

NOM :

PRÉNOM :

CLASSE :

Le sujet est à rendre avec la copie

Les « sons » chez les mammifères marins

Pour les mammifères marins, les mers et les océans sont remplis de « sons ». C'est en effet le principal moyen de communication et de perception car la lumière est faible dès que la profondeur de l'eau dépasse trente mètres.

L'objectif de cet exercice est d'aborder quelques généralités sur le principe de l'écholocation et de s'intéresser ensuite au mode d'écholocation et de communication utilisé par divers mammifères marins.

Les trois parties de cet exercice sont indépendantes.

PREMIÈRE PARTIE : PRINCIPE DE L'ÉCHOLOCATION

Généralités sur les ondes sonores et lumineuses

Q1. (0,5 point) Cocher la ou les bonne(s) réponse(s) :

La valeur de la vitesse de propagation des ondes sonores dans l'air :

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> est identique à celle des ondes sonores dans les autres milieux | <input type="checkbox"/> est identique à celle des ondes sonores dans le vide |
| <input type="checkbox"/> vaut approximativement 430 m/s | <input type="checkbox"/> vaut approximativement 340 m/s |

Q2. (1 point) Cocher la ou les bonne(s) réponse(s) :

Pour l'Homme, le domaine audible est :

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> compris entre les fréquences de 20 kHz et 20 MHz | <input type="checkbox"/> compris entre les infrasons et les ultrasons |
| <input type="checkbox"/> compris entre les fréquences de 20 Hz et 20 kHz | <input type="checkbox"/> dans un intervalle de longueurs d'ondes comprises entre 400 nm et 800 nm |

Q3. (1 point) Cocher la ou les bonne(s) réponse(s) :

La vitesse de propagation des ondes lumineuses dans l'air :

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> est supérieure à celle dans le vide | <input type="checkbox"/> est infinie |
| <input type="checkbox"/> vaut $3,00 \times 10^8$ km/h | <input type="checkbox"/> vaut $3,00 \times 10^8$ m/s |

Écholocation chez les mammifères marins

La plupart des mammifères marins peuvent savoir ce qui se trouve devant eux en émettant des ondes sonores et ultrasonores qui vont se réfléchir sur des objets ou un autre animal. Le mammifère analyse l'écho ce qui permet la localisation, on parle alors **d'écholocation**. La plage de fréquence utilisée pour l'écholocation peut être extrêmement étendue (entre 250 Hz et 220 kHz).

Cette technique, qui permet de repérer des proies, est très utile pour chasser.

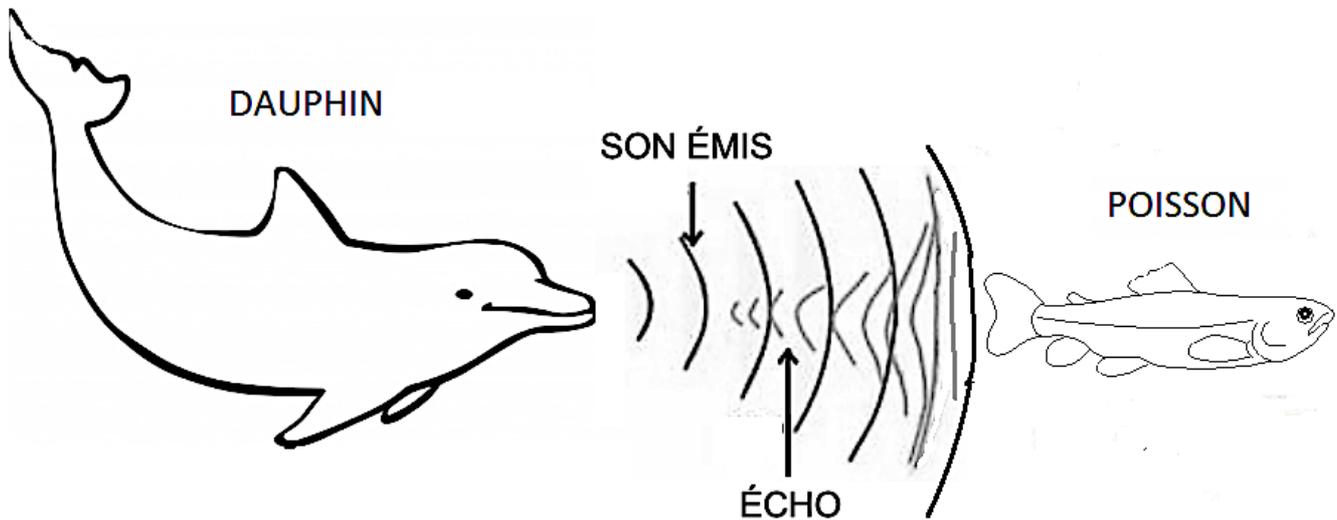


Figure 1. Illustration du principe de l'écholocation d'un poisson par un dauphin sans soucis d'échelle

Les dauphins et les orques utilisent aussi l'écholocation pour communiquer entre eux, les ondes sonores émises peuvent se propager sur des centaines, voire des milliers de kilomètres.

D'après <https://www.lesbaleines.net>

Dans les questions Q4 et Q5 on s'intéresse à la situation de la figure 1 où un dauphin localise un poisson.

Q4. (1,5 point)

Donner la relation reliant la vitesse de propagation des ondes dans l'eau v_{eau} , la distance d entre le dauphin et le poisson et la durée Δt entre l'émission et la réception de l'onde.

Q5. (1 point)

La vitesse de propagation des ondes sonores dans l'eau est $v_{\text{eau}} = 1500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Calculer la distance séparant le dauphin du poisson pour une durée de 12 ms.

DEUXIÈME PARTIE : RÉALISATION D'UN TÉLÉMÈTRE À L'AIDE D'UN MICROCONTRÔLEUR

Le principe de l'écholocation utilisé par les mammifères marins est le même que celui utilisé par les télémètres à ultrasons. Il s'agit d'un instrument permettant de mesurer rapidement des distances en utilisant des ondes sonores, il est utilisé notamment dans les domaines de l'architecture et de la construction.



Figure 2. Photo d'un télémètre à ultrason
www.pedagogie.ac-nantes.fr

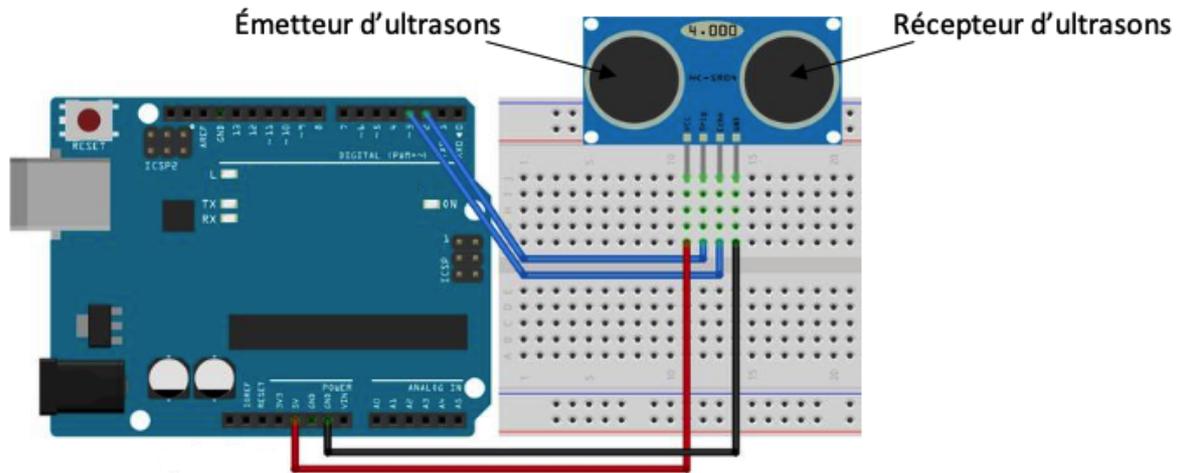
Voici un tutoriel adapté du site <https://zestedesavoir.com> pour réaliser un télémètre à ultrasons à l'aide d'un microcontrôleur :

Présentation et branchements :

Lorsqu'on veut mesurer des distances, on utilise en général une règle ou un ruban mètre. Mais comment faire pour déterminer cette distance en temps réel sans utiliser une règle ?

Une réponse : utiliser la technologie des ultrasons pour réaliser un **télémètre**.

Nous allons donc nous lancer dans la réalisation d'un petit télémètre à ultrasons via un microcontrôleur.



Programmation du microcontrôleur :

```
1 const int EMET = 2;           // émetteur ultrasonore connecté sur la broche 2
2 const int RECEP = 3;         // récepteur ultrasonore connecté sur la broche 3
3 const float sound_speed = 0.340; // vitesse du son dans l'air en mm/μs
4
5 void setup() {
6   pinMode(EMET, OUTPUT);     // définit la broche 2 comme une sortie
7   pinMode(RECEP, INPUT);
8 }
9
10 void loop() {
11   digitalWrite(EMET, HIGH); // indique à l'émetteur ultrasonore de commencer à émettre un ultrason
12   delayMicroseconds(10);    // délai de 10μs avant l'instruction suivante
13   digitalWrite(EMET, LOW);
14   unsigned long duree = pulseIn(RECEP, HIGH); // Mesure la durée en μs pour que le
15                                               // récepteur détecte les ultrasons
16   float distance = sound_speed*duree/2 ;
17   Serial.print("La distance mesurée est de ");
18   Serial.print(distance);
19   delay(300); // petite pause
20 }
```

Q6. (0,5 point)

L'émetteur est-il connecté sur une broche définie comme une entrée ou comme une sortie ?
Même question pour le récepteur. Justifier votre réponse.

Q7. (0,5 point)

Indiquer le numéro de la ligne de code qui stoppe l'émission d'ultrasons par l'émetteur. Préciser le mot clé de cette ligne de code qui indique à l'émetteur d'arrêter d'émettre.

Q8. (0,5 point)

À l'aide des unités employées dans la « Programmation du microcontrôleur » ci-dessus, indiquer l'unité de la valeur de la distance mesurée par le microcontrôleur.

Q9. (0,5 point)

On exploite la durée, détectée à l'aide du microcontrôleur, entre l'émission et la réception de l'onde ultrasonore après sa réflexion sur l'obstacle devant lequel le télémètre se trouve.

Identifier la ligne de code qui permet le calcul de la distance séparant le télémètre de l'obstacle face à lui. Expliquer brièvement cette ligne de code.

TROISIÈME PARTIE : COMMUNICATION SUR DE LONGUES DISTANCES PAR LES BALEINES

Pour communiquer entre elles, les baleines émettent des ondes sonores et ultrasonores dans une très large bande de fréquences. On répertorie ci-dessous quelques caractéristiques du chant des baleines :

	Fréquence moyenne d'émission	Niveau d'intensité sonore moyen à l'émission	Seuil d'audibilité (niveau d'intensité sonore minimal perceptible par l'animal)
Baleine (chant)	4000 Hz	170 dB	50 dB

Figure 3. Caractéristiques du chant des baleines
D'après Richardson et al, 1995, *Marine mammals and noise*

Au cours de leur propagation dans l'eau de mer les ondes sonores émises par un mammifère marin sont progressivement absorbées. L'absorption des ondes sonores par l'eau de mer dépend de la fréquence de l'onde émise. Le graphe ci-dessous représente l'absorption des ondes émises (exprimée en décibels par kilomètre d'eau de mer traversée) en fonction de la fréquence (exprimée en hertz) :

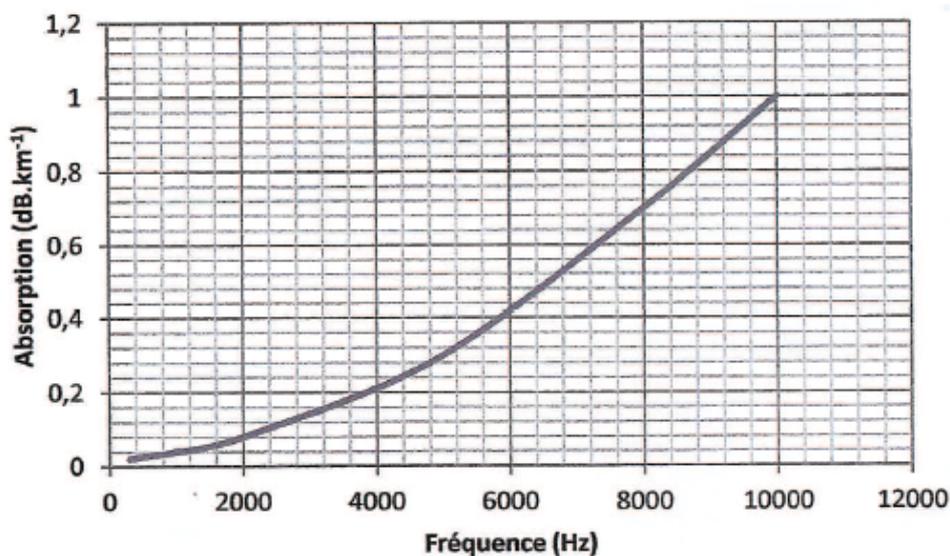


Figure 4. Absorption des ondes émises (exprimée en décibels par kilomètre d'eau de mer traversée) en fonction de la fréquence exprimée en hertz

Q10. (3 points)

À partir des informations ci-dessus et de vos connaissances, évaluer la distance maximale entre deux baleines pour qu'elles puissent communiquer. On considérera que l'absorption des ondes pour une fréquence donnée ne dépend que de la distance séparant les deux baleines.

Vous êtes invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie et les étapes de résolution sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Des calculs sont nécessaires.

	Tâche	Niveau	Compétence(s)	Réponse attendue	Évaluation-Notation			
Q1.	Simple	1	RCO	La valeur de la vitesse de propagation des ondes sonores dans l'air vaut approximativement 340 m/s.	/0,5			
Q2.	Simple	1	RCO	Pour l'Homme, le domaine audible : Est compris entre des fréquences de 20 Hz et 20 kHz Est compris entre les infrasons et les ultrasons	/1			
Q3.	Simple	1	RCO	La vitesse de propagation des ondes lumineuses dans l'air : Vaut $3,00 \times 10^8$ m/s	/1			
Q4.	Simple	2	ANA	On a $v_{\text{eau}} = \frac{2 \times d}{\Delta t}$ donc $d = \frac{v_{\text{eau}} \times \Delta t}{2}$	/1,5			
Q5.	Simple	2	REA	$d = \frac{v_{\text{eau}} \times \Delta t}{2} = \frac{1500 \times 0,012}{2} = 9,0$ m	/1			
Q6.	Simple	2	ANA	L'émetteur est connecté sur une broche définie comme une sortie comme l'indique la ligne de code 6. Le mot clé est OUTPUT : pinMode(EMET, OUTPUT) Le récepteur est connecté sur une broche définie comme une entrée comme l'indique la ligne de code 7. Le mot clé est INPUT : pinMode(RECEP, INPUT)	/0,5			
Q7.	Simple	1	ANA	Ligne 13, arrêt de l'émission. Le mot clé est LOW : digitalWrite(EMET, LOW) ;	/0,5			
Q8.	Simple	2	ANA	La valeur de la distance déterminée par ce télémètre est calculée en millimètres car la vitesse du son est donnée en mm/μs et la durée mesurée en μs	/0,5			
Q9.	Simple	2	ANA	Ligne 16 : Le microcontrôleur calcule « sound_speed*duree/2 » et place cette valeur dans la variable <i>distance</i> .	/0,5			
Q10.	Complexe	3	Évaluation des compétences <i>A : Les critères choisis apparaissent dans leur totalité.</i> <i>B : Les critères choisis apparaissent partiellement.</i> <i>C : Les critères choisis apparaissent de manière insuffisante.</i> <i>D : Les critères choisis ne sont pas présents</i>		Niveau de maîtrise			
					A	B	C	D
			S'APPROPRIER	La baleine émet un signal sonore de 170 dB et ne peut entendre le son émis par l'autre baleine s'il est inférieur à 50 dB.				
			ANALYSER	Par conséquent le son va pouvoir être entendu tant que 170 – 50 = 120 dB n'ont pas été absorbés par l'eau de mer. Tous les km, le chant de la baleine diminue de 0,2 dB d'après la lecture graphique de l'ordonnée du point de la courbe d'abscisse 4000 Hz.				

	REALISER	Ainsi, la distance sur laquelle peut se propager ce son est donc donnée par $120 / 0,2 = 600$ km au maximum.				
		<i>Majorité de A → 3</i>	<i>Majorité de B → 2</i>	<i>Majorité de C → 1</i>	Notation : <i>Majorité de D → 0</i>	/3