de l'électrolyseur : il apparaît à sa surface un dégagement de gaz qui comprime la gangue, et il devient progressivement possible de séparer celle-ci de la surface du canon. Le fait de restaurer le canon en retirant la gangue a pour conséquence de le rendre de nouveau sensible à la corrosion.



#### Document 1. Couples rédox

Couple	Oxydant	Réducteur
$\text{Cl}_{2(\text{g})} / \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$	dichlore (gaz toxique)	ion chlorure
$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Fe}_{(\text{s})}$	ion fer II	métal fer
$\text{H}_2\text{O} / \text{H}_{2(\text{g})}$	eau	dihydrogène (gaz inflammable)
$\text{O}_{2(\text{g})} / \text{H}_2\text{O}$	dioxygène	eau

#### Document 2. Principe de l'électrolyse

L'électrolyse est un processus au cours duquel de l'énergie électrique est convertie en énergie chimique. Les deux électrodes (conductrices), plongées dans une solution appelée électrolyte, sont reliées aux bornes d'un générateur de courant électrique. La cathode est l'électrode reliée au pôle négatif du générateur, et l'anode l'électrode reliée au pôle positif du générateur.

L'intensité du courant électrique  $I$  peut s'exprimer en fonction de la charge électrique  $Q$  qui traverse le circuit pendant une durée  $\Delta t$  :  $I = \frac{Q}{\Delta t}$

Dans le système international,  $I$  s'exprime en ampère (A),  $Q$  en coulomb (C) et  $\Delta t$  en seconde (s).

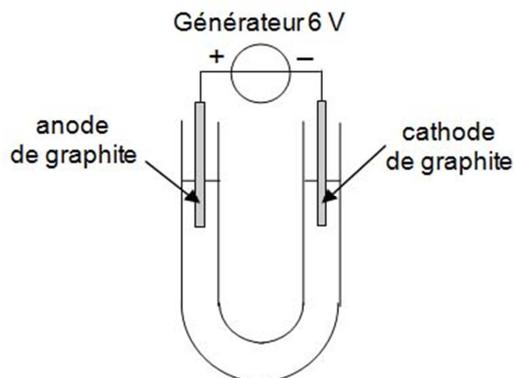
Une mole d'électrons possède une charge électrique  $q = 9,65 \times 10^4$  C.

D'après : <http://www.lenntech.fr/electrolyse.htm>

### Document 3. Électrolyse d'une solution de chlorure de sodium au laboratoire

On réalise le montage ci-contre :

- dès que le courant passe, on observe un dégagement gazeux aux deux électrodes ;
- après quelques minutes, on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine à la cathode : elle devient rose ;
- de même, quand on ajoute une goutte d'indigo dans le compartiment anodique, on observe qu'il se décolore.



### Question : rapport de sécurité

À partir des documents fournis et de vos connaissances personnelles, produire un « rapport de sécurité » afin d'attirer l'attention du chef d'entreprise de l'usine de restauration sur les risques encourus. Le rapport devra décrire et expliquer en une dizaine de lignes environ et à l'aide d'un schéma, le dispositif permettant de réaliser la restauration du canon en justifiant vos arguments. Vous déterminerez le volume d'un gaz dégagé au cours de cette restauration.

### Données :

- L'eau salée contient des ions sodium  $\text{Na}^+$  et des ions chlorure  $\text{Cl}^-$ .
- Les ions sodium ne réagissent ni à la cathode ni à l'anode.
- Le volume molaire (volume d'une mole de gaz) est de  $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$  dans les conditions de l'électrolyse.
- La demi-équation électronique du couple  $\text{H}_2\text{O} / \text{H}_2$  est :  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{HO}^-$
- Dans une solution aqueuse la concentration des ions hydroxyde augmente lorsque le pH augmente
- Les ions hydroxyde  $\text{HO}^-$  sont corrosifs.
- La phénolphtaléine est incolore pour un  $\text{pH} < 8,2$  ; elle est rose pour un  $\text{pH} > 10$ .
- Une solution aqueuse de dichlore décolore l'indigo.
- On admet qu'au niveau de chaque électrode il ne se produit qu'une seule réaction chimique en même temps.
- Pictogrammes de sécurité :



ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

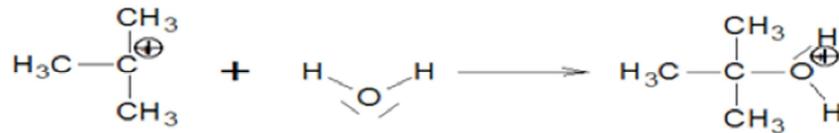
**EXERCICE II :**

**1.8. Mécanisme réactionnel :**

1<sup>ère</sup> étape :



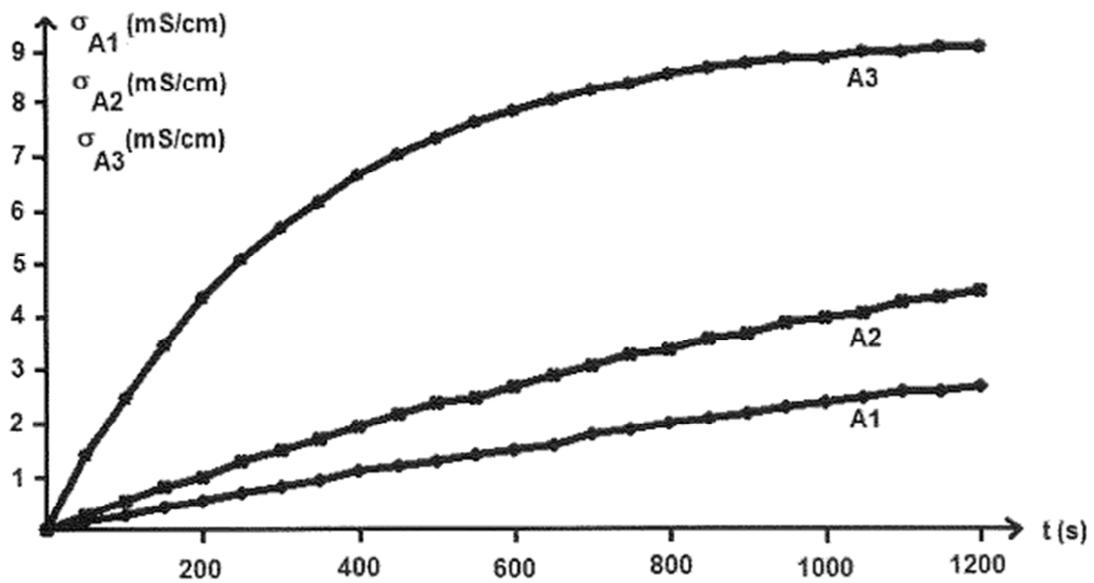
2<sup>ème</sup> étape :



3<sup>ème</sup> étape :



2.



Document 3