# Acoustique des salles : TD 1

Exercice 1 :

Les films de Western montrent des indiens plaquant leur oreille contre les rails d'acier pour entendre venir les trains. Considérons deux indiens placés côte à côte : *Feuilles d'acier et Portugaises ventées.*
*Feuilles d'acier* plaque son oreille contre les rails, tandis que *Portugaises ventées* se contente d'entendre le train grâce à la propagation aérienne du son.

1. Si le train est à 1 km, calculer le temps supplémentaire qu'il faut à *Portugaises ventées* pour entendre le train par rapport à *Feuilles d'acier*.
2. On considère que la différence entre deux sons identiques parvenant successivement à l'oreille est perceptible si la différence entre leurs temps d'arrivée dépasse 50 ms (c'est une valeur moyenne mais que l'on utilise souvent en première approximation). Pour que *Feuilles d'acier* entende réellement le train avant *Portugaises ventées*, il faut donc que les ondes sonores parviennent à chaque indien avec une différence de temps supérieur à 50 ms. En déduire à partir de quelle distance (minimale ou maximale) la technique de *Feuilles d'acier* est efficace. (On rappelle que la célérité du son est de 5 000 m/s dans l'acier et de 340 m/s dans l'air à 16°C).

---

Exercice 2 :

On enregistre la note "la" (440 Hz) sur la piste optique d'une pellicule de cinéma 35 mm. Une copie vidéo de ce film est ensuite réalisée.
Or la vitesse de défilement est de 24 images par seconde pour le cinéma, et de 25 images par seconde pour la vidéo. Ce qui fait, que lors de la diffusion, la fréquence perçue n'est pas la même, selon qu'on assiste à une projection cinéna ou vidéo.

Calculer la variation de fréquence entre les deux types de projection. Cette différence est-elle perceptible sachant que le seuil différentiel relatif de perception est d'environ 1 % ?

note : Le seuil différentiel relatif est la plus petite variation relative de fréquence perceptible par l'oreille. Si l'on note $\Delta f$ la plus petite variation de fréquence, il se définit par $\Delta f / < f >$.

---

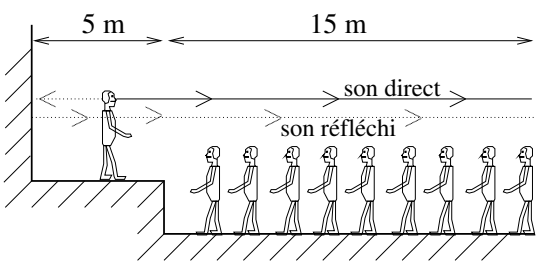



FIGURE 1 –

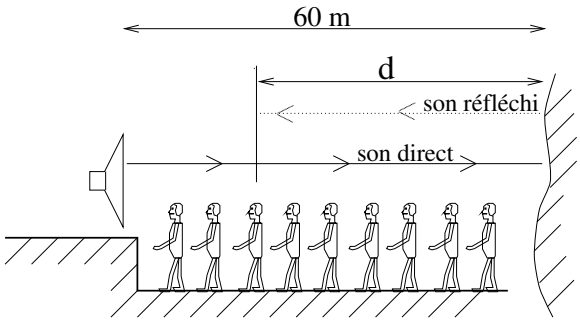



FIGURE 2 –

**Exercice 3 :**

1. Vous vous placez face à un mur, puis vous criez en direction de celui-ci. Déterminer la distance d (minimale ou maximale) au delà (ou en deça) de laquelle l'écho est perceptible.
2. Un théâtre possède une scène de 5 m de profondeur (voir Fig. 1). Le mur du fond de scène comporte une tenture. Celle-ci étant abîmée, on souhaite l'enlever. Cependant, il se pourrait que le mur du fond de scène, qui est très réfléchissant, produise un écho gênant. Pour savoir si c'est le cas, plaçons-nous dans l'hypothèse où la tenture est enlevée. Considérons un spectateur situé à 15 m de la scène, et supposons qu'un acteur parle sur le devant de la scène. Calculer, pour ce spectateur, le retard entre le son direct et le son réfléchi sur le mur du fond de scène.
   En déduire si on peut enlever sans crainte la tenture, ou si cela risque de produire un écho perceptible.
3. On organise un concert en plein air. L'esplanade est longue de 60 m, et au fond de celle-ci, à l'extrémité opposée à la scène, se trouve une paroi rocheuse susceptible de produire un écho (voir Fig. 2). Si les sièges sont disposés en rangées tous les mètres, déterminer les rangées susceptibles d'être gênées par l'écho. Effectuer le calcul à 30 °C et à 10 °C.

---

**Exercice 4 :**

Lors d'un concert en plein air, le public est disposé sur un parterre dont le premier rang est à 5 m et le dernier rang à 45 m de la scène. Calculer la différence de niveau sonore entre le premier et le dernier rang.

---

**Exercice 5 :**

Un groupe choral composé de six chanteurs se produit sur un podium en plein air. À la distance $r$ du podium, le niveau perçu est jugé trop faible. Pour l'augmenter, on a le choix entre deux solutions : se rapprocher, ou augmenter le nombre de chanteurs.

1. Pour avoir la **sensation** que le son est deux fois plus fort, à quelle distance faut-il se placer ? Vous utiliserez, pour répondre à cette question, la loi de Stevens : $S = k \times I^{0,3}$ où $S$ est la senstation auditive, $k$ une constante et $I$ l'intensité acoustique.
2. Si on choisit de rester à la distance $r$, combien faut-il ajouter de chanteurs pour que la sensation auditive soit deux fois plus forte ?

---

Exercice 6 :

Votre voisin chanteur de rock vous annonce qu'il a décidé de monter un groupe, en se faisant accompagner par deux guitares électriques et une batterie. Il sera parfois accompagné d'une seule guitare, et parfois du groupe dans sa totalité.

Le niveau sonore est de 55 dB lorsque le chanteur est seul ; il est de 62 dB lorsqu'une guitare joue seule, et de 67 dB lorsque la batterie joue seule. En déduire le niveau sonore lorsque le groupe entier répètera. Vous utiliserez la méthode rapide et la méthode exact.

---

Exercice 7 :

Dans une salle, le bruit de fond est de 62 dB. Ce bruit a deux origines indépendantes : une ventilation et le bruit en provenance de la rue.

Si on stoppe la ventilation, le niveau du bruit de circulation seul est de 57 dB. En déduire le bruit de ventilation.

---

Exercice 8 :

Lors d'une traversée du désert en $4 \times 4$, vous perdez la piste. De plus, vous tombez en panne d'essence. Vous décidez alors de klaxonner régulièrement, dans l'espoir d'être entendu par d'autres véhicules empruntant la piste.

Vous estimez à : 10 km la distance de la piste ; 120 dB le niveau produit par le klaxon à 1 m ; 30 dB le bruit de fond ambiant ; 500 Hz la fréquence du klaxon ; 10% le taux d'humidité et 30 ° la température de l'air.

Caculer la distance maximum jusqu'à laquelle le niveau du klaxon reste supérieur au bruit de fond :

1. en ne tenant compte que de l'atténuation géométrique ;
2. en tenant également compte de l'atténuation par dissipation. Pour cette question, on utilisera une méthode graphique, en traçant la courbe d'atténuation totale en fonction de la distance.

---

Exercice 9 :

Un orateur pronnonce un discours en plein air. Vous voulez l'enregistrer, mais géné par la foule, vous ne pouvez pas vous en approchez à moins de 5 m. Aussi, pour avoir plus de "proximité", vous décidez de tendre le bras ce qui avance le microphone d'un mètre.

1. Combien de dB gagnez-vous en tendant ainsi le bras, par rapport à la situation où le microphone reste à 5 m ?
2. Combien de dB auriez-vous gagné en tendant le bras de la même manière, mais en étant situé à 12 m ?
3. Déterminer le distance limite (maximale ou minimale ?) au-delà (ou en deçà) de laquelle l'augmentation de niveau obtenu en tendant le bras n'est plus perceptible.

---

Exercice 10 :

Vous organisez un coktail dans une salle de réception. Cette salle jouxte une autre salle dans laquelle se tient une conférence. Le mur mitoyen produit une atténuation de 25 dB. Lorsque 10 personnes sont présentes dans la salle de cocktail, on mesure dans celle-ci un niveau de 63 dB. On suppose que l'intensité du bruit est proportionnelle au nombre d'invités.

1. Si on accueille 50 personnes dans la salle de cocktail, que devient le niveau dans la salle de conférences ?
2. Quel nombre maximum d'invités faut-il accepter dans la salle de cocktail pour que le niveau ne dépasse pas 55 dB dans la salle de conférence ?

---

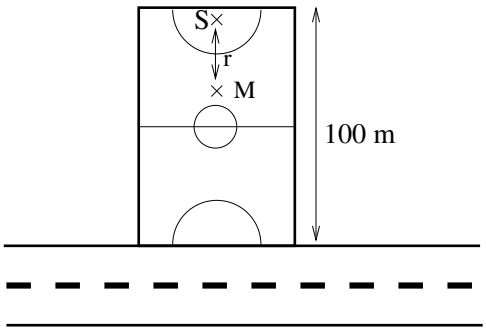
Exercice 11 :

Lors de l'inauguration d'un terrain de football, le maire du village souhaite prononcer un discours. On installe donc un podium. À 100 m de ce podium se trouve une route que l'on assimilera à une source de niveau de puissance de 90 dB.
On considère que le maire (placé en S) produit un niveau sonore de 75 dB à 1 m. Dans tout le problème, on négligera la directivité des sources.

À une distance $r$ du podium, on définit le rapport Signal/Bruit (en décibels) par :

$$S/B(r) = L(\text{voix du maire}) - L(\text{bruit de la route})\,.$$

1. Calculer S/B à 10 m du podium.
2. Jusqu'à quelle distance la consiliton $S/B > 20$ dB est-elle respectée ?
3. Même question, dans le cas où le maire est sonorisé par un haut-parleur (installé sur le podium) qui produit 90 dB à 1 m dans son axe.




Exercice 12 :

Une source ponctuelle, omnidirectionnelle, crée en champ libre un niveau d'intensité de 80 dB à 1 m.

1. Quel est son niveau de puissance $L_W$ ?
2. Calculer son intensité à 2 m ainsi que la pression efficace créée à la même distance.
3. Quels seraient les niveaux de pression acoustique et d'intensité que l'on mesurerait à 2 m si la source était placée contre une paroi parfaitement réfléchissante ?

---

Exercice 13 :

Quatre hélicoptères volant en formation, considérés comme une source unique d'ondes sonores, ont chacun un niveau de puissance acoustique $L_W$ de 130 dB.

1. Quelle est la puissance sonore rayonnée par l'ensenble de la formation ?
2. La formation s'immobilise à 800 m d'altitude. Quel est le niveau sonore au sol, à la verticale de leur position :
   (a) sans tenir compte de l'absorption atmosphérique ?
   (b) en tenant compte d'un coefficient d'absorption de $0,8$ dB/100 m ?
3. Pour chaque appareil, le niveau de puissance acoustique relevé dans la bande d'octave centrée sur 1000 Hz est de 127 dB. Quel est le niveau de puissance correspondant au reste du spectre audible ?