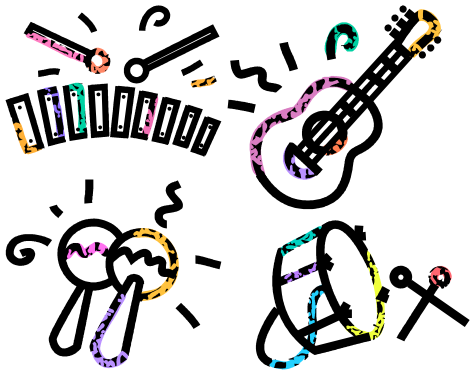
centre de développement pédagogique
pour la formation générale en science et technologie

CAPSULE THÉORIQUE et PRATIQUE

(Ce document s'adresse à des adultes.)



Le son

Septembre 2009

But visé

L'objectif de cette capsule est de donner au personnel enseignant l'occasion d'acquérir une compréhension juste et rapide de ce qu'est le son. Quelques démonstrations simples et utilisables en classe seront proposées afin d'illustrer ce concept.

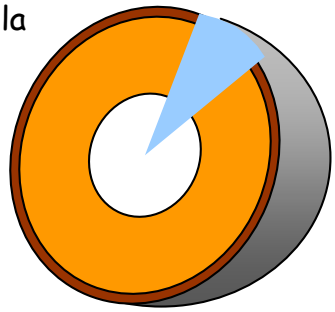
Qu'est-ce que le son?

Le son est une onde sonore[1] ou déformation du milieu qui se propage à partir d'un point et qui transporte une certaine quantité d'énergie.

On se sert souvent d'analogies pour permettre de bien saisir la nature de cette onde. La plus populaire est celle des vagues à la surface de l'eau. Cette façon d'imaginer les ondes sonores n'est pas dénuée d'intérêt. En effet, le son émis par une source se propage dans l'espace un peu comme le font les vagues circulaires créées par la chute d'un objet dans l'eau. Une autre analogie intéressante entre les deux phénomènes est celle de la matière qui ne se déplace pas avec l'onde. Dans le cas de la vague, les molécules d'eau montent et descendent sans se déplacer horizontalement. Dans le cas du son, les particules de matière oscillent légèrement dans une certaine position et ne suivent pas l'onde qui se propage.

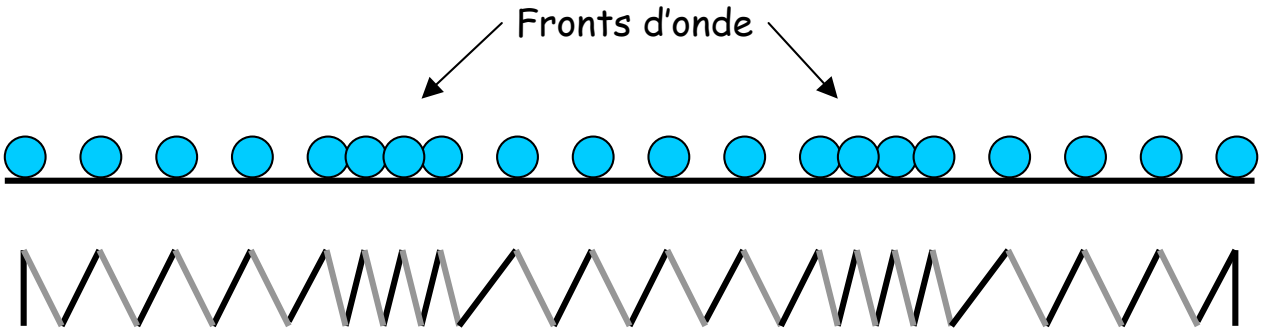


Cette analogie est cependant limitée. En effet, les vagues à la surface de l'eau se déplacent sur une surface (deux dimensions). Le son, dans l'air, se propage dans l'espace tout entier (trois dimensions). En deux dimensions, les ondes sont représentées par des cercles concentriques, c'est-à-dire de même centre; en trois dimensions, elles sont représentées par des sphères concentriques.



[1] Mentionnons que l'appellation plus scientifique du son, soit « onde sonore », devra être employée.

La limitation la plus importante de l'analogie avec les vagues à la surface de l'eau vient du fait que l'onde sonore est une onde de compression. La matière 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. Une analogie intéressante pour imager ce phénomène est la propagation d'ondes dans un ressort en compression. Sur le dessin ci-dessous, les zones où le ressort est compressé représentent les endroits où, dans l'air, les particules sont très proches les unes des autres. On nomme ces zones « fronts d'onde ». Dans l'eau, ces fronts sont représentés, par analogie, par le haut des vagues.



On pourrait aussi grossir les molécules d'air et les représenter sous forme de billes.

Quelques démonstrations

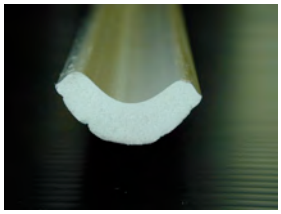
L'analogie avec les billes servira de base aux cinq démonstrations suivantes. Elles permettront de comprendre encore mieux le phénomène des ondes sonores dans l'air. Les cinq thèmes abordés sont les suivants :

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);
5- la vitesse d'une onde sonore.

Concrètement, il s'agit d'aligner plusieurs billes de verre sur un quart-de-rond qui sert de rampe. Ce montage permet de simuler la propagation d'un front d'onde sonore dans l'air, dans une seule direction. La simplicité des démonstrations les rend utilisables en classe et devrait captiver les élèves, — peut-être même vous, qui sait!

Matériel nécessaire

- 1 paquet de gomme adhésive (gommette bleue pour fixer des dessins au mur);
- 24 billes de verre (environ 1,5 cm de diamètre);
- 3 photos : une bouche, une oreille, une montagne (voir les photos 1, 2 et 3 ci-dessous);
- 2 mètres (8 pieds) de quart-de-rond concave (voir la photo 4 ci-dessous);
- 1 morceau de ruban adhésif en toile (*duct tape*);
- 1 gros classeur lourd (comme support pour le système);
- 1 morceau de métal massif (une masse de 500 grammes utilisée pour une balance).

Photo 1	Photo 2	Photo 3	Photo 4
			

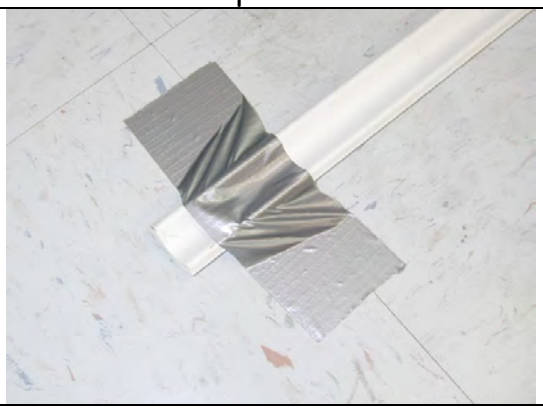
Montage de la rampe

1. Coincer une extrémité du quart-de-rond dans la deuxième poignée d'un 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.

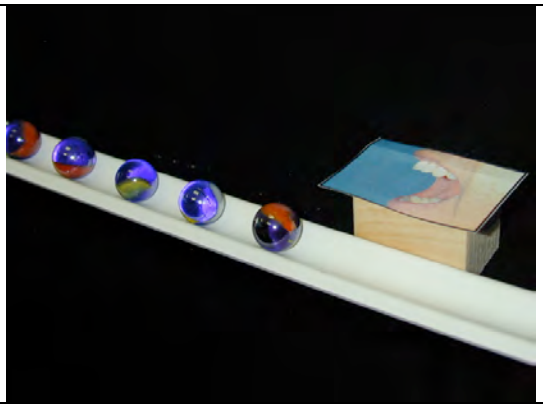




2. Fixer l'autre extrémité de la rampe à l'aide du ruban adhésif en toile.

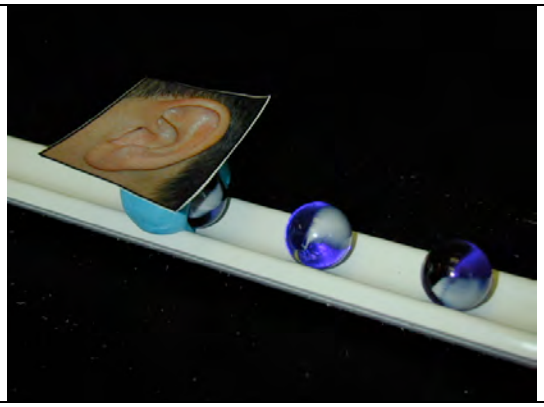


3. Installer la bouche au bas de la pente, à l'endroit où la rampe touche le sol. L'ouverture de la bouche doit pointer vers le bas de la pente de façon qu'une bille dévalant la pente semble sortir de celle-ci. C'est la façon retenue pour simuler l'émission d'un son.

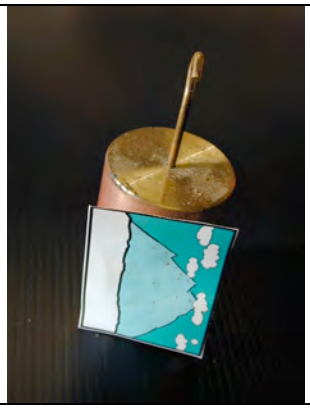


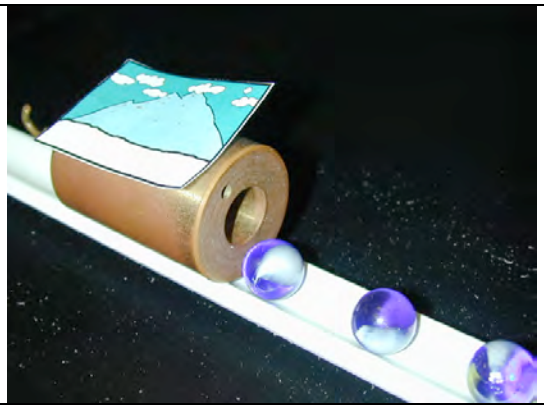
4. Installer l'oreille plus loin, sur la rampe. Sa position variera selon la démonstration. La gommette devrait être moulée de façon à retenir la bille qui entrerait en collision avec l'oreille. C'est la façon de simuler la réception d'un son.



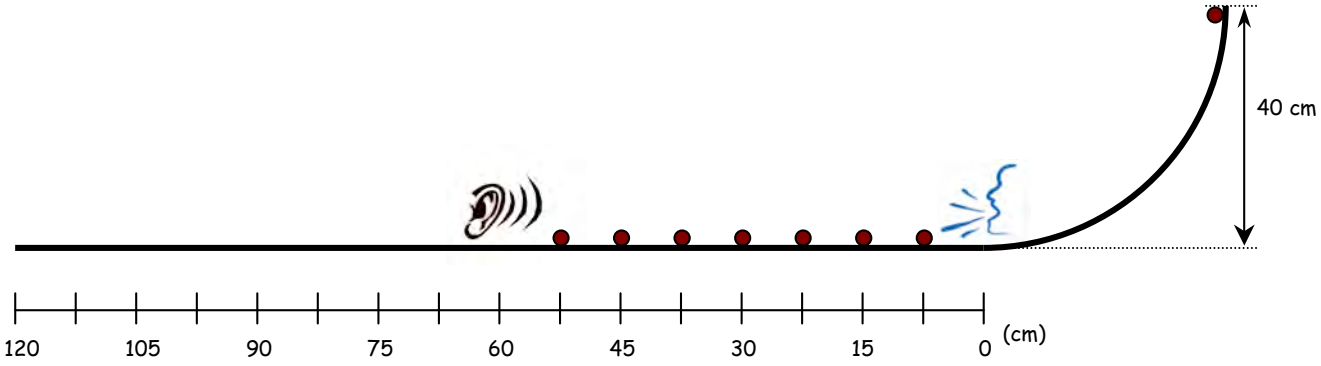


5. Finalement, pour la quatrième démonstration, il suffira de remplacer l'oreille par une masse tenant lieu de montagne.





Première démonstration : propagation d'une onde sonore entre deux points



Description

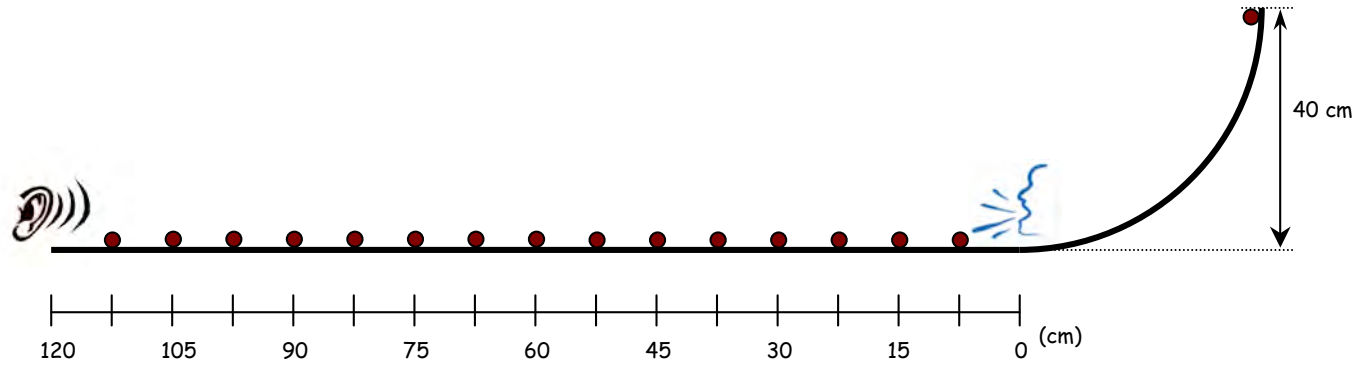
La bille placée en haut de la rampe, à 40 cm au-dessus du sol, possède une énergie potentielle gravitationnelle. Cette énergie se transformera graduellement en énergie cinétique (énergie de mouvement) tout au long de la pente. Lorsque la bille passera devant la bouche, cette énergie de mouvement simulera l'énergie sonore émise par un cri. Les billes s'entrechoqueront comme les particules d'air sur le passage d'une onde sonore de compression. La dernière bille, celle qui se trouve le plus à gauche, sera projetée sur la gommette et y restera collée. Cette gomme adhésive simule l'absorption de l'énergie sonore par l'oreille.

Manipulations

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^{e} bille en haut de la rampe, à une hauteur de 40 cm du plancher.
5. Lâcher la 8^{e} bille : elle dévale la pente et acquiert de la vitesse.
6. Observer les collisions.

N. B. Des documents vidéo de ces démonstrations sont disponibles sur le site Internet du CDP.

Deuxième démonstration : amortissement d'une onde sonore



Description

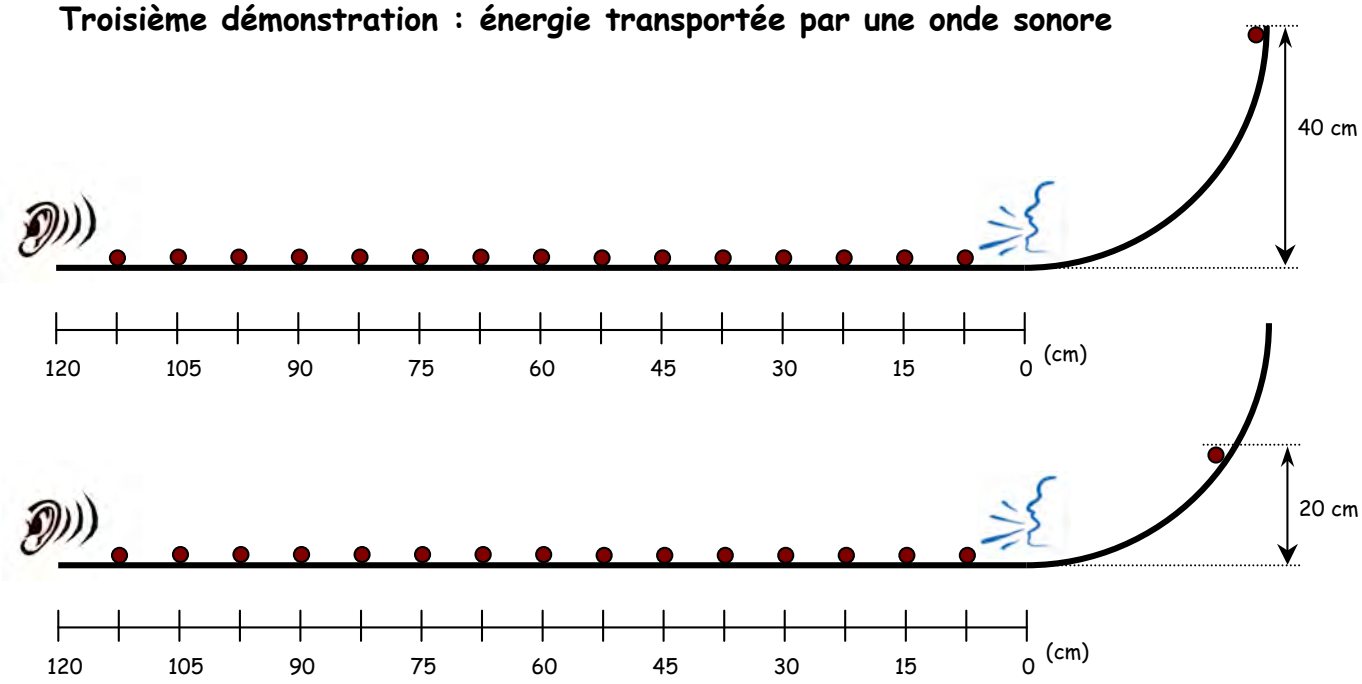
Comme dans la démonstration précédente, les billes s'entrechoquent. Puisque chaque collision provoque une perte d'énergie, l'onde ne voyage pas jusqu'à l'oreille. Le cri d'une personne a une portée limitée : l'énergie sonore est dissipée en raison de la distance.

Manipulations

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^{e} bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
5. Lâcher la 16^{e} bille : elle dévale la pente et acquiert de la vitesse.
6. Observer les collisions.

N. B. Des documents vidéo de ces démonstrations sont disponibles sur le site Internet du CDP.

Troisième démonstration : énergie transportée par une onde sonore



Description

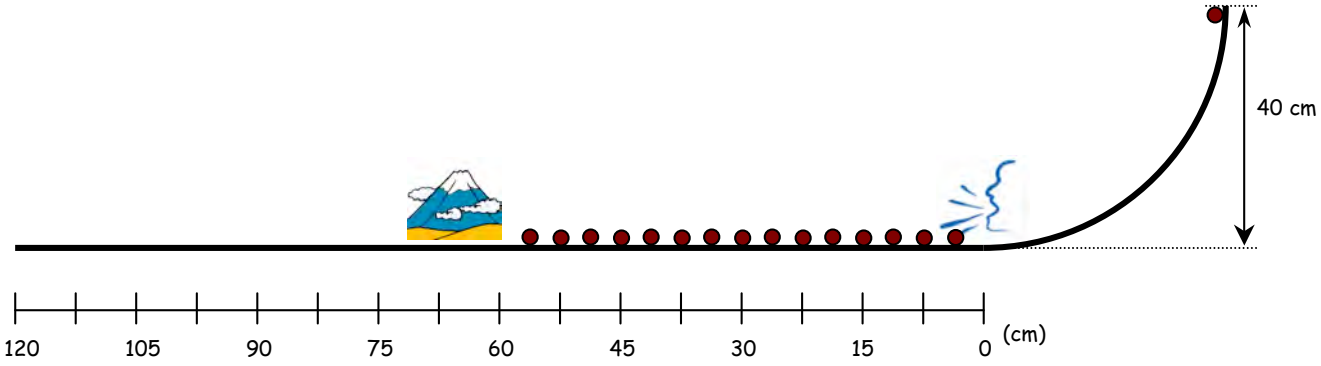
La démonstration précédente est reprise ici en faisant varier la hauteur de chute de la bille. Cette hauteur correspond à l'énergie transportée par l'onde sonore. Plus la bille est lâchée de haut, plus le son simulé est fort. La propagation des collisions devrait s'arrêter plus tôt dans le cas où la bille est lâchée d'une hauteur de 20 cm.

Manipulations

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

N. B. Des documents vidéo de ces démonstrations sont disponibles sur le site Internet du CDP.

Quatrième démonstration : la réflexion d'une onde sonore



Description

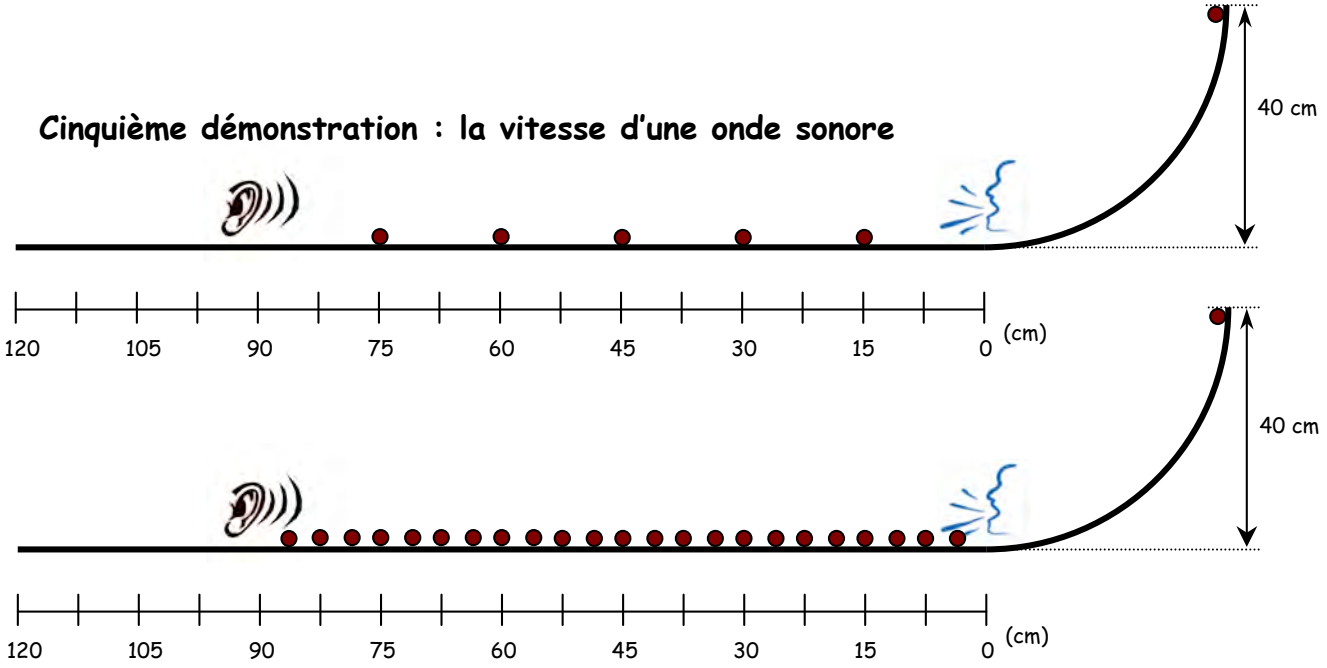
Les collisions se propagent ici de la bouche à la montagne. Puis, comme dans la formation d'un écho, les billes repartent dans l'autre sens. Il est certain que le phénomène d'amortissement se fera aussi sentir. En effet, l'écho ne reviendra probablement pas jusqu'à son émetteur.

Manipulations

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^{e} bille en haut de la rampe, à une hauteur de 40 cm du plancher.
5. Lâcher la 16^{e} bille : elle dévale la pente et acquiert de la vitesse.
6. Observer les collisions.

N. B. Des documents vidéo de ces démonstrations sont disponibles sur le site Internet du CDP.

Cinquième démonstration : la vitesse d'une onde sonore



Description

Les ondes sonores peuvent se propager dans des milieux contenant plus ou moins de particules. Par exemple, dans les solides, la densité des particules est élevée. À certaines conditions, la densité de l'air peut aussi être plus grande :

- humidité élevée (présence de molécules d'eau dans l'air);
- basse température (les molécules d'air se rapprochent);
- pression atmosphérique élevée (les molécules d'air se rapprochent).

La vitesse de l'onde de compression est plus grande s'il y a plus de molécules. C'est pourquoi, à l'époque du Far West, les cow-boys entendaient venir le train lorsqu'ils se collaient l'oreille sur les rails en fer. Le son leur parvenait alors plus rapidement, ce qui leur donnait le temps de se préparer. Le son voyage donc plus rapidement au niveau de la mer, dans de l'air humide et froid.

Manipulations

1. Installer la photo de la bouche au bas de la rampe.
2. Installer la photo de l'oreille à 90 cm de da bouche.
3. Placer 5 billes aux positions indiquées sur le schéma ci-dessus.
4. Maintenir la 6^{e} bille en haut de la rampe, à une hauteur de 40 cm du plancher.
5. Lâcher la 6^{e} bille : elle dévale la pente et acquiert de la vitesse.
6. Observer les collisions.
7. Recommencer les manipulations en plaçant 23 billes.

N. B. Des documents vidéo de ces démonstrations sont disponibles sur le site Internet du CDP.

Bibliographie

École supérieure d'art
D'Aix-en-provence
http://www.ecole-art-aix.fr/article1861.html