

Séance : Echos et résonances



Durée : 2 heures

Mots-clés

- Réverbération
- Acoustique
- Ondes sonores
- Effet Doppler



Objectifs de la séance

- Identifier l'origine d'un son : jeux d'échos et résonances
- Produire un son réverbéré et comprendre la propagation des ondes sonores
- Construire une caisse de résonance ou un réflecteur parabolique pour des prises de sons
- Expérimenter une illusion sonore : l'effet Doppler



Conditions matérielles

Matériel nécessaire

Outils

- ✓ Quatre tablettes numériques
- ✓ Diapason (électronique + classique)
- ✓ Mini cajon et petite cloche
- ✓ Tubes en métal, truelle, carré de balsa, verre
- ✓ Bassine de 10 L + 1 bouteille PET 1L
- ✓ Pistocolles avec recharges

Consommable

- ✓ Planchettes et carrés de balsa
- ✓ Conserves ou boîtes en métal
- ✓ Akylux et polystyrène
- ✓ Elastiques
- ✓ Ficelle d'attache



Déroulement

- Etape 1 - « Le colin-maillard du son »

Dispositif



Nous avons précédemment identifié que le son est une vibration qui se propage dans la matière sous forme d'ondes. Rappeler avec les enfants les expériences vues auparavant :

- *Les cordes vocales vibrent pour que l'on puisse émettre des sons (refaire avec eux).*
- *La matière a une influence sur ces vibrations (rappel de l'expérience du téléphone yaourt).*

L'animateur demande aux enfants s'ils savent comment se déplace un son dans un objet ou dans une pièce. Il leur demande ensuite de s'organiser en binôme. Chaque binôme prend un objet (tubes en métal, truelle, carré de balsa, verre) qu'il faudra retrouver à l'aveugle. Le jeu commence. Un des joueurs est désigné « chasseur » et aura les yeux bandés. Une fois aveugle, il doit essayer d'attraper son binôme dans la pièce qui a émis un son avec l'objet.

Vous avez remarqué la difficulté à identifier clairement l'origine d'un son ? A quoi peut-être lié ce phénomène ?

Ce phénomène est lié au fait que les ondes soient diffuses. Le son est une onde créée par la vibration d'un objet. Elle se propage sous forme de vagues diffuses dans un milieu qui permet sa propagation. Cette onde crée des variations de pression qui induisent un mouvement dans les particules d'air : elles se déplacent, se heurtent, et exercent des forces supplémentaires sur leurs voisines ; cela crée des perturbations.

Attention à ne pas donner des données trop nombreuses et trop compliquées qui brouilleraient les enfants. Les informations peuvent arriver par la suite sur les manipulations suivantes.

- Etape 2 - « Les ondes dans l'eau »

Dispositif 

L'animateur demande aux enfants s'ils connaissent un milieu dans lequel on pourrait observer le déplacement d'ondes (sonores ou physiques). Dans une bassine, observer la propagation des ondes dans un fluide.



Lorsqu'on jette une pierre dans l'eau : cela forme des petites vagues qui se déplacent sous forme d'ondes. L'onde prend une forme de cercle qui a pour centre le point de chute du caillou. La trajectoire suivie par chaque particule ressemble fortement à une vague : il s'agit d'un mouvement sinusoïdal autour d'une position centrale (ce nom vient de la fonction mathématique sinus qui permet

de tracer cette courbe, cela confirme bien le caractère diffus et dispersé d'une onde). L'onde se propage de manière semblable dans toutes les directions.

Les points importants à observer sont :

- Une décroissance de la force de l'onde liée à la distance
- Des réverbérations lorsque l'onde rencontre des obstacles

- **Etape 3 - « Echo et réverbérations »**

Dispositif 

Intéressons-nous à un phénomène amusant : la réverbération, plus communément appelée écho. Cette sensation de son qui « dure » (ou qui « revient ») provient de l'environnement dans lequel on se trouve. Vous entendrez facilement de l'écho devant une falaise ou dans une pièce vide, mais jamais en plein milieu d'un champ. En effet ce phénomène se produit à cause de la réflexion de l'onde sonore sur une surface. Voyons voir ce qui rend un milieu réverbérant.

- Phase sauvage :

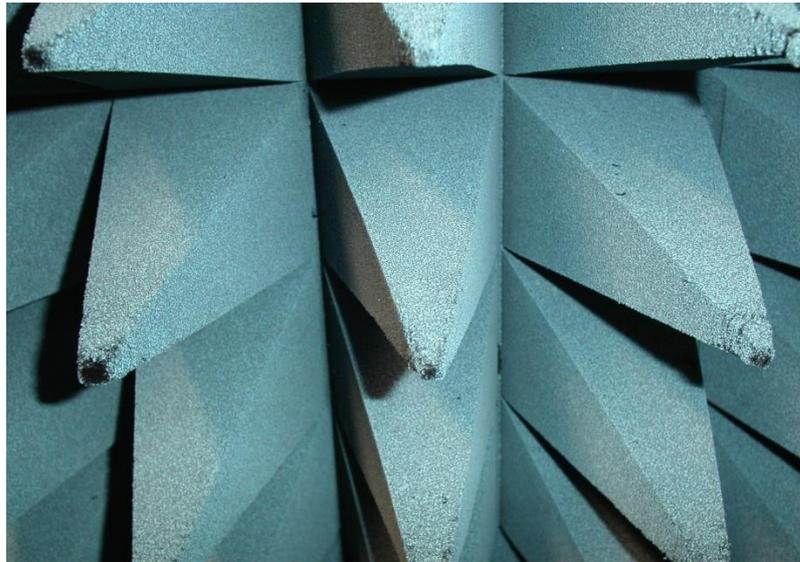
Les enfants sont amenés dans une salle vide. L'animateur laisse le groupe autonome expérimenter sur ce qui peut rendre un milieu propice à la réverbération. Quelques objets sont laissés à disposition au centre de la salle dont une cloche et un cajon. Les jeunes testent l'écho et les réverbérations dans la salle. Avec les instruments nous émettons des sons assez forts. On mesure avec un micro le temps nécessaire après l'arrêt de l'émission pour que le niveau sonore dans la salle descende en dessous de 50dB. Les enfants peuvent effectuer l'expérience dans plusieurs salles pour trouver celle qui a la meilleure acoustique. Faire un tableau leur permettra de mieux retenir les mesures (nom de la salle, type de son, corps émettant, décibels, durée, etc.)

- Les matériaux :

Certains matériaux ont un pouvoir de réflexion des ondes beaucoup plus important que d'autres. Comme vous l'imaginez facilement, une matière dure aura un coefficient d'absorption faible alors que les matières molles (tissus, mousses, etc.) absorbent beaucoup. Il s'agit là d'une approche simpliste car le coefficient d'absorption dépend aussi de la fréquence des ondes (observer les différences entre aigues et graves). Par exemple un mur en béton lisse renvoie quasiment 100% de l'onde sonore (coefficient d'absorption proche de 0). De la moquette en revanche absorbe presque 30% de l'onde sonore.

- La forme :

La forme de la surface de rebond a aussi une importance. Dans une pièce meublée, les ondes sonores de votre voix vont « rebondir » sur des objets aux formes variées. Ces objets sont alors émetteurs secondaires, mais émettent dans toutes les directions. L'onde sonore de base se disperse donc dans le milieu. En revanche face à un mur plat, votre onde sonore est majoritairement renvoyée vers vous. L'onde n'est pas diffractée et l'écho se fait beaucoup plus ressentir.



Photographie d'un mur de chambre sourde : la matière et la forme provoquent la disparition de la réverbération

- Phase expérimentale :

L'animateur distribue aux enfants quatre sonomètres ou quatre tablettes avec une application permettant de mesurer le volume sonore. Les jeunes se répartissent dans la salle pour enregistrer différents points de mesures. Pour cette opération on utilise, le cajon, la cloche ou une enceinte. Certains jeunes parlent à différents endroits de la salle. Les quatre ingénieurs en acoustique cartographient la salle et mesurent le niveau sonore en différents points. Nous faisons une représentation sous forme de carte avec des zones de niveaux sonores. Une onde pourra se répercuter sur les murs et nous pourrons voir les zones où le niveau sonore est sous le seuil de 50 Db, 70 Db ou autre. Un code couleur peut être mis en place pour indiquer les zones bruyantes, les endroits calmes, etc. Ces informations sont à relativiser en fonction de l'heure, de la mobilité des sources sonores, etc. Nous pouvons effectuer plusieurs mesures à différents moments de la journée afin d'avoir une étude rigoureuse et une carte représentative.

L'animateur présente ensuite les différents instituts travaillant sur le son et l'acoustique en montrant une carte de la pollution sonore à Paris réalisée par PARISBRUIF et une photographie de chambres sourdes dans les stations d'enregistrement. Nous évoquons les métiers en lien avec l'acoustique, le son et le bruit.

Wallace Clément Sabine est le premier scientifique à s'être intéressé aux phénomènes d'échos. À noter qu'aux débuts de ses recherches, en absence de dispositif de mesure il effectuait ses tests à l'oreille. Il existe un record du monde de l'écho le plus long du monde avec un temps de réverbération de 112 secondes.

Actuellement, il existe des pièces conçues spécialement pour la mesure sonore appelées chambre anéchoïque (ou chambre sourde) et qui présentent la caractéristique de n'avoir aucune réverbération (ou presque). Pour cela ces salles sont construites de manière très spéciale : murs non-parallèles, surfaces cassantes, matériaux absorbants, etc. Si vous souhaitez en utiliser une, sachez que l'IRCAM à Paris possède une chambre anéchoïque ouverte au public.

- Etape 4 - « Illusions sonores : l'effet Doppler »

Dispositif

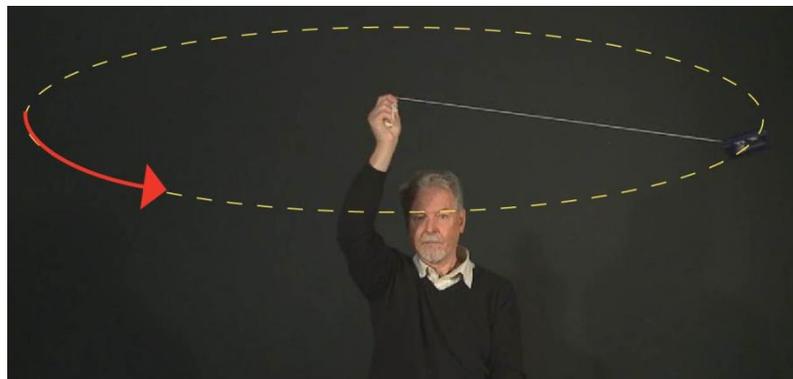


Une fois les mesures réalisées, interroger les enfants pour leur faire prendre conscience que les ondes peuvent parfois créer des illusions auditives. Diffuser sur une tablette une bande de son de voiture montrant un effet Doppler.

Prenons par exemple cette voiture qui suit un mouvement rectiligne sur une chaussée. Un homme immobile sur le trottoir est à l'écoute. Le son est perçu aigu quand la voiture s'approche et grave quand elle s'éloigne. Le son est-il identique du début à la fin ? Comment expliquer cela ?

L'étude de la longueur d'onde permet d'expliquer ce phénomène. Quand la source sonore s'approche du récepteur, la distance entre les ondes sonores est courte, c'est ce qui donne ce son aigu. Mais quand celle-ci s'éloigne du récepteur, la distance entre les ondes est élevée, ce qui donne le son grave. M. Christian Doppler, physicien autrichien (1803 - 1853), a été le premier à donner une explication scientifique à ce phénomène.

Attacher l'extrémité d'une corde à un diapason (électronique). Tenir la corde par l'autre extrémité et mettre en marche le diapason électronique pour qu'il émette un son. Faire tourner la corde au-dessus de sa tête pour que le diapason décrive un cercle horizontal. Il faut s'assurer d'avoir une place suffisante pour ne blesser personne et ne rien endommager. Un observateur situé à une certaine distance entend nettement des variations de hauteur du son.



Le diapason a une vitesse qui change régulièrement. Le son perçu par cet observateur a une hauteur variable du fait de l'effet Doppler. Lorsque le diapason se rapproche de l'observateur, le son perçu est plus aigu; inversement le son est plus grave lorsque le diapason s'éloigne. Le diapason a une vitesse par rapport à l'observateur éloigné qui oscille continûment entre deux valeurs extrêmes. Pour l'observateur, ceci se traduit par un son perçu qui oscille entre un son plus aigu et un son plus grave. Pour que la variation de la fréquence soit grande, ce n'est pas la vitesse de la source sonore par rapport à l'observateur qui importe mais sa variation par rapport à la vitesse de propagation du son dans le milieu.

- Etape 5 - « Amplification et effet de résonance »

Dispositif    

- Phase sauvage :

Le défi « Amplifier un son »

L'animateur interroge les enfants sur « comment amplifier un son ? ». A partir des éléments que les enfants ont vus, l'animateur les laisse expérimenter sur un procédé qui permettrait d'amplifier un son de base (audio). Deux possibilités par rapport au groupe :

- Expérimentation libre et autonome
- Sous forme de défi type « augmenter un son de base de 50 décibels ».

Le prototype des enfants aboutira sur deux grands mécanismes :

- *Construire une caisse de résonance type guitare, tambour, etc. (le coffre peut être fermé ou ouvert, cela peut faire l'objet de tests de la part des enfants)*
- *Construire un réflecteur concentrant le son pour l'empêcher de se disperser (type porte-voix, stéthoscope, parabole, etc.). Les ondes se concentrent dans l'entonnoir.*

Attention : Faire un son plus fort au départ en tapant, en grattant... n'est pas permis.

- Phase expérimentale :

Les enfants établissent un protocole basé sur les premiers essais de la phase sauvage. Ils s'organisent en groupe pour déterminer les paramètres importants afin d'avoir la meilleure caisse de résonance. Les critères de sélection seront basés sur des éléments vus sur les activités précédentes : matériaux, vide, coffre fermé ou ouvert, forme, etc. Des mesures de décibels sont prises afin de tester les paramètres pour arriver à un résultat optimal.



Photographie de caisses de résonance

Fin de l'atelier « Bilan/Rangement

Dispositif



L'animateur peut conclure en rappelant les bases de l'acoustique et en vérifiant que les enfants se rappellent bien des différents points importants : ce qu'est le son, la propagation des ondes sonores, etc. La prochaine activité mènera aux questions d'harmonie et de musicalité. Quel est la différence en son et musique ? Comment crée des notes ?

Ces questions annoncent la suite de l'atelier : Tension et musicalité.