

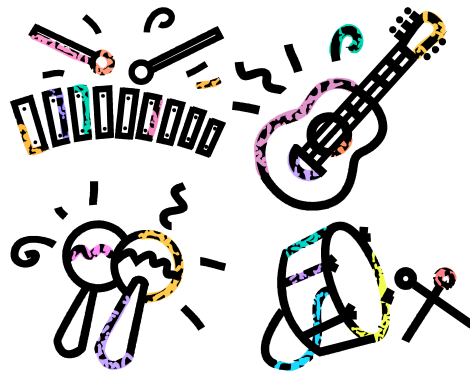


**centre de  
développement  
pédagogique**

*pour la formation générale  
en science et technologie*

# CAPSULE THÉORIQUE et PRATIQUE

(Ce document s'adresse à des adultes)



## LES ONDES SONORES

Novembre 2007

**DOCUMENT DE TRAVAIL**

## But visé :

Cette capsule a pour objectif de donner au personnel enseignant une compréhension juste et rapide de ce qu'est le son. Quelques démonstrations simples et utilisables en classes seront proposées afin d'illustrer ce concept.

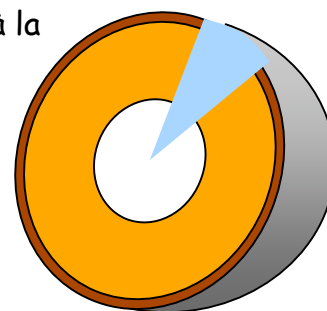
## Qu'est-ce que le son? :

Pour débiter, une façon un peu plus scientifique de nommer le son est d'utiliser l'expression «onde sonore». 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.

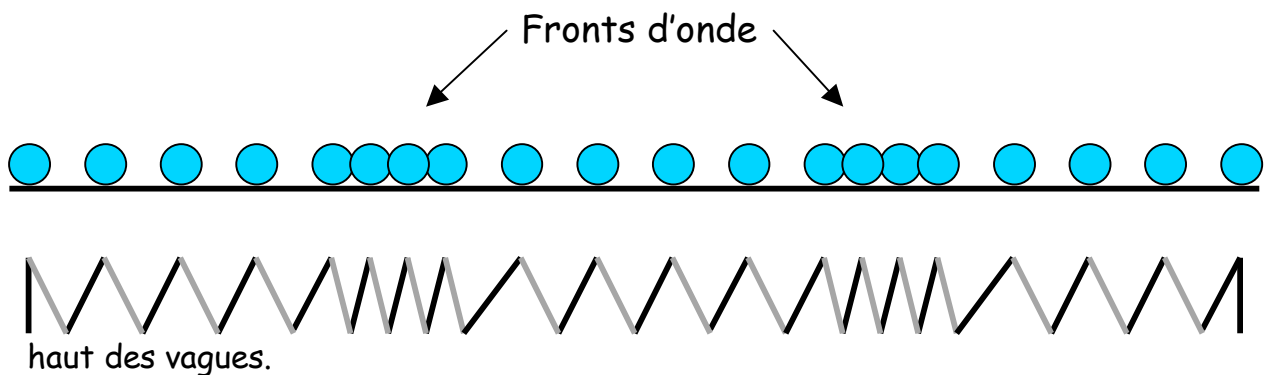
On se sert souvent d'analogies pour permettre de bien saisir ce que cette onde est vraiment. La plus populaire de ces analogies est sans aucun doute les vagues à la surface de l'eau. Cette façon d'imaginer les ondes sonores n'est pas dénuée d'intérêt. En effet, lorsqu'une source émet un son, ce son se 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 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 pas non plus avec 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 (en 2 dimensions). Le son, dans l'air, se propage dans l'espace tout entier (en trois dimensions). En 2 dimensions, les ondes sont représentées par des cercles concentriques (ayant le même centre) tandis qu'en 3 dimensions, elles sont représentées par des sphères concentriques.



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 en fait 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 imaginer ce phénomène est la propagation d'ondes dans un ressort en compression. Sur le dessin ci-dessous, les zones où le ressort est comprimé représentent les endroits où, dans l'air, les particules sont très proches les unes des autres. On nomme ces zones «fronts d'onde» et, dans l'analogie «des vagues à la surface de l'eau», ces fronts sont représentés par le



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

### Quelques petites démonstrations :




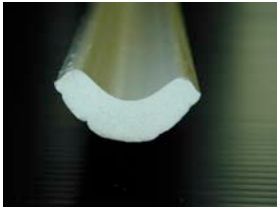
C'est précisément à l'aide de cette dernière analogie utilisant des billes que nous allons maintenant vous présenter cinq démonstrations simples. Celles-ci vous permettront de comprendre encore mieux le phénomène des ondes sonores dans l'air. Voici les cinq thèmes abordés :

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).
5. La vitesse d'une onde sonore.

Concrètement, il s'agit simplement d'aligner plusieurs billes de verre sur quart-de-rond qui devient pour nous une rampe servant à guider les billes. Ce montage nous 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 classes et devait captiver vos élèves (peut-être même vous, qui sait!).

## Matériel nécessaire

- 1 paquet de mastic de fixation (gommette bleu pour fixer des dessins au mur)
- 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 «Duct. Tape»
- 1 gros classeur lourd (comme support à notre système)
- 1 morceau de métal massif (comme une masse de 500 grammes d'une balance)

Photo 1	Photo 2	Photo 3	Photo 4
			

## Montage de la rampe

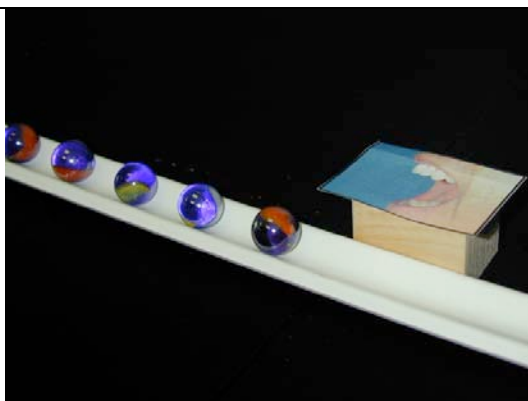
1. Coincer une extrémité du quart-de-rond dans la deuxième poignée du classeur. La partie concave du quart-de-rond devrait être orientée vers le haut de façon à former une rampe dans laquelle roulera les billes.



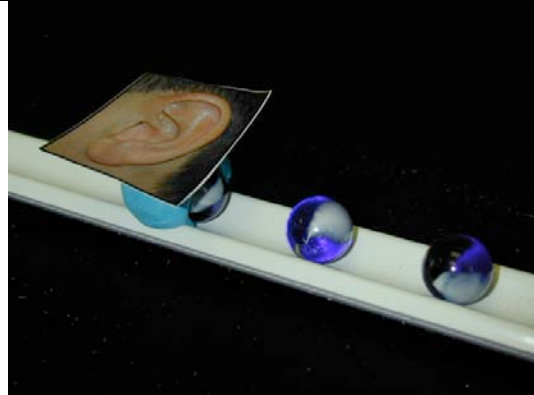
2. Fixer l'autre extrémité de la rampe à l'aide du ruban à gommer.



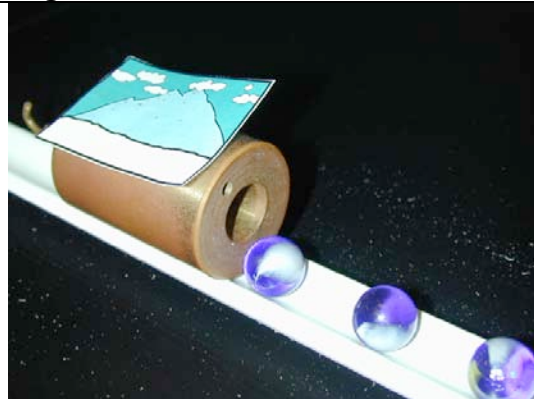
3. Installer la bouche au bas de la pente juste où la rampe touche le sol. L'ouverture de la bouche doit pointer vers le bas de la pente de façon à ce qu'une bille dévalant la pente semble sortir de celle-ci. C'est notre façon de simuler l'émission d'un son.



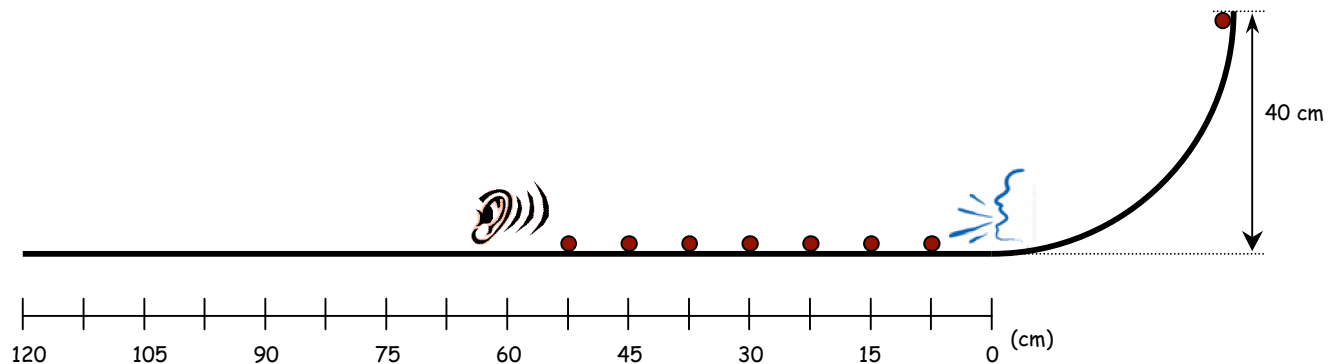
4. Installer l'oreille plus loin sur la rampe. Sa position sera variable selon la démonstration à faire. La gommelette devrait être moulée de façon à retenir une bille qui entrerait en collision avec elle. C'est notre façon, ici, de simuler la réception d'un son.



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



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



### Description

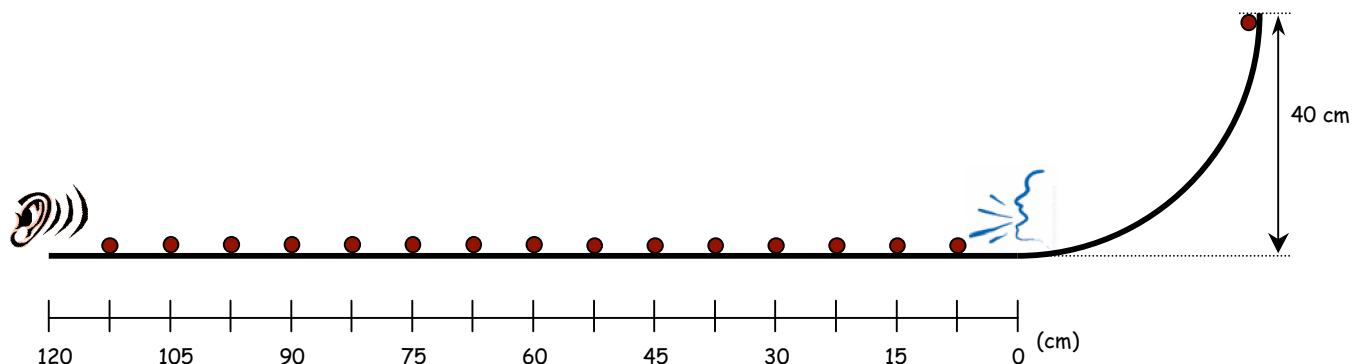
La bille située en haut de la rampe, à 40 cm au-dessus du sol, a une énergie potentielle gravitationnelle. Cette énergie potentielle se transformera graduellement en énergie cinétique (énergie de mouvement) en dévalant la pente. Lorsque la bille passera au niveau de la bouche cette énergie de mouvement de la bille simulera l'énergie sonore que l'on émet lors d'un cri. Les billes s'entrechoqueront comme les particules d'air sur le passage d'une onde sonore de compression. La dernière bille, celle la plus à gauche sera projetée sur le mastic et y restera collée. Ce mastic 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<sup>ème</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
5. Lâcher la 8<sup>ème</sup> afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
6. Observer les collisions.

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

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



### Description

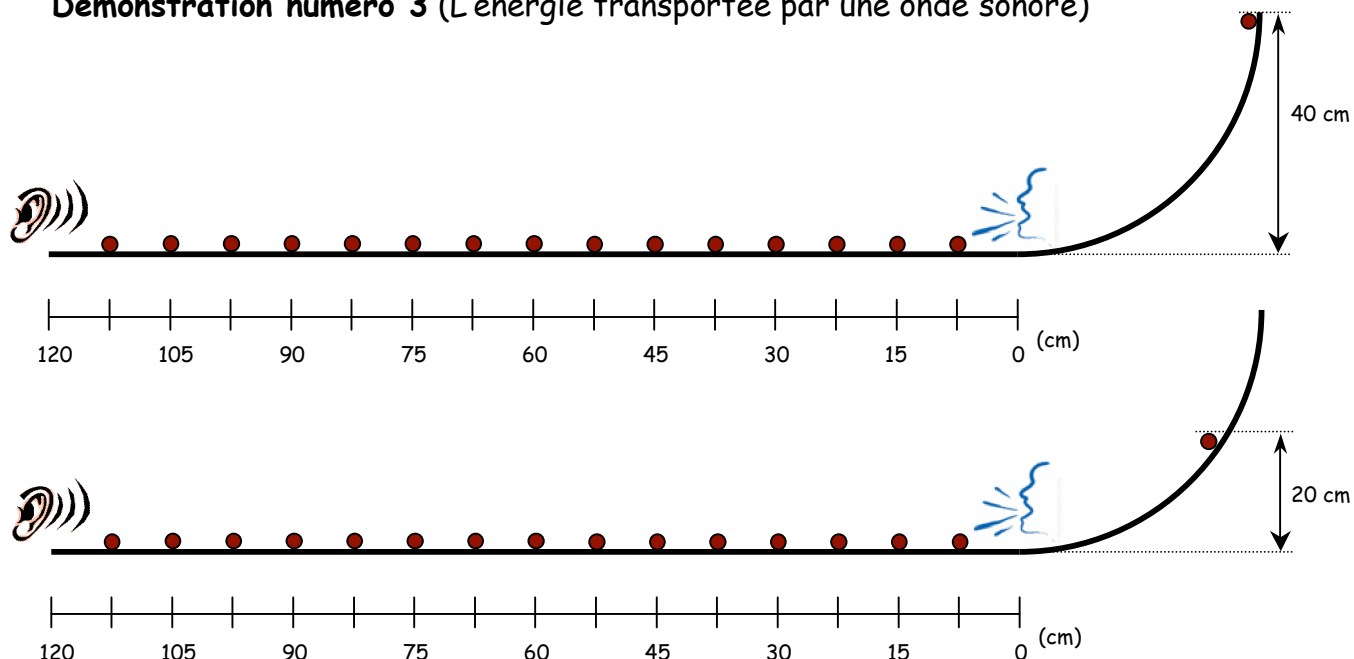
Comme dans la démonstration précédente, les billes s'entrechoqueront. À chaque collision, il y a des pertes d'énergies. La propagation ne se rendra donc pas jusqu'à l'oreille. Le cri d'une personne dans l'air a aussi une portée limitée. L'énergie sonore est aussi dissipée avec la distance.

### 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<sup>ème</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
5. Lâcher la 16<sup>ème</sup> afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
6. Observer les collisions.

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

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



#### Description

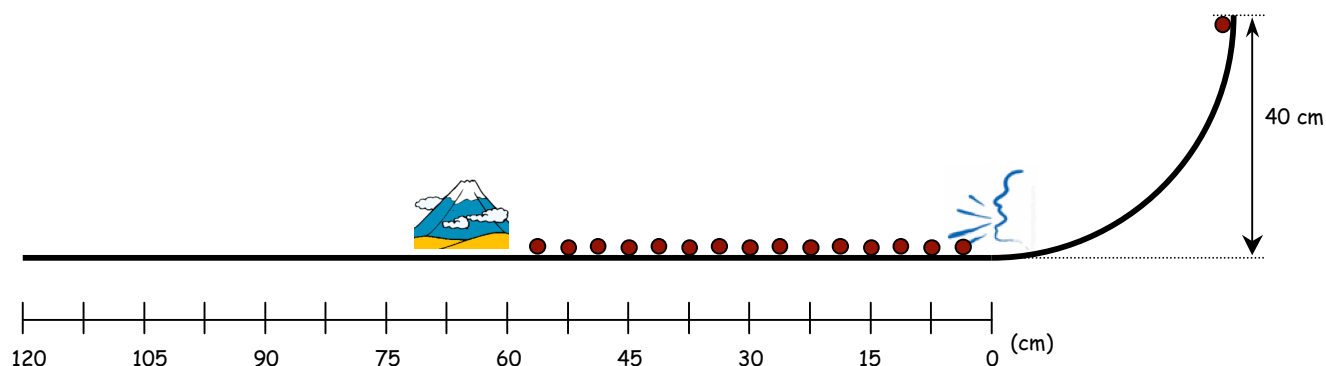
Ici, la démonstration précédente est reprise en faisant varier la hauteur à laquelle nous laissons tomber la bille. Cette hauteur correspond à l'énergie transportée par l'onde sonore. Plus la bille est lâchée de haut, plus le son simulé serait fort. La propagation des collisions devrait s'arrêter plus tôt dans le cas où la bille serait 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 la bouche.
3. Placer 15 billes aux positions indiquées sur le schéma ci-dessus.
4. Maintenir la 16<sup>ème</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
5. Lâcher la 16<sup>ème</sup> afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
6. Observer les collisions.
7. Recommencer les manipulations en plaçant la 16<sup>ème</sup> à une hauteur de 20 cm.

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

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



### Description

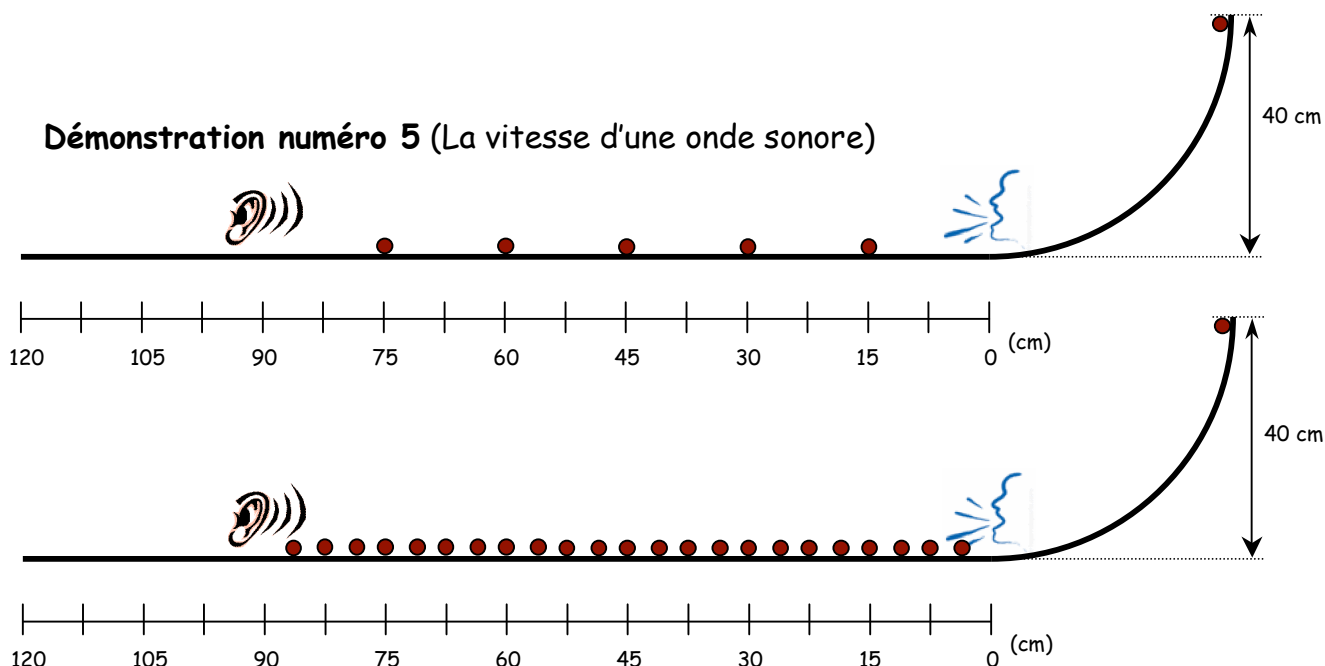
Les collisions se propageront ici de la bouche à la montagne. Puis, comme dans la formation d'un écho, les billes repartiront dans l'autre sens. Il est certain que le phénomène d'amortissement se fera aussi sentir. En effet, l'écho ne reviendra probablement pas jusqu'à son émetteur.

### 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<sup>ème</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
5. Lâcher la 16<sup>ème</sup> afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
6. Observer les collisions.

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

## Démonstration numéro 5 (La vitesse d'une onde sonore)



### Description

Les ondes sonores peuvent se propager dans des milieux où il y a plus ou moins de particules. Dans les solides par exemple, la densité de particule est plus élevée. Dans certaines conditions, l'air peut aussi avoir une densité plus grande :

- Humidité de l'air élevée (présence de particules d'eau entre les particules d'air)
- Température de l'air basse (les particules d'air se rapprochent)
- Pression atmosphérique élevée (les particules d'air se rapprochent)

La vitesse de l'onde de compression sera plus grande dans le cas où il y a plus de particules. C'est pourquoi le «cow-boy» écoutait venir le train avec l'oreille collée sur le rail en fer. Le son lui parvenait alors plus rapidement et lui 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 la bouche.
3. Placer 5 billes aux positions indiquées sur le schéma ci-dessus.
4. Maintenir la 6<sup>ème</sup> bille en haut de la rampe à une hauteur de 40 cm du plancher.
5. Lâcher la 6<sup>ème</sup> afin qu'elle dévale la pente et acquière une vitesse.
6. Observer les collisions.
7. Recommencer les manipulations en plaçant 23 billes.

N.B. Des documents vidéos 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>