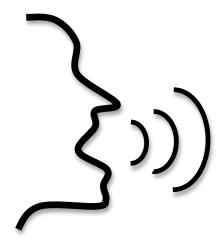




# Capsule théorique sur la propagation d'un son (destinée au personnel)



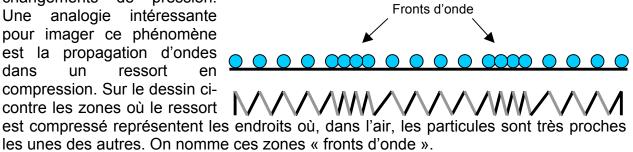
Novembre 2014

Pour débuter cette capsule, précisons que l'utilisation de l'expression « onde sonore » est la façon scientifique de nommer le son. Ce type d'onde est en fait une déformation du milieu qui se propage à partir d'un point et qui transporte une certaine quantité d'énergie.

On utilise souvent des analogies pour permettre de saisir ce qu'est vraiment cette onde. La plus populaire est sans aucun doute l'analogie entre les ondes sonores et les vagues à la surface de l'eau. Cette facon d'imaginer les ondes sonores n'est pas dénuée d'intérêt. En effet, lorsqu'une source émet un son, ce son se propage dans l'espace, un peu comme le font les vagues circulaires créées lors de la chute d'un objet à l'eau. Une autre analogie intéressante entre les deux phénomènes est le fait que la matière ne se déplace pas avec l'onde. Dans le cas d'une vague, les particules d'eau montent et descendent sans se déplacer horizontalement. Dans le cas du son, les particules de matière oscillent légèrement autour d'une certaine position et ne se déplacent généralement pas non plus avec l'onde qui se propage.

L'analogie avec les vagues à la surface de l'eau est cependant limitée, car l'onde sonore dans l'air est en fait une onde de compression. Le gaz qui supporte l'onde sonore ne monte pas et ne descend pas, comme dans le cas des vagues. Les particules de matière s'approchent et s'éloignent les unes des autres au gré des

changements de pression. analogie intéressante pour imager ce phénomène est la propagation d'ondes dans un ressort en compression. Sur le dessin cicontre les zones où le ressort



Nous allons maintenant simuler les particules de matière en les représentant par des billes à jouer. Ces démonstrations permettront de mieux comprendre le phénomène de la propagation des ondes sonores dans la matière (dans l'air, par exemple).

# **Quelques démonstrations**

Concrètement, il s'agit d'aligner plusieurs billes de verre dans la gorge d'une moulure, qui devient pour nous une rampe guidant les billes. Ce montage nous permet de simuler la propagation d'un front d'onde sonore dans l'air, et ce, dans une seule direction.

Voici les cinq thèmes abordés :

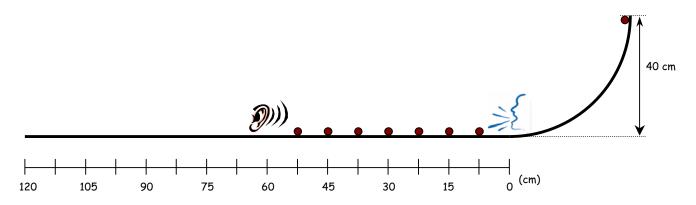
- 1. La propagation d'une onde sonore entre deux points
- 2. L'amortissement d'une onde sonore
- 3. L'énergie transportée par une onde sonore
- 4. La réflexion d'une onde sonore (la formation d'un écho)
- La vitesse d'une onde sonore.





YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=Pf6GBr6Kik8

**Démonstration numéro 1** (La propagation d'une onde sonore entre deux points)

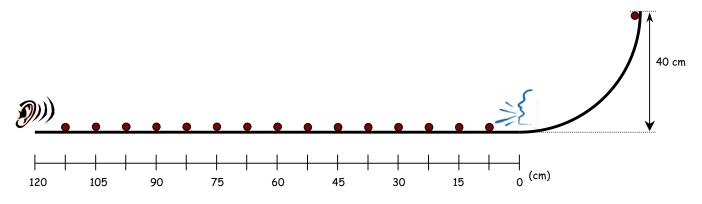


#### Description

La bille située en haut de la rampe, à 40 cm au-dessus du sol, a une énergie potentielle gravitationnelle. Cette énergie potentielle se transforme graduellement en énergie cinétique (énergie de mouvement) lorsque la bille dévale la pente. Lorsque la bille passe au niveau de la bouche, son énergie cinétique simule l'énergie sonore que l'on émet lors d'un cri. Puis, les billes s'entrechoquent et simulent le mouvement des particules d'air au passage d'une onde sonore de compression. Finalement, la dernière bille est projetée sur le mastic et elle y reste collée. Ce mastic simule l'absorption de l'énergie sonore par l'oreille.

- 1. Installer la photo de la bouche au bas de la rampe.
- 2. Installer la photo de l'oreille à 60 cm de la bouche.
- 3. Placer 7 billes aux positions indiquées sur le schéma ci-dessus.
- **4.** Maintenir la 8<sup>e</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
- 5. Lâcher la 8<sup>e</sup> bille afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
- 6. Observer les collisions.

Démonstration numéro 2 (L'amortissement d'une onde sonore)

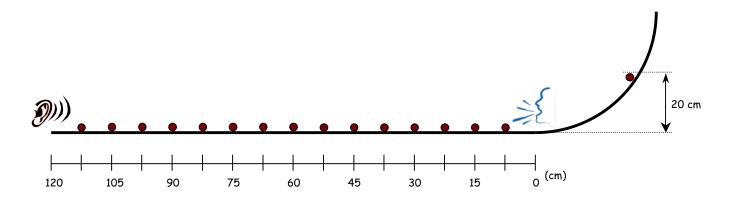


### **Description**

Comme dans la démonstration précédente, les billes s'entrechoquent. À chaque collision, il y a « perte » d'énergie (transformation d'énergie). Comme le chemin à parcourir ici est plus long, la somme des « pertes » d'énergie est trop importante. La propagation ne se rend donc pas jusqu'à l'oreille. Le cri d'une personne dans l'air a aussi une portée limitée. L'énergie sonore est dissipée avec la distance.

- 1. Installer la photo de la bouche au bas de la rampe.
- 2. Installer la photo de l'oreille à 120 cm de la bouche.
- 3. Placer 15 billes aux positions indiquées sur le schéma ci-dessus.
- **4.** Maintenir la 16<sup>e</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
- **5.** Lâcher la 16<sup>e</sup> bille afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
- 6. Observer les collisions.

**Démonstration numéro 3** (L'énergie transportée par une onde sonore)

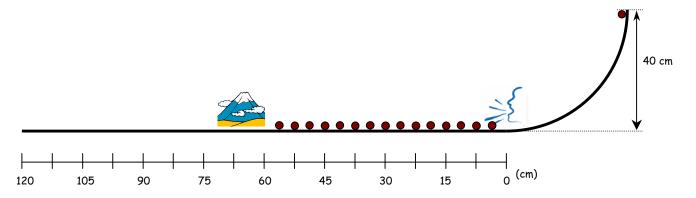


#### Description

La démonstration précédente est reprise en faisant varier la hauteur à laquelle nous laissons tomber la bille. Cette hauteur correspond à l'énergie transportée par l'onde sonore. Plus la bille est lâchée près du bas de la rampe, plus le son simulé est faible. La propagation des collisions s'arrête donc plus tôt quand la bille est lâchée d'une hauteur de 20 cm (démo 3) comparativement à 40 cm (démo 2).

- 1. Installer la photo de la bouche au bas de la rampe.
- 2. Installer la photo de l'oreille à 120 cm de la bouche.
- 3. Placer 15 billes aux positions indiquées sur le schéma ci-dessus.
- **4.** Maintenir la 16<sup>e</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
- 5. Lâcher la 16<sup>e</sup> bille afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
- **6.** Observer les collisions.
- 7. Recommencer les manipulations en plaçant la 16<sup>e</sup> bille à une hauteur de 20 cm.

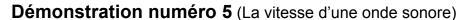
**Démonstration numéro 4** (La réflexion d'une onde sonore)

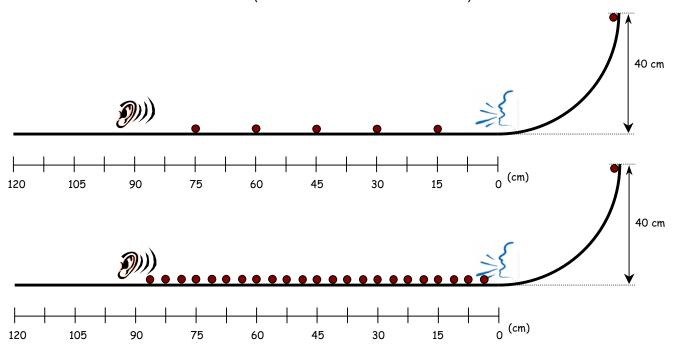


#### **Description**

Les collisions se propagent ici de la bouche à la montagne. Puis, comme dans la formation d'un écho, les billes repartent dans l'autre sens. Il est certain que le phénomène d'amortissement se fait aussi sentir. En effet, l'écho ne revient pas jusqu'à son émetteur.

- 1. Installer la photo de la bouche au bas de la rampe.
- 2. Installer le morceau de métal massif avec la photo de la montagne à 60 cm de la bouche.
- 3. Placer 15 billes aux positions indiquées sur le schéma ci-dessus.
- **4.** Maintenir la 16<sup>e</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
- 5. Lâcher la 16<sup>e</sup> bille afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
- **6.** Observer les collisions.





## **Description**

Les ondes sonores peuvent se propager dans des milieux où il y a plus ou moins de particules, c'est-à-dire des milieux qui n'ont pas la même densité. Lorsque les particules sont proches les unes des autres, elles n'ont pas à franchir une longue distance pour en heurter une autre. La vitesse du son est donc plus grande dans les milieux à densité élevée. Ainsi les collisions se propagent plus vite dans le cas où les billes sont collées.

Dans certaines conditions, l'air peut avoir une densité plus grande. C'est le cas lorsque la pression atmosphérique est élevée (les particules d'air sont plus proches). Le son voyage donc plus rapidement au niveau de la mer qu'en haute altitude.

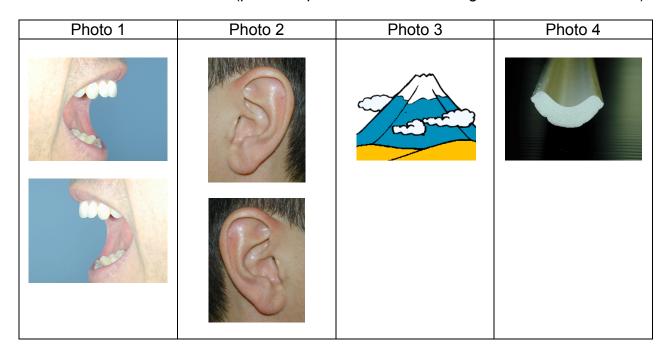
Dans les solides, la densité de particules est beaucoup plus élevée que dans les gaz. C'est pourquoi le « cow-boy » collait son oreille sur le rail pour entendre le train arriver. Le son lui parvenait alors plus rapidement et ça lui donnait le temps de se préparer...

- 1. Installer la photo de la bouche au bas de la rampe.
- 2. Installer la photo de l'oreille à 90 cm de la bouche.
- 3. Placer 5 billes aux positions indiquées sur le schéma ci-dessus.
- **4.** Maintenir la 6<sup>e</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
- **5.** Lâcher la 6<sup>e</sup> bille afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
- 6. Observer les collisions.
- 7. Recommencer les manipulations en plaçant 23 billes.

# Pour effectuer le montage en classe

#### Matériel nécessaire

- 1 paquet de mastic de fixation (gommette bleue)
- 24 billes de verre traditionnelles (environ 1,5 cm de diamètre)
- 3 photos : 1 bouche, 1 oreille, 1 montagne (voir les photos 1, 2, 3 ci-jointes)
- 1 quart-de-rond de finition concave de 8 pieds de long (voir la photo 4 ci-jointe)
- 1 morceau de ruban à gommer de type « Duck Tape »
- 1 gros classeur lourd (comme support pour notre système)
- 1 morceau de métal massif (par exemple une masse de 500 grammes d'une balance)



## Montage de la rampe

1. Coincer une extrémité du quart-de-rond dans la deuxième poignée du classeur. La partie concave du quart-de-rond devrait être orientée vers le haut de façon à former une rampe dans laquelle rouleront les billes.



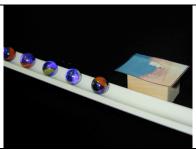




2. Fixer l'autre extrémité de la rampe à l'aide du ruban à gommer.

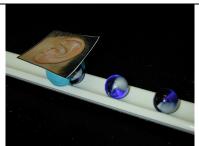


3. Installer la bouche au bas de la pente, là où la rampe touche le sol. L'ouverture de la bouche doit pointer vers le bas de la pente de façon à ce qu'une bille dévalant la pente semble sortir de celle-ci. C'est notre façon de simuler l'émission d'un son.



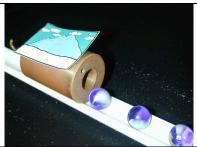
4. Installer l'oreille plus loin sur la rampe. Sa position sera variable, selon la démonstration à faire. La gommette devrait être moulée de façon à retenir une bille qui entrerait en collision avec elle. C'est la façon, ici, de simuler la réception d'un son.





5. Finalement, lors de la quatrième démonstration, vous aurez à remplacer l'oreille par une masse simulant une montagne.





# **Bibliographie**

École supérieure d'art d'Aix-en-Provence <a href="http://www.ecole-art-aix.fr/article1861.html">http://www.ecole-art-aix.fr/article1861.html</a>