

Séance : L'origine du son



Durée : 1h30 - 2 heures



Objectifs de la séance

- Assimiler des sons à des objets : reconnaître trois sons
- Reproduire des sons similaires à partir d'autres matériaux
- Transmettre un message à distance via un téléphone yaourt
- Comprendre les principes régissant la propagation des ondes sonores
- Observer le comportement du son sous une cloche à vide
- Faire émerger des figures de Chladni sur des tonoscopes

Mots-clés

- Vibrations
- Ondes sonores
- Matière et densité
- Ernst Chladni



Conditions matérielles

Matériel nécessaire

Outils

- ✓ Une cloche à vide avec une pompe
- ✓ Un réveil
- ✓ Un haut-parleur avec une tablette
- ✓ Un tonoscope professionnel avec une membrane vibrante
- ✓ Six tonoscopes expérimentaux
- ✓ Une dizaine de tubes de résonance
- ✓ Divers objets : truelle, aluminium, verre, papier ponce, cloche, balsa, etc.
- ✓ Jeux de téléphones yaourt
- ✓ Une boîte papeterie
- ✓ Une vrille

Consommable

- ✓ Des jeux yaourt et de ficelles en réserve
- ✓ Des élastiques de diverses dimensions
- ✓ Rouleau de film plastique étirable
- ✓ Un paquet de ballons de baudruche
- ✓ Une ramette de papier A4
- ✓ Du sel, du sucre, du sable, de la semoule et de la farine
- ✓ Une ficelle assez longue



Déroulement

- Etape 1 - « Identifier un son : matériaux, composition, structure »

Dispositif    

- Phase sauvage :

L'animateur pose une question toute simple aux enfants : **Qu'est-ce que le son ?** Laisser les enfants réfléchir à cette question et proposer différentes réponses. L'animateur demande aux enfants de toucher leur gorge et d'émettre un son. Que peuvent-ils observer ? D'où sort la voix ?



Quelque chose vibre dans notre gorge : les cordes vocales. Notre voix, c'est du souffle transformé en son. L'air des poumons est projeté entre deux replis du larynx appelés cordes vocales. Lorsque l'air est propulsé sur ces replis, ils se mettent à vibrer et produisent un son. Le son est donc avant tout des vibrations.

Quels sons produisent les matériaux ? Quelles sonorités et pourquoi ?

Les participants sont soumis à un test à l'aveugle : le public s'exerce à identifier différents sons et doivent comprendre comment réagissent les matériaux.

Faire le jeu avec différents objets et matériaux : aluminium, truelle, verre, clochette, balsa, papier émeri, règle, etc.

On peut établir un tableau avec des colonnes : objets/source du son/ce qui provoque le son/j'aime ou je n'aime pas/pourquoi j'aime ou je n'aime pas/qualificatifs de ce son.

Utilisez des mots tels que **sec, bref, doux, mat, léger, fort, faible, aigu,** etc. pour qualifier les sons.

Commentaire [cb1]: Sur la tablette il faudrait prévoir une banque de sons de différents types pour pouvoir s'aider si les enfants ne comprennent pas certains termes



Chaque objet émet un son différent en fonction de sa nature et de sa composition. Un solide est constitué d'une chaîne infinie d'atomes reliés entre eux de manière plus ou moins dense. La densité et la structure des matériaux peuvent entraîner des sons très différents.

Pour aller plus loin, les participants utiliseront des matériaux afin de réaliser le doublage d'un court métrage. Il s'agira de mettre en place des effets sonores en doublage sur une scénette jouée sur la tablette.

Dans tous les cas, **le son a été produit par un objet qui vibre.** Ces objets sont naturels (les feuilles, la cascade), fabriqués (la peau d'un tambour, la corde d'une guitare, un tube de métal frappé), ou les cordes vocales d'un humain. Cet objet a été **mis en vibration, en oscillation**, par une sollicitation mécanique : la percussion, le frottement, l'effleurement, le souffle. On peut s'amuser à produire des sons avec des objets de toute sorte, par exemple des bouteilles plus ou moins pleines. **La plupart des objets sont susceptibles de vibrer**, brièvement ou plus longuement, lorsqu'ils sont stimulés ou frappés d'une façon adéquate.

Si la fréquence de la vibration se situe dans le domaine audible, alors elle produit un son ou un bruit.

- **Etape 2 - « La propagation des ondes »**

Dispositif



- Phase sauvage :

L'animateur explique aux enfants que nous allons aborder la propagation des ondes dans un solide. Les enfants s'organisent en binôme. Une table est mise à disposition pour chaque groupe. Un des participants met son oreille contre le bord de la table tandis que son camarade gratte l'autre côté de la table avec une épingle. Laisser l'enfant qui écoute coller et espacer son oreille de la table. Que peut-on observer ?



Les enfants peuvent observer que lorsqu'on colle son oreille sur le bord de la table, on entend le grattement de l'aiguille. A l'inverse, lorsqu'on écarte son oreille, on entend moins bien. On peut supposer que le bois de la table conduit mieux le son que l'air. Prendre l'exemple des indiens qui mettent leur oreille au sol pour écouter les chevaux qui galopent, les trains qui arrivent ou autre...

L'expérience peut être prolongée de manière assez simple à l'aide d'un ressort en métal. Donne un bout du ressort à une première personne. Cette dernière doit tenir solidement dans ses mains le bout du ressort tout en essayant de le maintenir immobile. Une seconde personne tient l'autre bout de ressort en faisant en sorte d'étirer ce dernier. Elle prend une quinzaine de spires du ressort à l'aide de son autre main, les comprime puis les lâche. Observez le phénomène... Refaire l'expérience en étirant plus au moins le ressort. Comparez les deux phénomènes. Que se passe-t-il ?



Expérience du ressort



L'expérience réalisée modélise la propagation du son dans un solide. On peut constater qu'une déformation parallèle au ressort s'est propagée le long de l'objet. Elle a ensuite rebondi sur le bout du ressort puis a rebroussé chemin. Au cours de la propagation, cette déformation s'est atténuée (à cause des frottements). On dit que l'onde sur le ressort est longitudinale et a été réfléchi.

On constate également que plus on étire le ressort et plus la déformation se propage vite. On peut en déduire que le son se propage d'autant plus vite dans un milieu quand celui-ci est dur, raide. Voici quelques données sur la vitesse du son :

- vitesse du son dans l'air : 340 mètres par seconde
- vitesse du son dans l'eau : 1400 mètres par seconde
- vitesse du son dans un solide (fer) : 5000 mètres par seconde



La propagation des ondes

• Etape 3 - « Les téléphones acoustiques »

Dispositif



- Phase sauvage :

L'animateur annonce que pour tester ce phénomène, le groupe va travailler sur un outil de communication ancestral : un téléphone acoustique ! L'objectif de cette activité est de parvenir à faire marcher ce système. Le public peut tester différentes méthodes, l'idée étant d'arriver à se faire passer un message, en chuchotant, à distance.



Le son est une vibration qui se propage dans différents milieux, le plus commun étant « l'air » mais les ondes sonores se répercutent sur tous les matériaux. Quand on parle dans une boîte, la voix fait des vibrations. En tendant la ficelle, s'il n'y a pas d'obstacles, la ficelle attachée au fond de la boîte, capte les vibrations que l'on génère et les transmet sur toute sa longueur. Arrivée en bout de course, le son est retransmis dans l'autre boîte ! La personne au bout du fil entendra donc le message.

Pour aller plus loin, les participants peuvent tester différents matériaux, que ce soit le coffrage de la boîte, la matière de la ficelle ou la taille de la caisse de résonance. Un tableau peut être mis en place afin de trouver le meilleur compromis.

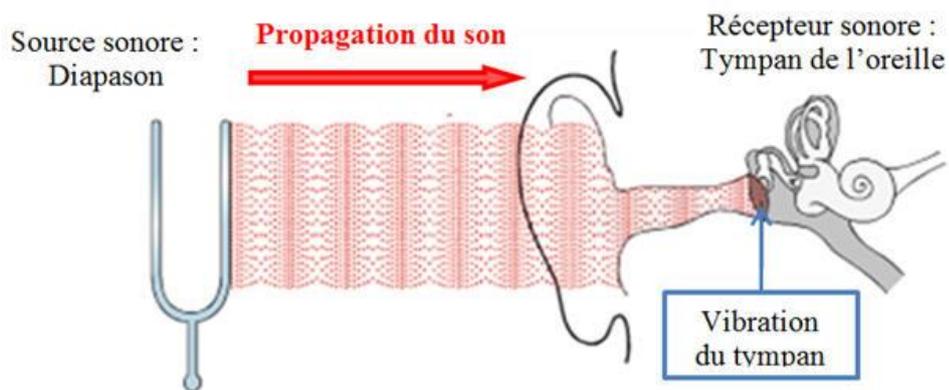


Commentaire [cb2]: Mettre des photos avec des yaourts PlaSci ca fera moins « cheap » (même des verres en plastique durs ca marche bien, et ca fera peut etre plus propre et ca sera plus solide !)

Jeux du téléphone yaourt

En faisant pincer la ficelle à un enfant pendant une conversation l'animateur leur fait constater que la ficelle vibre même si cela est imperceptible à l'œil nu. De même, il leur fera remarquer s'ils ne s'en sont pas rendus compte par eux-mêmes qu'il est important que la ficelle soit tendue sinon la vibration ne peut pas se prolonger.

Le défi ultime peut consister à intercepter un message émis avec un autre jeu de téléphones yaourt.



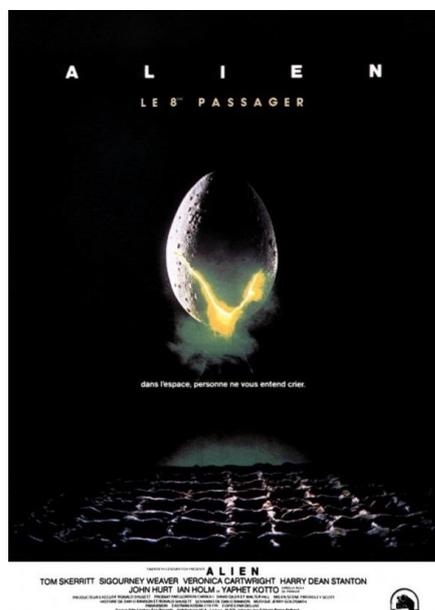
- Etape 3 - « Les ondes et la cloche à vide »

Dispositif



- Phase sauvage :

Si on regarde l'affiche du film Alien, il est marqué : « Dans l'espace, personne ne vous entend crier ». Sur Terre, le son se propage dans l'air et dans tous les corps, mais comment se comporte le son dans l'espace ? Comment réagissent les ondes sonores dans le vide ? Les participants essaient d'observer et d'interpréter ce qu'il se passe lorsque l'on met un réveil sous vide en évacuant l'air (cloche à vide). Comment se propagent les ondes sonores ?

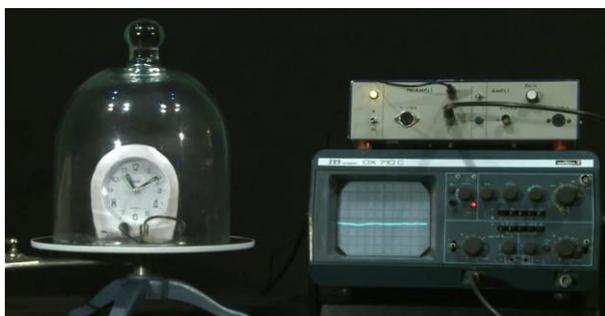


« Dans l'espace personne ne vous entend crier. », affiche du film Alien, le 8^e passager

Placer le réveille-matin sur le plateau de la cloche à vide et mettre la sonnerie en marche. Placer la cloche sur le plateau : à l'oreille, la sonnerie du réveil est affaiblie mais le son visualisé sur l'oscilloscope est nettement augmenté car la cloche se comporte comme une caisse de résonance. Mettons la pompe en action pendant deux à trois minutes... Qu'observe-t-on ?



La sonnerie d'un réveil enfermé dans une enceinte dans laquelle on a fait le vide ne s'entend quasiment plus. Le signal affiché sur l'oscilloscope apparaît encore, mais il est nettement affaibli. Lorsqu'on ouvre le robinet d'admission d'air pour remettre l'intérieur de la cloche à la pression atmosphérique... le signal se renforce et finit par retrouver son niveau initial, et la sonnerie du réveil redevient audible.



Expérience du son dans la cloche à vide



S'il n'y a pas de milieu de propagation, les ondes ne peuvent pas se propager. Le son ne se propage pas dans le vide. Le son est une vibration mécanique : pour se propager, il a besoin d'un support matériel. Dans un fluide compressible comme l'air, cette propagation se fait sous forme d'une variation de pression, la perturbation issue de la source sonore se propage de proche en proche, en utilisant le fluide comme support. Dans le vide, le son ne trouve plus de support matériel. C'est pourquoi la sonnerie du réveil devient inaudible au fur et à mesure que la pression dans la cloche diminue.

On peut aller plus loin, on peut aboutir au fait que la quasi-totalité des films de science-fiction sont donc faux ! Mais imaginez les batailles spatiales de Star Wars sans aucun son, ça serait beaucoup moins impressionnant !

- Etape 4 - « Le tonoscope et la cymatique »

Dispositif 

- Phase sauvage :



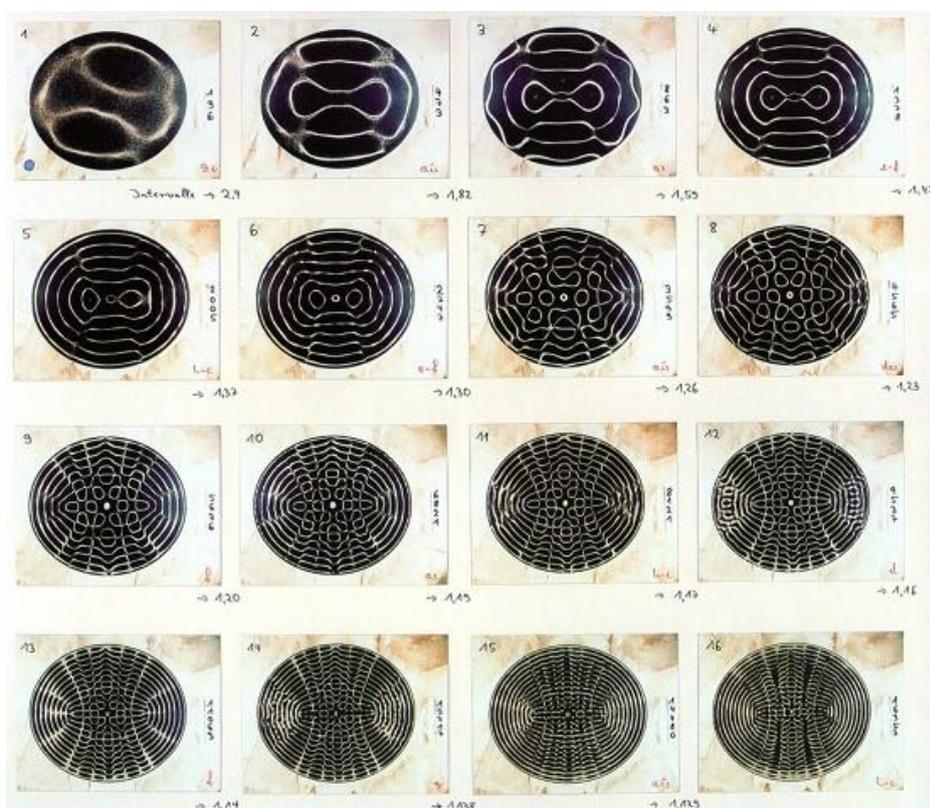
Visualiser des ondes avec un tonoscope

Comment peut-on observer des ondes sonores ? Les ondes sonores ont la particularité d'être invisibles à l'œil nu. Nos yeux sont incapables d'apercevoir ces ondes. Pourtant, en nous appuyant sur des expériences comme celles de Chaldni, nous pouvons voir que le son peut être à l'origine de formes.

Certains avancent que les sons peuvent se manifester par des formes. Compte tenu de leur immatérialité, cela ne semble guère possible... Pourtant, si on leur prête attention, on remarque qu'un son possède une structure dans le temps. Il a un début, un rythme et une fin. Les enfants peuvent essayer de dessiner ces formes. Il semble naturel que des structures rythmiques puissent avoir une correspondance dans l'espace. Nous allons explorer cette hypothèse.

A partir de tonoscopes, le public essaye de créer des formes via des ondes sonores. Que se passe-t-il lorsque nous changeons de fréquences ?

Les figures et nodules changent au gré des fréquences. Les figures deviennent plus ou moins complexes en fonction des graves et des aigus.



Les figures de Chladni sur des plaques métalliques

Historiquement, le premier à mettre en évidence les formes vibrantes des plaques a été un physicien allemand, Ernst Chladni (1756 - 1827). Chladni est le fondateur de l'acoustique moderne. Il prenait une plaque de verre ou de cuivre, de forme carrée, fixée sur un axe en son centre. Après l'avoir saupoudrée de sable, il la stimulait en frottant le bord de la plaque avec un archet de violon. En faisant varier la force de frottement, sa vitesse et son point d'application, il a obtenu de nombreuses figures variées.

Lorsqu'une plaque sur laquelle on a déposé du sable ou un liquide est soumise à une vibration, ces matériaux s'arrangent en d'extraordinaires figures géométriques. Par ce procédé, le son est transcrit en formes. Elles forment des figures symétriques d'autant plus fines et complexes que la fréquence vibratoire est élevée. Beaucoup de ces figures sont analogues à des formes que l'on trouve dans la nature. Les lignes où le sable se rassemble sont des zones calmes, l'équivalent des nœuds de la corde. Ce sont les lignes nodales.

Les fréquences graves produisent des figures simples. Plus la fréquence est élevée, plus le nombre d'éléments qui composent la figure est grand. Si au lieu d'une plaque, on choisit un support flexible tel qu'un **film plastique**, une membrane, il est **beaucoup plus sensible** aux sollicitations mécaniques. L'utilisateur peut émettre des sons par un canal qui débouche dans le vase et former de nouvelles figures.

Lorsqu'on émet un son continu de type voyelle, **se forme l'image physique de la vibration de cette voyelle**. Il est intéressant de faire varier la hauteur du son pour chercher les meilleures résonances. Si l'on chante lentement une mélodie, on voit la figure acoustique se modifier et suivre la mélodie. On peut ainsi "voir" toute une mélodie, tout en l'écouter.

Fin de l'atelier « Bilan/Rangement

Dispositif



L'animateur peut conclure en rappelant ce qu'est le son, comment se propage des vibrations et en vérifiant que les enfants se rappellent bien des différents points important : ce qu'est le son, la propagation des ondes sonores, etc. La prochaine activité mènera aux questions d'harmonie et de musicalité. S'il est possible de voir des ondes, on peut donc les manipuler. Quel est la différence entre son et musique ? Comment créer des notes ? Ces questions annoncent la suite de l'atelier : Tension et musicalité.