

Les calculatrices sont autorisées

I. Etude de réactions chimiques par différentes méthodes. 9 points.

Partie A : Hydrobromation suivi par spectroscopie R.M.N.

L'hydrobromation du propène peut conduire à deux produits différents selon le bilan suivant :



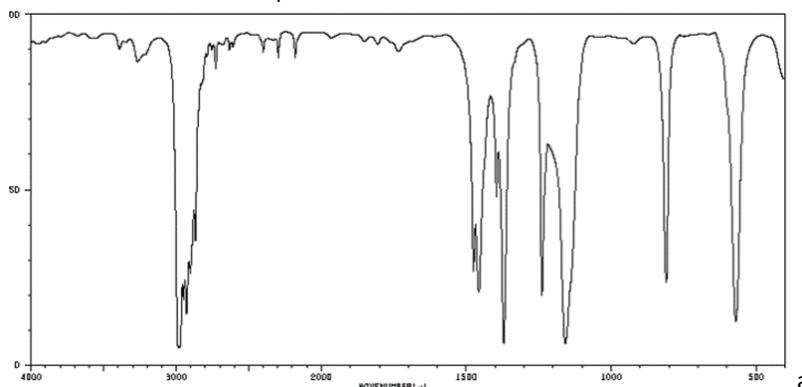
A l'issue de la synthèse, on trace le spectre RMN du produit obtenu (non représenté ici).

Ce spectre montre un doublet à 1,3 ppm ; un massif complexe à 3,8 ppm. La courbe d'intégration montre qu'il y a un rapport 6 entre ces 2 signaux.

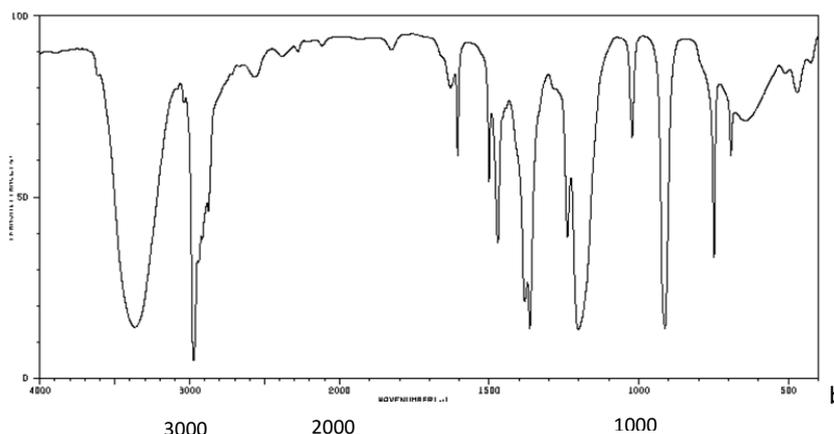
1. Donner les noms des deux produits pouvant être synthétisés.
2. Donner les représentations topologiques et de CRAM (autour du carbone portant l'atome de brome) de ces deux produits.
3. Parmi les 2 produits éventuellement possibles, identifier celui qui est effectivement obtenu, en argumentant votre réponse.
4. Représenter l'allure du massif à 3,8 ppm, en justifiant votre réponse.

Partie B : Synthèse du 2-méthylpropan-2-ol par hydrolyse du 2-chloro-2-méthylpropane suivi par spectroscopie I.R.

1. Écrire la formule semi-développée du 2-méthylpropan-2-ol et du 2-chloro-2-méthylpropane.
2. Attribuer aux spectres suivants, les molécules correspondantes. Justifier avec précision votre réponse en détaillant les deux spectres.



Spectre A



Spectre B

Voir les tables de données page suivante.

Données : Extrait des tables infrarouge

Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹) ⁽¹⁾	Intensité (1)	Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité (1)			
-CH alcane	2810 – 3000	F	O – H (alcool libre)	3580 - 3670	F (fine)			
	1365 - 1385	F	O – H (alcool avec liaison H)	3200 - 3400	F (large)			
=CH (alcène)	3000 – 3100	m	O – H (acide carboxylique)	2500 - 3200	F (large)			
C – F	1000 - 1200	F	C-O	1040-1060	F			
C – Cl	550- 800	m ou F (fine)				alcool primaire	~1100	F
C – Br	500 - 600	F				alcool secondaire	1150-1200	m
						alcool tertiaire		

(1) **F** forte ; **m** moyenne ; **f** faible

Partie C : Suivi de la cinétique de la synthèse du 2-méthylpropan-2-ol par hydrolyse du 2-chloro-2-méthylpropane.

On suit la synthèse 2-méthylpropan-2-ol (noté R-OH) par hydrolyse du 2-chloro-2-méthylpropane (noté R-Cl)



La conductimétrie est adaptée pour suivre l'évolution temporelle de cette transformation.

Un conductimètre est un appareil capable de mesurer la conductivité σ d'une solution.

- D'après vous, comment va évoluer la conductivité σ au cours de la transformation ? Quelle est l'allure de la courbe que vous pensez obtenir ? Représenter le graphique correspondant.
Vous préciserez l'origine de la conductivité σ d'une solution et vous justifierez l'allure de la courbe tracée.
- La transformation étant totale, déterminez la valeur de l'avancement final x_f à partir des documents fournis.
Vous détaillerez la démarche suivie, les calculs effectués...
La quantité de matière initiale de 2-chloro-2-méthylpropane introduite dans le bécher sera notée n_0 .

Document 1 : La conductimétrie est l'étude quantitative de la conductivité des électrolytes, c'est-à-dire des solutions conductrices du courant électrique. Une solution est conductrice si elle contient des ions mobiles : cations et anions. Un conductimètre permet de mesurer la conductivité d'une solution. Il est constitué d'une sonde de mesure pour laquelle certaines caractéristiques sont fixées.

Document 2

Données physico-chimiques sur le 2-chloro-2-méthylpropane :

- masse volumique $\rho = 0,85 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$
- masse molaire moléculaire $M = 92,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- solubilité très faible dans l'eau
- miscible à l'éthanol en toutes proportions

Document 3

Protocole expérimental :

On verse un volume $V = 5,0 \text{ mL}$ d'une solution alcoolique (à 10 % en volume) de 2-chloro-2-méthylpropane dans un grand volume d'eau ($V = 100 \text{ mL}$).

Pour préparer la solution alcoolique, on verse un volume $V_1 = 50,0 \text{ mL}$ de 2-chloro-2-méthylpropane dans une fiole jaugée de $500,0 \text{ mL}$ et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'éthanol.

3. Etude des courbes de cinétique chimiques.

On dispose :

- d'une solution alcoolique de 2-chloro-2-méthylpropane à 10 % en volume (50,0 mL complété à 500,0 mL avec de l'éthanol), d'eau distillée et d'éthanol.
- d'un conductimètre utilisé sur le calibre 20 mS/cm et qui doit être étalonné avec la solution étalon fournie.
- d'une interface d'acquisition et de son logiciel dédié
- d'un agitateur magnétique.

On introduit dans un grand béccher :

- un volume de 100 mL d'eau distillée ; on immerge la sonde conductimétrique.
- et, au moment où on ajoute V= 5,0 mL de la solution alcoolique de 2-chloro-2 méthylpropane, on lance l'acquisition et on agite.

On réalise ensuite une deuxième expérience en ne modifiant que le solvant constitué d'un mélange eau-éthanol.

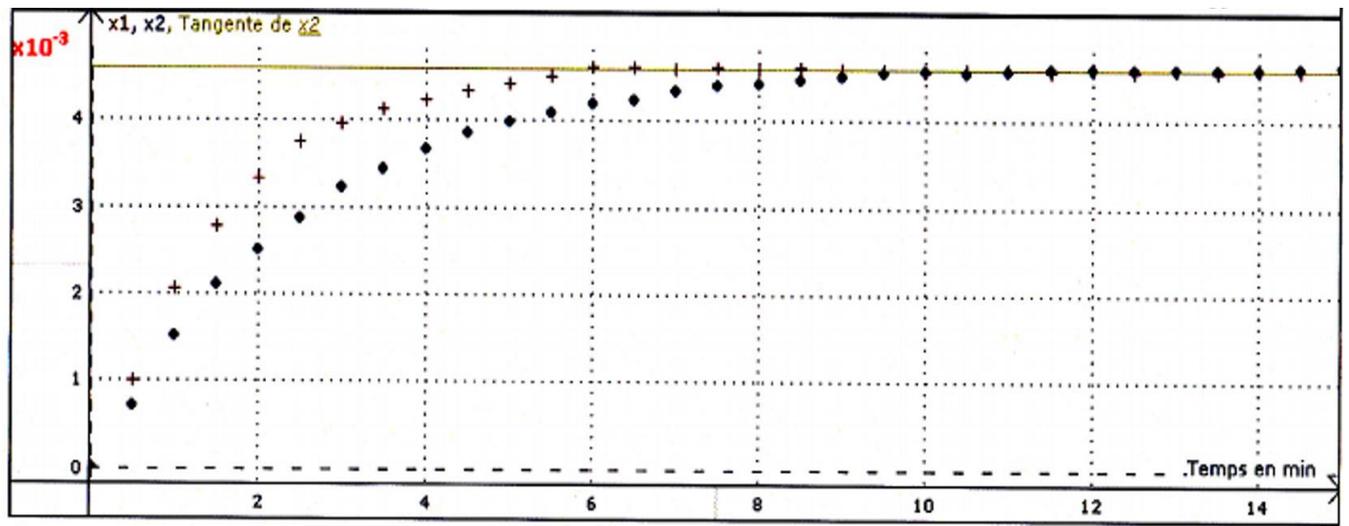
Expérience	1	2
eau	100	70
éthanol	0	30

À partir de l'exploitation des courbes, donner une réponse rigoureuse et argumentée à la question :

Le solvant a-t-il une influence sur l'évolution de la transformation ?

Interpréter ce résultat sachant que la constante diélectrique ϵ_r de l'eau est supérieure à celle de l'éthanol.

Expérience 1 : + Expérience 2 : ●



Partie D : Etude de la synthèse industrielle de l'ammoniac par pHmétrie.

1. L'ammoniac

La synthèse industrielle de l'ammoniac s'effectue en phase gazeuse. Les réactifs dihydrogène et diazote sont introduits dans les proportions stœchiométriques. La réaction a lieu en présence d'un catalyseur qui est du ruthénium sur support de graphite, sous une pression comprise entre $100 \times 10^5 \text{ Pa}$ et $200 \times 10^5 \text{ Pa}$ et à une température comprise entre 350°C et 500°C .

D'après : <http://www.iupac.org>

L'équation associée à la réaction de synthèse est : $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$

Dans un réacteur, on mélange $1,0 \times 10^2 \text{ mol}$ de diazote et $3,0 \times 10^2 \text{ mol}$ de dihydrogène.

Le taux d'avancement final est égal à $\frac{x_f}{x_{\max}} = 0,70$, c'est-à-dire que l'on obtient 70% de la quantité attendue si la réaction était totale

1.1. Déterminer la composition finale en quantité de matière du mélange.

Compléter le tableau d'avancement suivant

	$\text{N}_2(\text{g})$	+	$3 \text{H}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$2 \text{NH}_3(\text{g})$
Etat initial (mol)					
En cours (mol)					
Etat final (mol)					

1.2. Quel intérêt a-t-on d'un point de vue microscopique à choisir une température élevée lors d'une transformation chimique ?

1.3. Quel est le rôle et le nature du catalyseur dans cette synthèse de l'ammoniac ?

2. La solution aqueuse d'ammoniac.

Données : dans les conditions expérimentales de l'exercice on a :

- Volume molaire d'un gaz : $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- Produit ionique de l'eau : $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$.
- Couple acide/base de l'ammoniac : $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$
- Couples acide-base de l'eau : $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$ et $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

Un volume gazeux d'ammoniac $v = 2,4 \times 10^{-1} \text{ L}$ est dissous dans de l'eau distillée pour obtenir $V_s = 1,0 \text{ L}$ de solution aqueuse d'ammoniac S.

2.1. Donner l'expression, puis calculer la quantité de matière d'ammoniac n_0 contenue dans le volume gazeux v.

2.2. Le pH de la solution S est mesuré et a pour valeur 10,6.

2.2.1. Rappeler la définition d'une base selon Bronsted.

2.2.2. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique de l'ammoniac avec l'eau.

2.2.3. Calculer la quantité de matière en ions hydroxyde présente dans la solution S.

2.2.4. La transformation chimique associée à la réaction dont l'équation a été écrite en 2.2.2. est-elle totale ? Justifier la réponse.

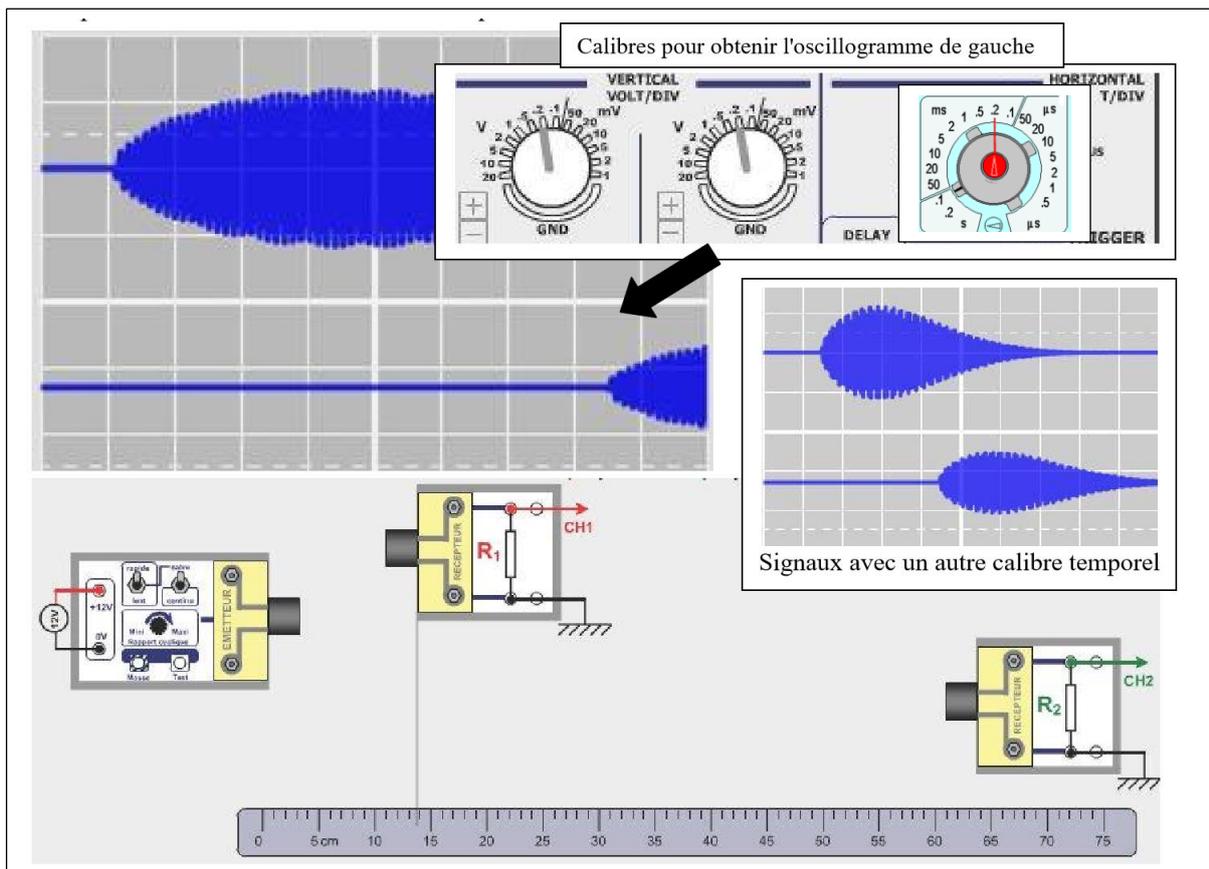
II. Expérimentations liées aux ondes. 6 points.

Partie A : Vitesse du son et température.

À partir des documents proposés et de vos connaissances, retrouver une estimation de la température T en °C de la salle fraîche dans laquelle l'expérience du document 1 a été effectuée.

Document 1: Mesures expérimentales (source : <http://clemspcreims.free.fr/Simulation/US.swf>)

Un son émis par un émetteur à ultrason est capté par deux récepteurs. Les signaux reçus par ces récepteurs sont visualisés sur un oscilloscope.

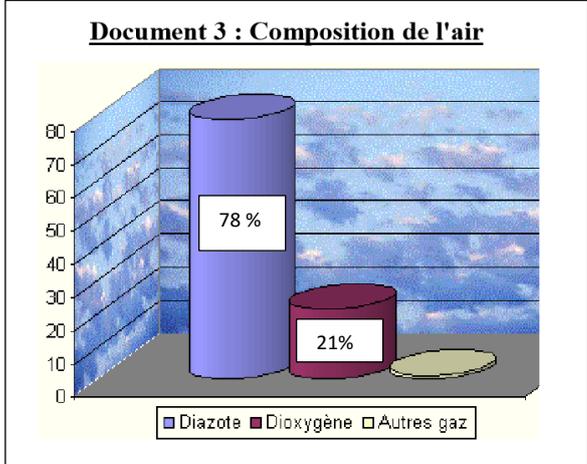


Document 2 : Relation mathématique

La relation entre la vitesse du son V et la température absolue T (en K) est la suivante :

$$V = \sqrt{\frac{R \cdot \gamma \cdot T}{M}}$$

avec R : la constante des gaz parfaits égale à $8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
 γ (gamma) est une constante qui dépend du gaz étudié, sa valeur est de 1,4 pour l'air.
 M est la masse molaire du gaz étudié qui doit alors être exprimée en $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$
 Données : $M(\text{N}) = 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.



Document 4 : $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$

Partie B : Parce que vous le valez bien.

Britney est en pleine déprime, elle ne sait pas quel shampoing choisir pour ses cheveux ... un shampoing volumateur pour cheveux fins ou un shampoing lissant pour cheveux épais et indisciplinés ? Question existentielle me direz-vous ! Si seulement elle pouvait mesurer l'épaisseur d'un de ses cheveux ! Saurez-vous l'aider car j'ai bien peur qu'elle ne se rase la tête de dépit !

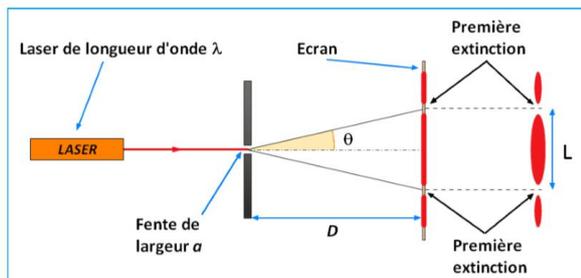
Document 1 : Epaisseur des cheveux

Le diamètre d'un cheveu varie de 50 à 100 μm environ. Les cheveux fins contiennent jusqu'à 50 % de protéines en moins par rapport aux cheveux épais. Leur diamètre moyen est de 50 à 70 μm, contre environ de 80 à 100 μm (voire plus) pour les cheveux moyens à épais. Par conséquent, les cheveux fins possèdent de nombreuses particularités qui doivent être prises en compte lors du développement de produits capillaires et de coiffage adaptés à cette structure de cheveux.

Document 2 : La diffraction de la lumière

Lorsqu'une onde lumineuse rencontre un obstacle de dimension voisine de sa longueur d'onde λ, sa direction de propagation est modifiée : c'est le phénomène de diffraction.

Le phénomène est d'autant plus marqué que la dimension est petite par rapport à λ. L'onde diffractée présente alors des maxima et des minima d'amplitude (zones lumineuses et zones d'ombre). L'angle θ appelé « écart angulaire » est défini à partir de la tache centrale et de la première extinction. Il est défini en radians. Si la distance D est grande devant la longueur L de la tache centrale alors $\theta = \tan \theta = \frac{L}{2D}$



Document3 : Le principe de Babinet

Jacques BABINET est un physicien français né à LUSIGNAN (Vienne) en 1794, et mort à Paris en 1872. Il est aujourd'hui peu connu des profanes et l'est à peine plus des scientifiques, mais il fut un excellent physicien, et surtout un très grand vulgarisateur.

En 1841, le physicien suisse Daniel Colladon montre, à Genève, que la lumière est guidée par les filets d'un jet d'eau. En 1842, Jacques Babinet constate la même chose dans les filets d'eau et des bâtons en verre. Il apporte donc une contribution à la découverte des fibres optiques ! Il est encore connu par son théorème sur les écrans complémentaires en diffraction : il démontre que, moyennant certaines conditions de distance, les figures de diffraction produites par deux écrans complémentaires (par exemple, un fil et une fente de même largeur) sont identiques.

On dispose du matériel suivant : laser rouge de longueur d'onde λ = 650 nm ; fils calibrés tendus de différents diamètres montés sur un support unique (38, 50, 76, 100, et 120 μm) ; écran ; tableur-grapheur.

On place les fils un par un, dans le faisceau laser qui forme la figure de diffraction sur l'écran qui est à 1,50 m du fil.

1. A partir des documents fournis et de vos connaissances, déterminer la relation entre la longueur L de la tache centrale de diffraction et la largeur a de la fente. Recopier et compléter le tableau suivant en détaillant l'un de vos calculs.

a (μm)	L (cm)
38,0	
50,0	
76,0	
100	
120	

2. Britney place l'un de ses cheveux à la place de la fente. La valeur de la tache centrale de diffraction ainsi obtenue est égale à 2,62 cm.

Proposer une méthode et un modèle graphique linéaire afin de répondre à la problématique de Britney.

On notera a_B , l'épaisseur du cheveu de Britney.

3. L'incertitude sur la mesure du cheveu est donnée par :

$$U(a_B) = a_B \cdot \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

$$U(\lambda) = 1 \text{ nm}$$

$$U(L) = 1 \text{ mm}$$

$$U(D) = 1 \text{ cm}$$

Ecrire la valeur de l'épaisseur du cheveu de Britney sous la forme $a_B + U(a_B)$

III. La communication entre les baleines. 5 points. (Réservé aux non spécialistes).

Jeux, ruts, combats ou fuites, les baleines communiquent par leurs "chants". Sans cordes vocales, elles émettent des sons par leur larynx et leur évent. Ces messages peuvent pour les grandes espèces, être perçus à plusieurs centaines de kilomètres.

Pour communiquer entre elles, deux baleines doivent non seulement se trouver à une certaine profondeur dans un couloir d'une hauteur de quelques centaines de mètres, mais aussi à une certaine distance l'une de l'autre.

À partir des documents et de vos connaissances, évaluer :

- 1. la profondeur du couloir de communication ;
- 2. la distance maximale entre deux baleines pour qu'elles puissent communiquer.

L'ensemble de l'argumentation et des calculs doivent apparaitre de manière détaillée.

Document 1. LE SOFAR (SOund Fixing And Ranging), un guide d'ondes sonores

Dans les océans et dans certaines conditions, une onde sonore qui se dirige vers le haut est ramenée vers le bas dès qu'elle parvient dans les couches supérieures où la vitesse du son est plus grande ; à l'inverse, elle est ramenée vers le haut quand elle se dirige vers le bas dès qu'elle y rencontre des couches inférieures où la vitesse du son est supérieure. Quand une zone respecte ces critères, on parle de SOFAR.

Ce couloir SOFAR agit comme un guide d'ondes sonores comme illustré ci-dessous.

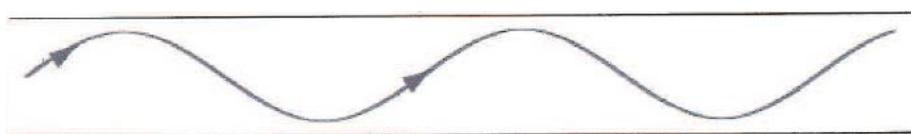
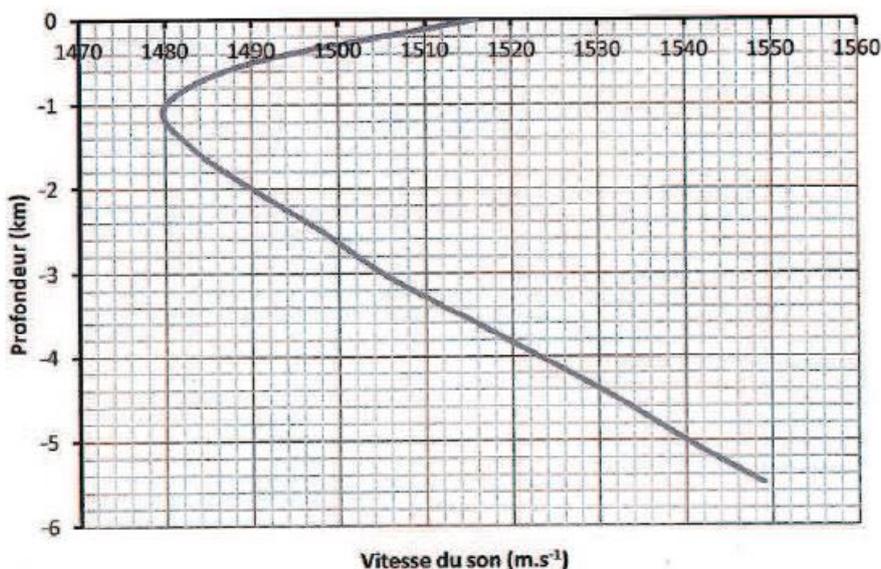


Illustration du trajet du son dans un SOFAR

Document 2. Cartographie de la vitesse du son en fonction de la profondeur dans l'océan



Document 3. "La voix et l'oreille" des mammifères marins

Les cétacés produisent des émissions sonores dans une très large bande de fréquence, entre 10 Hz et 150 kHz environ. Les sons produits peuvent être de type bref (clics, tics, bourdons,...) ou continu (sifflements, chants, mugissements).

Quelques émissions sonores de cétacés :

	Fréquence moyenne d'émission	Niveau d'intensité sonore moyen à l'émission	Seuil d'audibilité*
Baleine (chant)	4000 Hz	170 dB	50 dB
Grand dauphin (clics)	120 kHz	222 dB	40 dB

*Le seuil d'audibilité correspond au niveau d'intensité sonore minimal perceptible par l'animal.

D'après un extrait de Richardson et al, 1995, Marine mammals and noise.

Document 4. Absorption acoustique de l'eau de mer

