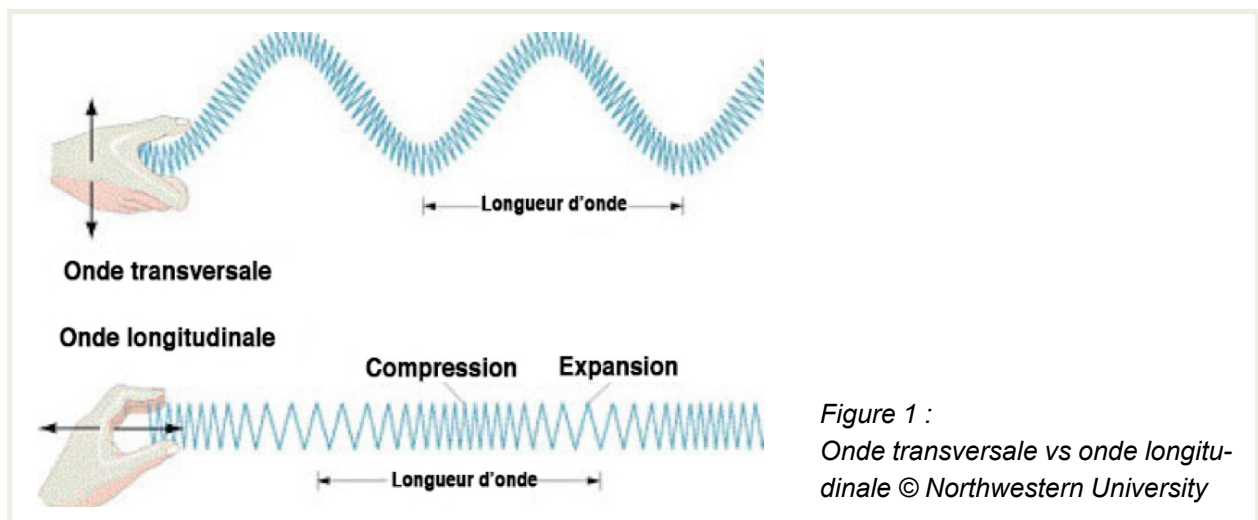


« L'acoustique » est la branche de la physique qui se rapporte au son et aux ondes sonores. Ce terme réfère habituellement à la recherche sur la production, la dispersion et la réception sonores. La **bioacoustique** est une science interdisciplinaire qui combine la biologie et l'acoustique. En gros, la bioacoustique est l'étude, l'enregistrement et l'analyse scientifiques des sons des animaux.

## 1. Qu'est-ce que le son ?



À l'instar des vagues de l'océan que vous voyez déferler sur la plage, le son est une onde qui traverse l'air et l'eau. Le son doit se déplacer par l'intermédiaire d'un moyen, un liquide (l'eau), un solide (le plancher océanique) ou un gaz (l'air). Le son ne peut exister s'il ne peut pas se déplacer à l'aide d'un moyen. Dans l'espace, le son ne peut pas voyager, car c'est un vide qui ne contient rien pour porter le son. Une onde sonore est appelée une onde de compression ou une onde longitudinale. Les particules présentes dans une onde longitudinale se déplacent parallèlement à la direction vers laquelle se dirige l'onde.

À l'inverse, les particules des ondes transversales se déplacent de haut en bas. Les particules présentes dans une onde transversale se déplacent perpendiculairement à la direction vers laquelle se dirige l'onde. Une onde transversale ressemble au mouvement de « La Ola », mouvement couramment réalisé au cours d'événements sportifs.

## 2. Comment les mammifères marins entendent/communiquent-ils au sein leur environnement et comment le perçoivent-ils ?

La faune marine vit et communique dans un milieu aquatique, qui est souvent sombre et trouble (la mer du Nord, par exemple). Ainsi, la vue ne leur est que d'une utilité limitée. Les baleines en particulier ont développé des stratégies de communication et des systèmes d'orientation très différents, ce qui leur permet de trouver leur proie et même de communiquer avec leurs congénères sur de grandes distances.

Les cétacés à dents utilisent l'écholocation. Ils ont adapté leur anatomie à cette forme très particulière de communication et d'orientation. Ils peuvent produire des ondes sonores à haute fréquence en déplaçant l'air par leurs lèvres phoniques dans les sacs d'air de leurs voies nasales. Les clics qu'ils produisent sont transférés par ce qu'on appelle la graisse acoustique sur le devant de leur

tête (appelée melon), qui rassemble le son pour produire un rayon étroit (clics ou battements). Ces ondes sonores traversent l'eau jusqu'à ce qu'elles rencontrent un

objet, comme une proie ou un obstacle. Ces objets renvoient alors les ondes sonores pour qu'elles retournent finalement vers la baleine. Les retours d'échos leur parviennent par leur mâchoire inférieure, qui se trouve près du complexe de l'oreille. Ainsi, en émettant des clics ultrasoniques ou des battements de son, les baleines peuvent écouter les échos et détecter les objets présents sous l'eau. En principe, elles peuvent « voir » leur environnement grâce aux ondes sonores qu'elles produisent, comme le sonar d'un bateau, d'une certaine manière.

Les grandes baleines et les grands phoques n'utilisent pas l'écholocation, mais ils se fient tout de même au son et à l'ouïe. Les grandes baleines communiquent sur de grandes distances avec d'autres baleines, en émettant des sons à basse fréquence qui peuvent traverser de longues distances dans l'eau. Ces sons sont produits par leurs sacs d'air laryngiens. Outre de bonnes capacités d'écoute sous l'eau et à l'air libre, les pinnipèdes (phoques et lions de mer) peuvent détecter/sentir les perturbations de l'eau grâce à leurs moustaches. Ils produisent des sons avec leur larynx, comme les autres mammifères et humains et ils communiquent avec leurs congénères grâce au son.

### 3. Qu'est-ce que la pollution sonore ?

Le monde est composé de différents types de sons, qui peuvent être de cause naturelle, comme le tonnerre, les vents, les sons d'animaux et la pluie ou être de cause non naturelle, à savoir des sons supplémentaires déclenchés par les humains (anthropiques). Les mammifères marins sont bien adaptés aux sons produits naturellement, ils comprennent leur signification et ils ont appris à les ignorer ou à agir en conséquence. La pollution sonore est la somme de tous les sons supplémentaires qui peuvent affecter les mammifères marins dans leurs habitats et qui les perturbent fortement. Dans les régions urbaines et hautement industrialisées, de nombreuses sources peuvent être la cause de pollution sonore : les bateaux de plaisance, les bateaux de commerce, les parcs éoliens, les plateformes pétrolières, l'exploration sous-marine pour trouver des ressources, les constructions et beaucoup d'autres sources. Nous utilisons les océans de plusieurs façons différentes et nombre de celles-ci émettent des sons dans le milieu naturel. La somme de ces sons non naturels porte le nom de « pollution sonore ».

### 4. Pourquoi la pollution acoustique/sonore est-elle importante/dangereuse pour les mammifères marins ?

Parce que leurs principaux moyens de trouver une proie et de communiquer entre eux ou même de s'orienter comme les cétacés à dents est par le son, un système auditif fonctionnel est d'une importance cruciale pour les mammifères marins. Si leurs sons de communication sont masqués par le bruit anthropique, il se peut qu'ils n'arrivent pas à entendre les appels d'autres congénères pour s'accoupler ou recevoir des informations sur les lieux où il y a de la bonne nourriture, ce qui joue un rôle déterminant dans la survie de l'individu ou de l'espèce. En outre, des bruits extrêmement forts peuvent forcer les baleines à s'échouer sur la plage, car elles tentent d'échapper ou d'éviter le son, ce qui peut les mener à la mort.

Le bruit peut également perturber le comportement des animaux, les faire quitter leur habitat habituel pour trouver des endroits plus silencieux, de façon temporaire ou permanente, occasionner des

avortements dus au stress intense et à des changements permanents dans la répartition. Le bruit très intense continu ou impulsif endommage leur ouïe à certaines

fréquences, de sorte qu'ils n'arrivent plus à entendre d'importants signaux (comme un navire en approche ou une composante d'appels à l'accouplement d'une certaine fréquence). Le stress continu provoqué par la pollution sonore peut diminuer leur système immunitaire et les rendre plus vulnérables aux maladies infectieuses et aux infections parasitaires. De nombreux mammifères marins accentuent leur audition et leurs capacités à communiquer à des fréquences différentes de celles des humains. C'est pourquoi ils peuvent être affectés par les sons que nous ne pouvons entendre ni dans l'air ni sous l'eau. Ainsi, lorsque nous évaluons les effets du son sur les mammifères marins, il est souvent important d'utiliser des enregistrements à haut débit et des systèmes d'analyse qui peuvent révéler les sons et les bruits que nous n'arrivons pas à détecter avec nos oreilles.

### 5. Comment pouvons-nous améliorer la situation actuelle ?

Des recherches doivent être menées sur les niveaux de bruit actuels dans l'océan et sur la façon dont le son affecte les mammifères marins. Les hommes politiques et les décideurs doivent prendre en compte ces recherches lorsqu'ils cherchent de nouvelles solutions ou suggestions concernant l'utilisation de l'océan. Lorsque de nouvelles structures sont créées, une évaluation des risques, en ce compris un profil de bruit, devrait être menée. De plus, des mesures d'atténuation du son devraient être mises en place. Elles comprendraient des systèmes comme les rideaux de bulles lors de la construction ou le développement de moteurs de bateaux plus silencieux. (Pour plus d'explications à ce sujet, vous trouverez une vidéo de l'expérience du rideau de bulles dans la présentation PowerPoint et vous pourrez ensuite réaliser l'expérience avec vos étudiants.)

Une autre façon d'améliorer la situation actuelle du vaste trafic maritime serait d'acheter plus de biens locaux à la place de tout faire livrer de l'étranger. De cette manière, en adaptant notre comportement, nous pourrions améliorer la situation des mammifères marins et, naturellement, le milieu marin en général.

### 6. Comment pouvons-nous tirer parti de la recherche acoustique pour protéger les mammifères marins et en apprendre plus à leur sujet ?

Nous n'avons toujours pas beaucoup d'informations sur la façon dont les mammifères marins communiquent et s'orientent sous l'eau grâce au son. Les chercheurs peuvent travailler avec des animaux entraînés dont on a bandé les yeux pour vérifier qu'ils n'utilisent que les indices auditifs durant l'expérience. De cette façon, il peut être démontré que les cétacés à dents, par exemple, peuvent retrouver leur chemin dans un labyrinthe ou trouver une proie. Nous pouvons également analyser les capacités auditives des animaux entraînés. Les capacités auditives des individus échoués peuvent être vérifiées à l'aide d'un système de mesures des potentiels évoqués, comme paramètre de l'état de santé avant leur remise en liberté. L'animal devrait être capable d'entendre les fréquences spécifiques à l'espèce qui va être remise en liberté.

Le suivi acoustique statique constitue une autre approche. Les collecteurs de données acoustiques peuvent être déployés au sein des habitats critiques ou des chenaux maritimes. Ils enregistrent les appels des espèces visées. De cette manière, les scientifiques sont capables de mieux comprendre la répartition des espèces et l'utilisation de l'habitat sans devoir être



## Acoustique

constamment présents sur un bateau pour observer, ce qui pourrait perturber les animaux. Afin d'éviter les collisions de bateaux avec les baleines, des capteurs acoustiques passifs peuvent transmettre en temps réel des signaux sonores de phoques et de baleines par l'intermédiaire de liaisons satellites ou radio à une unité, qui informent les capitaines et chercheurs de la zone que les animaux sont présents qu'une attention particulière est de mise une fois l'alerte donnée : <http://www.listenforwhales.org/page.aspx?pid=434>.

## Activités d'apprentissage

### 1. Frequencer:

To play the Frequencer game we developed an audio CD (or downloadable files on [www.marine-mammals.com](http://www.marine-mammals.com)), with sounds of different frequencies and volumes to play out loud. Additionally, an audiogram sheet layout is provided for the students. It is very simple and similar to the example on the right. Make a copy for each student and distribute the sheets before playing the sounds (the sounds are named accordingly). The students should mark down when they hear the sound and leave the spot blank if they don't. The result is their own, personal human hearing curve (audiogram)!

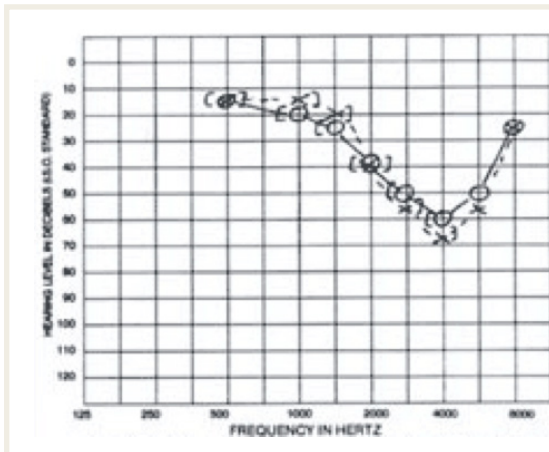


Figure 2 :  
Audiogramme. © [audiocheck.net](http://audiocheck.net)

### 2. Écholocation humaine :

Pour cette expérience, vous avez besoin de plusieurs grandes feuilles en bois, en plastique ou en carton (A0 ou tailles semblables. Vous pouvez utiliser d'anciennes boîtes en carton ou d'autres ressources dont vous disposez à l'école). Tous les étudiants doivent essayer d'émettre des clics avant l'expérience en utilisant leur propre main comme barrière pour voir si les clics émis sont efficaces. Cela peut leur prendre du temps de produire des sons efficaces, mais il s'agit d'un exercice de groupe amusant. Pendant l'expérience, tous les étudiants doivent rester silencieux afin d'obtenir le meilleur résultat. Les étudiants doivent former un cercle, en le protégeant avec les « murs ». Placez un étudiant avec les yeux bandés dans le cercle. Les autres étudiants tiennent des panneaux en carton vers l'étudiant avec les yeux bandés, qui doit émettre des clics/sons rapides et marcher lentement vers eux. Lorsque l'étudiant avec les yeux bandés atteint les murs, il/elle remarquera un changement dans le clic sonore et donc dans l'objet sur son chemin, ce qui l'incitera à tourner. Selon le temps et l'intérêt des étudiants, cette expérience peut être réalisée à plusieurs reprises avec différents candidats les yeux bandés.

### 3. La direction du son :

Utilisez le tube gris avec l'entonnoir orange pour cette expérience. Un étudiant le tient d'une oreille à l'autre en le faisant passer par le dos. Un autre étudiant tape délicatement sur le tube derrière le dos de l'étudiant. Cette expérience peut être réalisée dans différentes positions et de chaque côté afin que l'étudiant à l'écoute puisse entendre et indiquer l'endroit où on a tapé sur le tube. Plus le son se rapproche du milieu, plus il sera difficile pour les étudiants de distinguer la direction du son.

## 4. Nommez le son :

Cette section inclut une présentation PowerPoint avec différents sons naturels et anthropiques à comparer. Après avoir entendu le son, les étudiants ont 4 choix de réponses (a, b, c et d) et ils doivent deviner le son qu'ils entendent. Ce jeu peut être complété seul (tous les étudiants prennent note de leurs réponses) ou en petits groupes (les étudiants doivent arriver à un accord pour trouver la bonne réponse), ce qui encourage la réflexion et la discussion.

## 5. L'expérience du rideau de bulles (voir la description à part pour plus de détails)

Tout le matériel nécessaire pour le rideau de bulles se trouve dans la boîte d'expédition. En outre, vous aurez besoin d'un aquarium, d'un récipient et d'un seau rempli d'eau.

Reliez le tube de bulles avec le tube fourni à la pompe de l'aquarium et posez-le dans un petit cercle afin qu'il y ait 2 cercles complets. Placez le tube en forme de cercle avec des poids dans le récipient d'eau pour qu'il reste au fond. Une « alarme panique » rouge est fournie comme dispositif sonore, qui s'enclenche en tirant sur la ficelle (elle s'arrête lorsque vous repoussez la tige à l'intérieur). Cet appareil doit être suspendu dans l'eau. IMPORTANT : assurez-vous que l'appareil est suspendu dans la colonne d'eau et ne touche pas le sol. S'il touche le sol, les parois de l'aquarium/du seau font office de transmetteurs de son et l'expérience ne fonctionnera pas, car le bruit « panique » ne sera pas dispersé de façon égale par toutes les parois du récipient.

Lorsque les étudiants ont entendu le son de l'appareil immergé en suspension, ils doivent rester silencieux durant la partie du rideau de bulles de l'expérience. Branchez la pompe de l'aquarium pour démarrer le rideau de bulles. Une baisse clairement détectable du niveau du son se produira ! Ne faites pas durer l'expérience trop longtemps, car nos oreilles s'adaptent au volume des sons et le bip nous paraît plus bruyant après un moment.

## 6. Construisez votre propre hydrophone

Dans la boîte d'expédition, vous trouverez également tout le matériel nécessaire à la construction d'un hydrophone pour écouter les sons sous l'eau. Voir la description séparée pour plus de détails.

## 7. Gap text

**Fill in this gap text with the provided words. Every word needs to be used once. Words and numbers to use:**

340, 1500, amplitude, anthropogenic, auditory range, behaviour, communicate, construction, cycle, damage, decreasing, density, distances, eardrums, echolocation, exploration, factors, food, frequencies, 2x frequency, hear, hearing, 2x higher, hydrophones, identify, increases, injury, intensity, loud, masking, microphones, mitigation, pressure, salinity, sense, sound, source, species, technologies, temperature, temporary, toothed whales, underwater, vibrating, volume, wave length, waves

Les sons que nous entendons sont en réalité des \_\_\_\_\_ qui traversent l'air ou l'eau et que nous pouvons détecter grâce à nos \_\_\_\_\_. Des sons peuvent être obtenus en faisant \_\_\_\_\_ un objet.

Le son est défini par l' \_\_\_\_\_, la \_\_\_\_\_ et la

\_\_\_\_\_.

L'\_\_\_\_\_ est le changement de pression lorsque l'onde sonore passe. Augmenter l'amplitude d'un son le rend plus fort, comme lorsque vous augmentez le \_\_\_\_\_ de votre radio. Quand l'amplitude de l'onde sonore \_\_\_\_\_, l'intensité du son augmente. Les sons dont l'intensité est plus \_\_\_\_\_ sont dès lors perçus comme étant plus forts.

La \_\_\_\_\_ est le paramètre physique pour déterminer le nombre de cycles d'une onde de son en une seconde. Elle produit des tons aigus ou graves, de sorte que lorsque vous augmentez la fréquence du son, un son plus \_\_\_\_\_ est émis, alors que lorsque vous la fréquence, un son plus grave est émis.

La longueur d'onde ressemble à la longueur d'un \_\_\_\_\_ d'onde, calculée à partir d'une position spécifique d'une onde à la même position de l'onde suivante.

Le son se déplace dans l'air à une vitesse approximative d'environ \_\_\_\_\_ m/s, alors que dans la mer, il se déplace à une vitesse approximative d'environ \_\_\_\_\_ m/s.

La vitesse du son dépend de la \_\_\_\_\_, de la \_\_\_\_\_, de la \_\_\_\_\_ de la matière par laquelle il traverse, et dans la mer, également de la \_\_\_\_\_.

Les instruments utilisés pour enregistrer les sons s'appellent des \_\_\_\_\_ dans l'air et des \_\_\_\_\_ dans l'eau.

Le \_\_\_\_\_ est très important pour les animaux, car il leur permet de \_\_\_\_\_ ce qu'il se passe autour d'eux et d' \_\_\_\_\_ sur de grandes \_\_\_\_\_ et depuis toutes les directions. Les mammifères marins se fient au son pour \_\_\_\_\_ acoustiquement les alentours, communiquer, localiser de la, et se protéger \_\_\_\_\_.

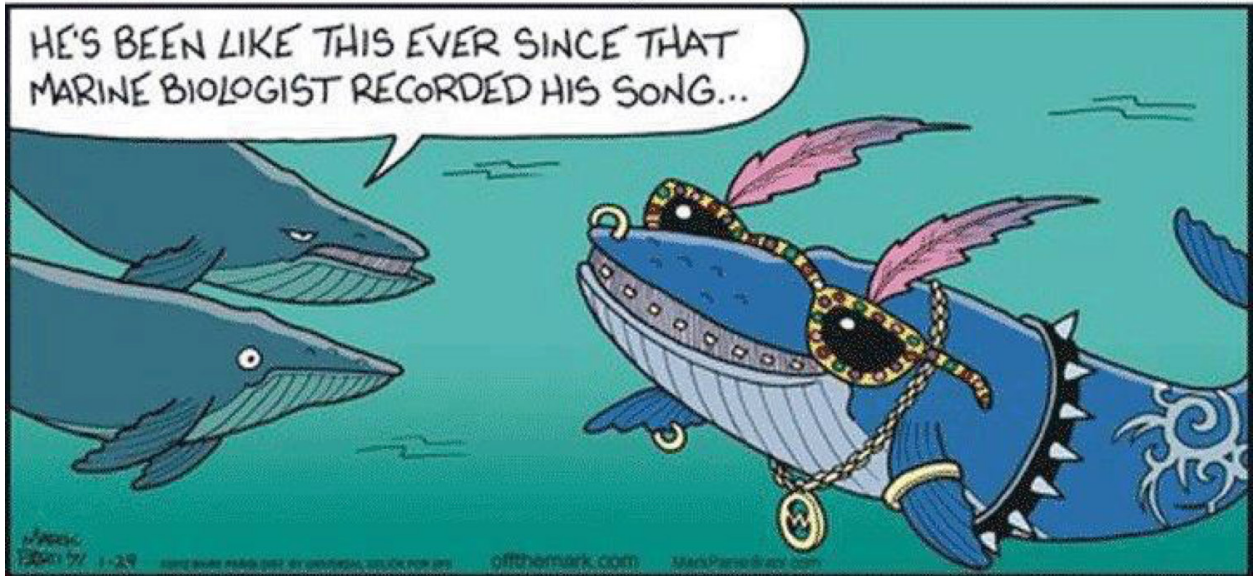
Les \_\_\_\_\_ utilisent l' \_\_\_\_\_ pour \_\_\_\_\_ les objets, tels que la nourriture, les obstacles et d'autres baleines.

De nombreux \_\_\_\_\_ rentrent en ligne de compte pour savoir si une \_\_\_\_\_ sonore affecte les mammifères marins et dans quelle mesure. La \_\_\_\_\_ de la source, les \_\_\_\_\_ qu'elle émet, l'endroit où elle sera utilisée, et les \_\_\_\_\_ qui pourraient être dans la zone sont des facteurs qui doivent être pris en compte. Si les sons se trouvent dans le \_\_\_\_\_ des animaux, ils peuvent les affecter. Ils pourraient empêcher les mammifères marins d' \_\_\_\_\_ des sons importants, ce que l'on appelle le \_\_\_\_\_, ou amener les animaux à modifier leur \_\_\_\_\_. Si les sons sont très forts, ils pourraient entraîner des \_\_\_\_\_ physiques chez les animaux. L'exposition à des sons très forts peut provoquer des \_\_\_\_\_ auditifs \_\_\_\_\_ ou permanents.

Les activités qui produisent du son comprennent le transport, la \_\_\_\_\_, la défense, l' \_\_\_\_\_ géophysique et la recherche océanographique. L'objectif des techniques d' \_\_\_\_\_ et des autres \_\_\_\_\_ est de réduire les répercussions du son \_\_\_\_\_ (provoqué par l'homme) sur les mammifères marins.

**off the mark**.com

by Mark Parisi







## Information for teachers and educators:

**Ce module a été conçu pour expliquer la complexité du monde acoustique et pour susciter l'intérêt des étudiants pour les sujets relatifs à la physique.**

Les informations générales se trouvent dans une présentation PowerPoint, qui peut être donnée aux étudiants ou qui peut servir de moyen de transmission d'informations pour le professeur. Pour plus d'informations concernant l'acoustique, consultez <http://www.dosits.org> et <http://www.acs.psu.edu/drussell/demos.html> (tous deux en anglais).

Il y a également plusieurs expériences pratiques que les étudiants peuvent réaliser eux-mêmes ou en groupes.

Chaque partie du module est conçue pour un cours de 45 min, mais peut être écourtée ou allongée selon la volonté du professeur. Les expériences peuvent être combinées ou exclues, il n'y a pas d'obligation d'utiliser tout le matériel présent dans ce module pour un certain programme d'étude. Si la classe montre un intérêt particulier pour une partie du sujet, le professeur peut le développer plus en profondeur et écourter ou passer d'autres parties. La réussite des expériences et le temps qui y est consacré dépendent de la capacité de concentration des étudiants. Si vous avez des étudiants plus agités, qui se dissipent facilement, prévoyez plus de temps pour les expériences.

### Ce module comprend :

- **Des informations générales sur l'acoustique** (présentation PowerPoint)
- **Des questions pour les étudiants**
  - Que signifie « l'acoustique » ?
  - Comment les mammifères marins entendent/communiquent-ils au sein leur environnement et comment le perçoivent-ils ?
  - Pourquoi la pollution acoustique/sonore est-elle importante/dangereuse pour les mammifères marins ?
  - Qu'est-ce que la pollution sonore ?
  - Comment pouvons-nous améliorer la situation actuelle du bruit sous-marin ?
  - Comment pouvons-nous tirer parti de l'acoustique pour protéger les mammifères marins et en apprendre plus à leur sujet ?
- **Des jeux/expériences servant de support au processus d'apprentissage**
  - Un fréquenceur (CD audio/fichier téléchargeables avec des sons pour que les étudiants déterminent leur propre courbe d'audition sur le graphique d'un audiogramme.
  - L'écholocalisation humaine (un étudiant avec les yeux bandés émet des clics/des sons rapides tout en marchant dans un cercle fermé. Les murs renverront le son ce qui l'incitera à tourner)
  - La direction du son (les étudiants entourent leurs oreilles d'un tube. En tapant de chaque côté sur le tube, l'étudiant peut distinguer la direction du son)
  - Nommez le son (une présentation avec différents sons naturels et anthropiques pour que les étudiants les comparent et trouvent l'activité qui correspond au son)
  - L'hydrophone (les étudiants peuvent construire leur propre hydrophone et écouter dans une rivière ou un lac local, ou dans la mer pour déterminer ce qu'ils peuvent entendre sous l'eau.
  - L'expérience du rideau de bulles (un rideau de bulles est construit près d'une source de

- bruit pour présenter un appareil d'atténuation du bruit utilisé dans la pratique)
- Un texte à trous (les étudiants peuvent regrouper une partie de ce qu'ils ont appris dans ce module)
  - Comparaison du spectre de l'audition et de la communication chez le marsouin et l'orque

### Informations générales sur l'acoustique

**Utilisez la présentation PowerPoint mise à votre disposition pour soutenir/améliorer vos propres connaissances. Celle-ci ou une partie de celle-ci peut également être fournie aux étudiants comme une présentation.**

#### Questions pour les étudiants

Débutez ce sujet avec une session de questions-réponses avec les étudiants. Nous souhaitons d'abord les amener à réfléchir sur le sujet des mammifères marins et du son. Connaissent-ils déjà quelque chose sur l'acoustique ?

- Que signifie « l'acoustique » ?
- Qu'est-ce que le son ?
- Comment les mammifères marins entendent/communiquent-ils au sein leur environnement et comment le perçoivent-ils ?
- Qu'est-ce que la pollution sonore ?
- Pourquoi la pollution acoustique/sonore est-elle importante/dangereuse pour les mammifères marins ?
- Comment pouvons-nous améliorer la situation actuelle ?
- Comment pouvons-nous tirer parti de la recherche acoustique pour protéger les mammifères marins et recueillir des informations grâce à elle ?

Après avoir récolté les réponses des étudiants, expliquez les véritables réponses à chaque question individuellement. Pour vos réponses et vos explications, utilisez autant de détails que possible provenant des réponses fournies et des infos supplémentaires du PowerPoint, selon l'âge de votre classe.

#### Solutions du texte à trous

*ondes, tympan, vibrer, intensité, fréquence, longueur d'onde, amplitude, volume, augmente, élevée, fréquence, aigu, diminuez, cycle, 340, 1500, température, pression, densité, salinité, microphones, hydrophones, son, communiquer, entendre, distances, percevoir, nourriture, sous l'eau, cétacés à dents, écholocation, identifier, facteurs, source, puissance, fréquences, espèces, champ auditif, entendre, camouflage, comportement, blessures, dommages, temporaires, construction, exploration, atténuation, technologies, anthropique*

#### Informations supplémentaires :

Si votre école possède des tablettes ou des iPads ou qu'elle les autorise, il existe des applications comme « Analyzer » (<https://itunes.apple.com/us/app/analyzer/id454225351?mt=8>), disponibles en ligne, qui permettent d'analyser l'acoustique. Vous et vos étudiants pourriez télécharger cette application et analyser différents environnements de travail ou sources de son.