EXERCICE II : ÉTUDE D'UN SONDEUR (5 points)

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 ‰ (pour mille) ;

- température de l'eau : θ = 10°C ;

- fréquence de l'onde ultrasonore du sondeur : f = 83 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 informations données à la fin de l'exercice.

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 :

$1470\ m.s^{-1}$ $1525\ m.s^{-1}$ $1490\ m.s^{-1}$

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.

3. Déterminer la valeur de la profondeur d à laquelle est situé le poisson si la durée Δt 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.

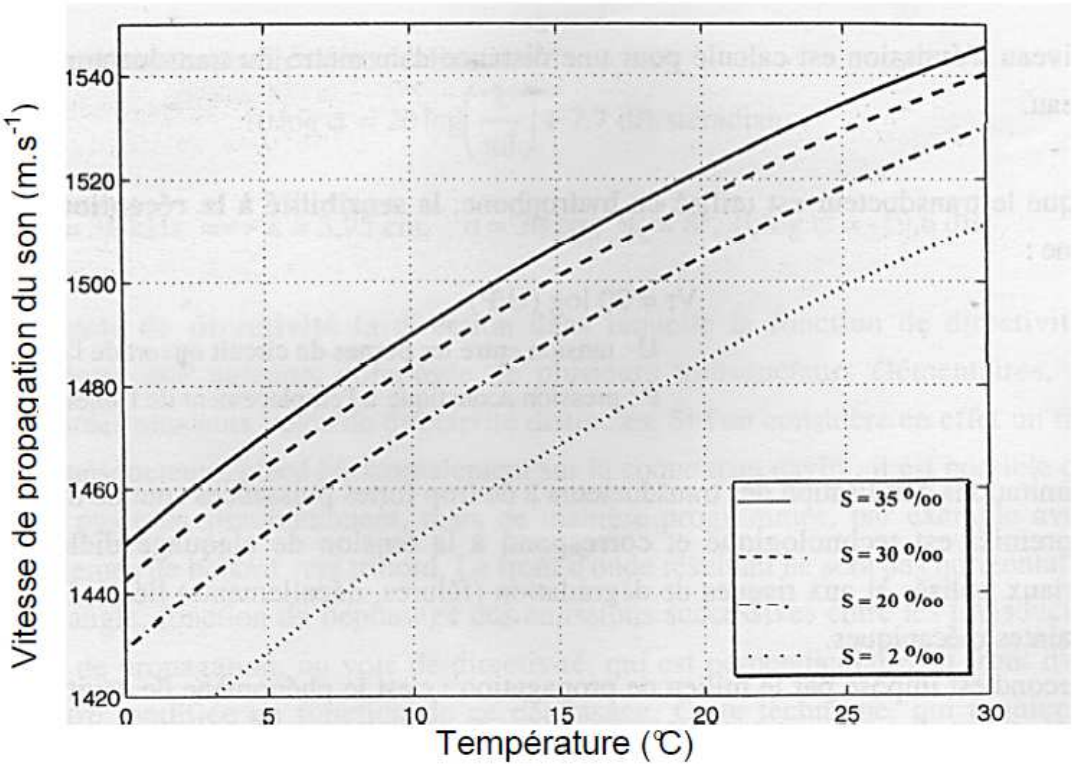
4. Justifier la forme en « accent circonflexe » du signal observé sur l'écran du sondeur quand le poisson traverse horizontalement à vitesse constante le cône de détection du sondeur.

5. Quelle plage de mesure permet de déterminer la position du poisson avec la meilleure précision ? Justifier la réponse.

6. À 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.

Vitesse de propagation du son dans l'eau

La vitesse de propagation v_{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

Réflexion des ondes acoustiques

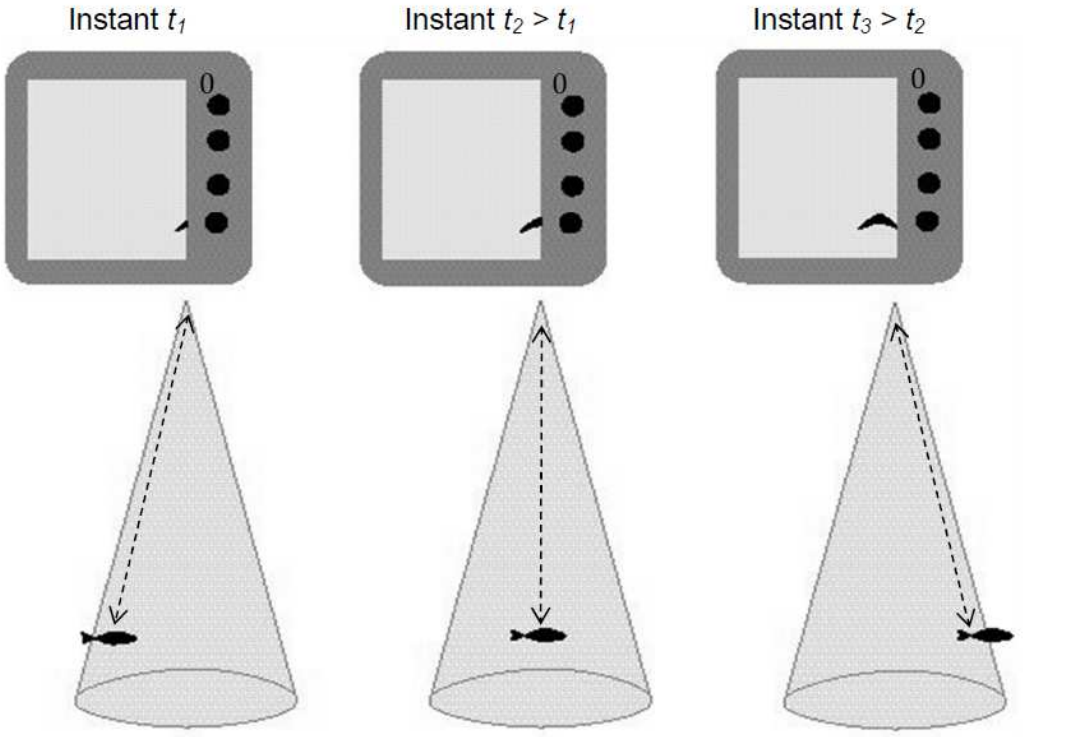
L'écho reçu après la réflexion d'une onde acoustique sur un poisson nécessite un traitement spécifique pour être interprété. En effet de nombreux facteurs influent sur l'intensité et la direction de propagation du signal.
Avant tout, la géométrie du système influe sur le signal, aussi bien celui émis 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

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 ci-dessous 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

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 : $|\Delta f| = \dfrac{2v\cos\alpha}{c} \times f$

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