

Le Son

Arrière-plan scientifique.

Ce module est conçu pour fournir aux élèves l'occasion d'explorer la diversité et le comportement du son en se concentrant sur trois domaines : (a) comment sont produits les sons ; (b) trois caractéristiques principales des sons (hauteur de son, volume et timbre) ; et (c) comment le son voyage.

Ce document d'information présente les concepts de base sur lesquels se centrent les séquences et la façon dont ces concepts sont directement reliés aux investigations et aux observations des élèves. Bien qu'il ne soit pas nécessaire d'avoir étudié le son pour enseigner ce module, il est utile d'être familiarisés avec le matériel et les résultats possibles de chaque séquence. Tandis que les élèves progressent dans le module, ils doivent faire beaucoup d'observations et de découvertes. La meilleure façon de vous préparer à pouvoir les encourager, leur faciliter le travail et à enseigner est de prendre le temps d'explorer vous aussi le matériel. Bien que nous soyons constamment entourés de sons, les sons que nous produisons et les découvertes que nous faisons sur le son peuvent être pleins de surprise, d'intérêt et d'amusement. En même temps que vous lisez ce document, essayez certaines des explorations décrites dans les séquences et quelques explorations supplémentaires que vous inventez vous-même. La section Ressource de l'Enseignant de ce guide, fournit une liste de livres qui peuvent apporter de nombreuses idées aux enseignants qui veulent prolonger les travaux de leur classe au-delà des cours du module.

Que pouvez vous entendre ?

Bien que nous entendions constamment des sons, nous prenons rarement le temps de *vraiment* les écouter. Avant de se lancer dans une exploration des caractéristiques du son, il est important de prendre le temps d'écouter, de remarquer des détails de sons spécifiques, et de se familiariser avec leur variété et leur diversité. Les séquences 1 et 2 aident les élèves à le faire en leur donnant l'occasion d'observer et de décrire les différents sons autour d'eux. En commençant par ces expériences principalement qualitatives, les élèves développent leur aptitude à l'observation et se familiarisent avec un langage qu'ils peuvent utiliser pour parler de leur travail.

Pour se faire une meilleure idée des types d'observations que les élèves pourraient faire, explorez et observez vous-même quelques sons. Prévoyez quelques minutes à différents moments de la journée pour écouter les sons dans et autour de votre classe et prenez un peu de temps pour explorer différents types de musique.

Qu'est-ce que le son ?

Une compréhension de base de la physique du son commence par un regard sur les vibrations et les ondes.

Tous les sons sont provoqués par des **vibrations** d'objets matériels. Dans la séquence 3, les élèves examinent les vibrations associées aux sons qu'ils produisent avec leurs corps et un mirliton. Fabriquez vous-même un mirliton et jouez-en. Les vibrations que vous pouvez sentir dans votre gorge et sur le papier sulfurisé sont les sources des bruits que vous entendez. Les vibrations provoquent une perturbation

dans l'air sous la forme d'une onde. Les ondes peuvent se déplacer dans l'air et d'autres matières. Ce mouvement de l'onde de la source vibrante à nos oreilles nous permet d'entendre des sons. Continuez et faites l'investigation décrite dans la séquence 4. Pendant que vous faites l'exploration avec le diapason, les tambours, et le sable, vous pouvez voir les objets vibrants qui créent les ondes sonores. Parce que les ondes sonores ne sont pas observables, les élèves se concentrent durant le module sur ces signes de vibrations observables et non sur les ondes sonores elles-mêmes. Les documents d'information suivants sont destinés à vous et non à vos élèves, afin de vous aider à mieux comprendre les ondes sonores pour que vous puissiez guider les élèves dans leurs explorations.

Qu'est ce qu'une onde ?

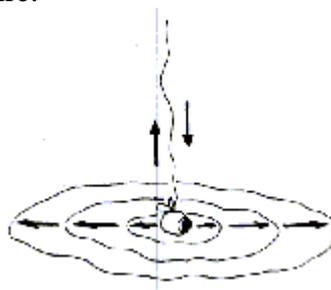
Le son parvient jusqu'à nos oreilles par un mouvement ondulatoire. Dans un mouvement ondulatoire, la matière à travers laquelle l'onde voyage ne se déplace pas avec l'onde ou ne change pas ; seule l'énergie produite par la source vibrante se déplace avec l'onde. Par exemple, si vous attachez une ficelle à une poignée de porte et que vous la secouez, la ficelle bouge de haut en bas de façon rythmée, une onde se propage en faisant des aller-retour le long de la ficelle ; cependant, une fois que la ficelle s'arrête, elle est identique à ce qu'elle était avant que l'onde ne la parcourt. L'énergie de l'onde créée par votre main a fait un aller-retour le long la ficelle se propageant d'une façon comparable à l'effet domino, en déplaçant la ficelle pendant que l'énergie voyage, mais une fois qu'elle s'est arrêtée, la ficelle n'a pas changé.



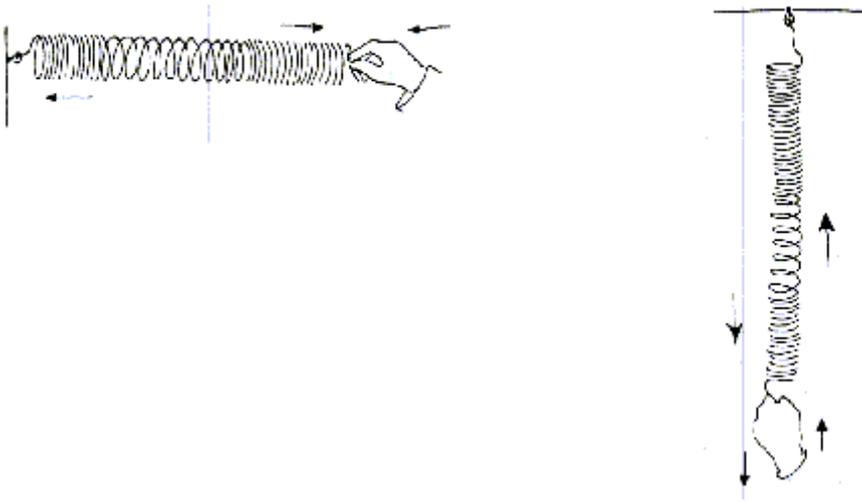
Un autre exemple peut être trouvé en regardant du gazon ou un champ un jour de grand vent. Pendant que le vent souffle sur les brins vous pouvez voir les ondes passer, mais quand le vent s'arrête l'herbe reprend sa position d'origine.

Ondes transversales et longitudinales.

Il y a deux types d'ondes, **transversale** et **longitudinale**. Une onde transversale voyage perpendiculairement à l'objet vibrant qui l'a engendrée. Par exemple, si vous accrochiez une perle à une ficelle et que vous la plongiez et la ressortiez rapidement de l'eau, les ondes résultantes seraient des ondes transversales. Les ondes de la ficelle attachée à la poignée de la porte, décrites plus haut, sont aussi des ondes transversales : votre main bougeait dans une direction (de haut en bas sur l'image), et l'onde se déplaçait dans la direction perpendiculaire.



Les ondes longitudinales se produisent quand l'objet vibrant bouge d'avant en arrière suivant la même direction que celle de l'onde qui voyage. Quand vous tirez et poussez successivement sur un ressort, vous produisez une onde longitudinale.

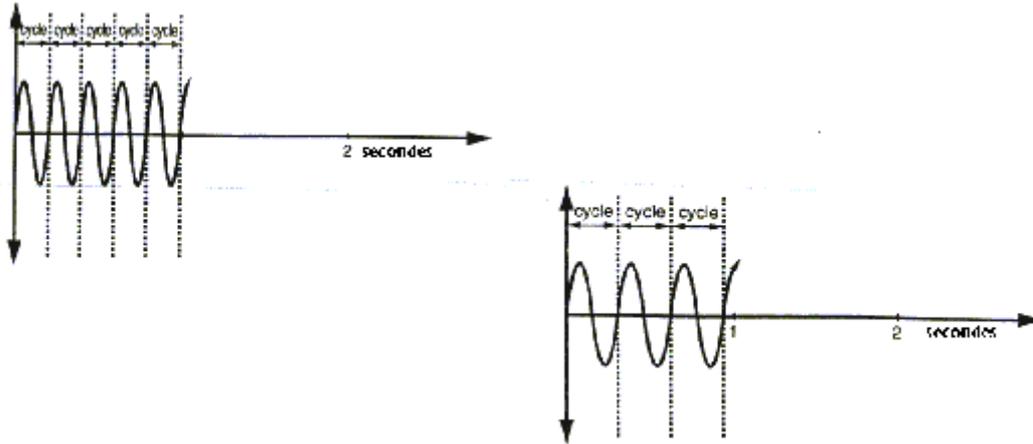


Comment voyagent les ondes sonores à travers l'air ?

Quand le son voyage dans l'air, c'est sous la forme d'une onde longitudinale, provoquant un mouvement alterné de rapprochement et d'éloignement des molécules de l'air, comme le font les spires du ressort montré dans le dessin ci-dessus. Frappez un diapason. Le diapason vibre et entraîne les molécules de l'air à vibrer dans un mouvement de va-et-vient, dans une réaction en chaîne type effet domino, envoyant ainsi des ondes sonores à travers l'air. Nous ne pouvons pas voir les molécules vibrer, mais nos tympans peuvent sentir ces petites vibrations que nos cerveaux identifient alors comme du son.

Caractéristiques des ondes

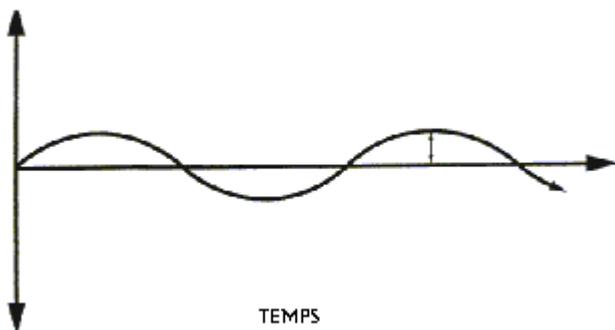
Deux caractéristiques principales des ondes sont la fréquence et l'amplitude. La fréquence est le nombre de cycles d'aller-retour de vibrations que l'objet vibrant accomplit par seconde, ou si on se réfère au ressort, le nombre de fois où un point de ce ressort accomplit un cycle aller-retour. La représentation visuelle d'une onde sur le graphique montre une fréquence de 3 cycles par seconde pour une onde et une fréquence de 5 cycles par seconde pour l'autre. L'unité utilisée pour décrire la fréquence ou nombre de cycles par seconde, est l'hertz (Hz).



Ainsi, si vous poussez et tirez sur un ressort quatre fois en une seconde, la fréquence de l'onde créée sera de 4 Hz. Quelqu'un regardant le ressort verrait une spire aller et venir en $\frac{1}{4}$ de seconde. La personne qui regarde la spire verrait cette séquence répétée quatre fois chaque seconde, puisque la fréquence est de 4 Hz ou 4 oscillations complètes (« aller-retour ») par seconde.

Nous interprétons les ondes sonores de haute fréquence comme des sons « aigus », tels que ceux produits par un piccolo. Les ondes sonores de basse fréquence, telles que celles produites par un tuba, nous les interprétons comme des sons « graves ».

Représentez-vous encore une fois le ressort. Pendant que l'onde voyage à travers le ressort, chaque spire est déplacée d'une certaine quantité dans les deux directions autour de sa position d'origine. Cette distance de mouvement de chaque spire par rapport à sa position stationnaire est appelée amplitude de l'onde. Si vous poussez et tirez plus fort sur le ressort 4 fois par seconde, l'amplitude de l'onde augmentera et la fréquence restera la même. Le son aura la même hauteur de son mais sera plus fort pour nos oreilles. En d'autres termes, l'amplitude est la distance entre le point central de l'onde et son point le plus haut ou le plus bas tel qu'il est montré ici. Nous interprétons les ondes sonores avec différentes amplitudes comme ayant différents volumes, ou forces ; plus l'amplitude est grande, plus le volume est important.



Qu'est-ce que la hauteur de son ?

Hauteur de son et tension

Dans la séquence 5 les élèves commencent à explorer quelques-unes des caractéristiques du son, en commençant avec la hauteur de son. Fabriquez quelques tambours tels qu'ils sont décrits dans cette séquence. Expérimentez en rendant la peau du tambour plus ou moins tendue. En le faisant, le son produit par le tambour changera en un son plus « haut » ou plus « bas » (la hauteur de son). Quand vous tapez sur la peau du tambour vous la faites vibrer, ce qui engendre des ondes sonores, comme nous l'avons décrit précédemment. Quand vous tendez davantage la peau du tambour et la frappez de nouveau, la hauteur de son est plus haute car tendre davantage la peau du tambour la fait vibrer plus vite quand elle est frappée.



Cette idée peut facilement être illustrée d'une autre manière, en utilisant des élastiques et des planches percées. Dans la séquence 6, les élèves doivent fixer des élastiques sur des planches percées de manière à ce que, lorsque les élastiques sont pincés, on obtienne différentes hauteurs de son. Essayez de le faire vous-même. Quand vous aurez réussi prenez un peu de temps pour comparer entre elles les vibrations des élastiques quand vous les pincez. Les élastiques qui ont plus de **tension** vibrent plus vite. Là encore, la **fréquence** des ondes que l'on crée augmente. Un son avec une fréquence plus haute a une hauteur de son plus élevée et vice versa.

Hauteur de son et taille

La séquence 7 explore la relation entre la taille de la source de vibration et la hauteur de son. Accrochez les petites, moyennes et grosses rondelles sur trois ficelles séparées et secouez-les. Elles produiront des sons de différentes hauteurs de son. La fréquence des ondes sonores produites lorsque les petites rondelles s'entrechoquent est plus grande, et a pour résultat une hauteur de son plus haute. Vous pouvez aussi noter l'effet de la taille si vous utilisez les agitateurs à peinture.

La séquence 8 illustre encore la relation entre la tension, la taille, la hauteur de son, et les vibrations. Pendant que les élèves augmentent la tension des ficelles de leurs « guitares », ils observent que la hauteur de son devient plus élevée. En continuant ils peuvent trouver que deux ficelles de longueurs différentes peuvent avoir des hauteurs de son différentes, même si la tension est presque la même.

Cette idée peut aussi être illustrée en regardant une guitare. Quelques-unes des cordes sont plus épaisses que d'autres. Même quand la tension de toutes les cordes est pratiquement la même, les plus grosses cordes fourniront toujours un son plus grave. Essayez des ficelles de différentes tailles sur la « guitare » décrite dans la séquence 8. Des peaux de tambours de différentes tailles mais avec une tension équivalente pourront aussi illustrer ce concept.

Hauteur de son et type de matière

Une troisième caractéristique des objets vibrants qui a un effet sur la hauteur de son est le type de matière avec lequel l'objet est fabriqué. Par exemple si vous avez deux différents types de ficelles sur votre « guitare » dans la séquence 8, et qu'elles ont la même longueur, la même taille et environ la même tension, elles pourront quand même avoir un son différent parce qu'elles sont faites de matière différentes. Bien que les élèves n'explorent pas cette idée de manière approfondie durant le module, ils peuvent quand même en observer des exemples.

Qu'est-ce que le volume ? (en France on parle d'intensité du son, notion liée à l'énergie vibratoire des ondes sonores).

Dans la séquence 9 les élèves commencent à explorer une autre caractéristique du son – le **volume**. Bien que le volume soit très facile à comprendre pour les élèves puisqu'ils y sont tellement habitués, la science peut être quelque peu compliquée. Le volume est lié à la quantité d'énergie que l'onde sonore transmet. Quand il y a plus d'énergie, l'amplitude de l'onde (décrite plus haut) augmente et le son est plus fort. En utilisant les vis, attachez quelques ficelles à la planche percée dans des positions diverses. Essayez de pincer la ficelle doucement ; puis pincez-la pour qu'elle produise un son plus fort. Vous augmentez l'énergie de l'onde créée par la vibration en y mettant plus d'énergie. Chantez une note doucement puis chantez la même note de plus en plus fort. Vous pouvez sentir que vous faites un effort de plus en plus grand, en utilisant de plus en plus d'énergie. En faisant cela vous augmentez l'amplitude de l'onde créée par vos cordes vocales vibrantes, ce qui fait que le son produit est plus fort. La séquence 9 donne aux élèves l'occasion d'explorer ce phénomène par eux-mêmes.

Amplification

Pendant que les élèves poursuivent le module, ils explorent d'autres méthodes pour augmenter le volume des sons sans augmenter l'apport d'énergie. La séquence 10 leur présente l'amplification en utilisant les **tables d'harmonie**. Prenez un peigne et faites courir votre doigt le long des dents. Le son créé est plutôt faible. Maintenant posez le dessous du peigne sur une surface en bois, telle qu'une table, et refaite vibrer les dents. Maintenant le son est plus fort.

L'augmentation du volume est engendrée par ce que l'on appelle une **vibration forcée**. Le peigne vibrant force la table à vibrer. Ensuite, puisqu'il y a deux objets vibrants et une plus grande surface vibrante, plus d'air est mis en mouvement, ce qui produit un son plus fort. Essayez de frapper un diapason sur un objet dur puis tenez le diapason en l'air. Le son n'est pas très fort. Maintenant si vous posez l'extrémité du diapason sur une table, le son augmente sensiblement car le diapason force la plus grande surface à vibrer.

Dans la séquence 10 les élèves fabriquent une table d'harmonie. Enroulez plusieurs élastiques autour de la boîte comme le montre le dessin dans la séquence 10. Pincez les élastiques et comparez le volume du son avec le son que vous entendez quand les élastiques sont placés sur les tees de golf. Le son des élastiques sur la boîte doit être beaucoup plus fort car le carton agit comme une table d'harmonie. Des

instruments tels que les violons et les guitares peuvent produire des sons qui sont assez forts en partie parce que le bois agit comme une table d'harmonie.

Comment le son voyage-t-il ?

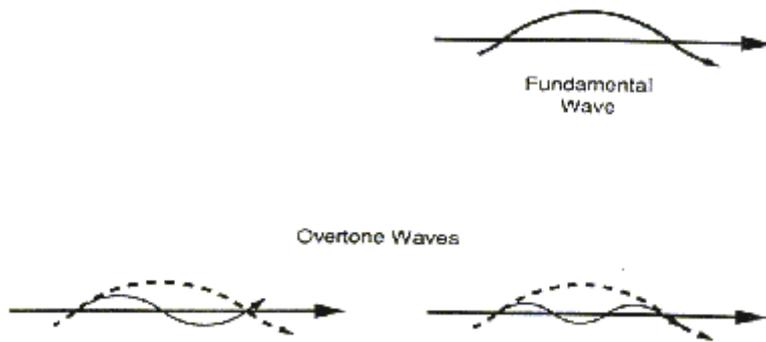
Le son peut voyager à travers d'autres milieux que l'air. Dans la séquence 11, les élèves étudient ce phénomène. La condition pour qu'un transmetteur de son soit bon est d'être **élastique**. Si une substance a une grande élasticité elle est capable de transmettre de l'énergie sans beaucoup de perte. En d'autres termes, lorsque les ondes voyagent à travers un matière élastique elles sont moins atténuées. Si vous pensez à un cube d'acier et à un bout de mastic, votre première impression pourrait être que le mastic est plus « élastique » dans l'utilisation quotidienne de ce mot. Mais si vous poussez sur le mastic, le trou de votre doigt ne rebondit pas ; le mastic absorbe l'énergie de votre poussée. En revanche, l'acier ne semble pas du tout être modifié par la poussée. L'acier est plus « élastique » et transmettra le son plus facilement. Placez une montre mécanique ou tout autre objet qui produit un son très faible sur le sol ou sur une longue table. Il est difficile d'entendre si l'on se tient à quelques mètres. Mais cependant si vous collez votre oreille sur le sol ou sur la table, vous pourrez l'entendre très bien. Le son est transmis à travers l'objet solide à votre oreille. L'air est aussi un assez bon transmetteur du son ; toutefois le son diminue en intensité plus rapidement quand il voyage à travers l'air que quand il voyage à travers des solides durs car il sort dans toutes les directions.

Essayez de faire des expérimentations avec les ficelles, les téléphones et les objets métalliques décrits dans la séquence 12. L'efficacité avec laquelle ces ficelles conduisent le son peut être assez surprenante.

Qu'est-ce que la qualité ?

Dans la séquence 13, les élèves examinent une troisième caractéristique du son musical : la qualité ou le timbre. Faites des tambours en utilisant de la peau de chamois, des ballons et du caoutchouc. Ajustez les tambours de façon à ce qu'ils aient le même hauteur de son. Si vous en jouez de façon à ce que leurs sons soient tous aussi forts vous trouverez quand même que les sons sont très différents. De la même façon, il est assez facile de noter la différence entre une clarinette et un piano même s'ils jouent la même note avec la même intensité.

Ainsi que nous l'avons mentionné plus haut, la hauteur de son est engendrée par la fréquence de l'onde créée par l'objet vibrant : néanmoins quand on joue d'un instrument, il crée en fait une fréquence principale, fondamentale qui détermine aussi bien la hauteur de son qu'une série de tons plus élevés et plus faibles appelés **harmoniques**. Les harmoniques sont des multiples de la fréquence fondamentale principale et se combinent pour donner au son son ton. Ainsi, bien qu'un piano et une clarinette puissent avoir la même fréquence fondamentale et donc la même hauteur de son, les harmoniques diffèrent et donnent aux sons leurs qualités caractéristiques.



Qu'est-ce que la musique ?

Dans la séquence 14, les élèves combinent toutes leurs connaissances pour créer leur propre musique. Certains des sons qu'ils produiront pourront être dissonants. Certaines personnes pourront appeler ces sons du « bruit ». D'autres sons qu'ils produiront pourront paraître « musicaux ».

Un son qui pourrait être considéré comme un bruit par certains peut, seul ou en combinaison avec d'autres sons, être considéré comme de la musique par d'autres. La limite entre « bruit » et « musique » est toujours variable, cela dépend de la culture et des goûts personnels des auditeurs. Encouragez vos élèves à prendre le temps d'explorer la variété des sons qu'ils peuvent créer avec les instruments de la classe et voyez où vous, et eux, placez la limite.