

## 1 Activité documentaire : réduction des bruits des transports

### 1.1 Document n° 1 : situation problème



Murs antibruit en polychlorure de vinyle (PVC).

Parmi les moyens utilisés pour réduire le bruit de la circulation automobile ou ferroviaire se propageant dans l'environnement, les murs antibruit constituent souvent un outil efficace, notamment en milieu urbain.

Comment les murs antibruit agissent-ils sur la propagation du son ?

« Circulation routière ou aérienne, engins de chantiers, ateliers de fabrication, concerts, moteurs de tondeuses, les bruits que l'on perçoit ou que l'on génère constituent de véritables nuisances pour l'environnement (l'homme et la faune). Le bruit apparaît aujourd'hui comme la première nuisance environnementale et constitue la préoccupation majeure des populations. »

Extrait du site [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

### 1.2 Document n° 2 : les murs antibruit

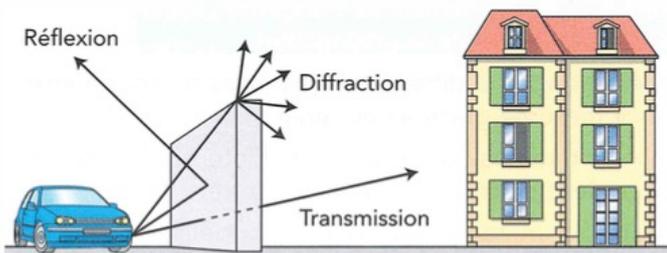


Schéma de principe d'un mur antibruit.

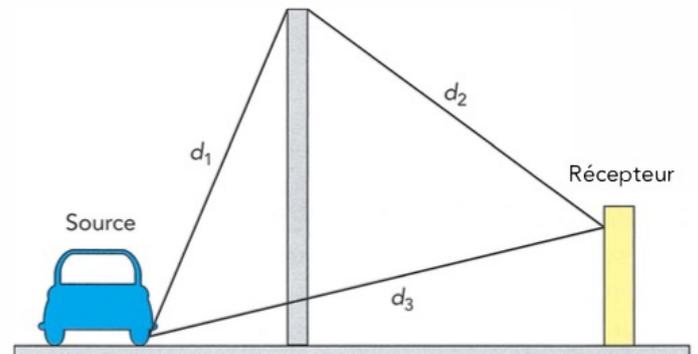
Les murs antibruit placés entre la source du bruit et les bâtiments exposés permettent de réduire les nuisances sonores de 8 à 12 dB.

Les caractéristiques d'un mur antibruit et son implantation doivent prendre en compte les ondes diffractées et transmises du côté des bâtiments et les ondes réfléchies du côté exposé au trafic.

L'atténuation dépend des caractéristiques géométriques du mur, principalement sa hauteur, et de son implantation.

D'après L. SCHRIVER-MAZZUOLI, *Nuisances sonores*, Dunod, collection technique et ingénierie, 2007.

### 1.3 Document n° 3 : influence de la géométrie



Géométrie d'un mur antibruit.

La géométrie de l'ensemble {source, récepteur, mur} a une influence sur l'atténuation du son. On définit le nombre  $N$  comme une caractéristique de la géométrie de l'ensemble {source, récepteur, mur} :

$$N = \frac{2}{\lambda} (d_1 + d_2 - d_3)$$

Pour l'ensemble {source, récepteur, mur} schématisé ci-dessus, le tableau suivant indique l'atténuation  $A$  en décibel (dB), réalisée par le mur antibruit, en fonction de  $N$  et pour une longueur d'onde  $\lambda$  fixée.

$N$	0	1	2	3	4	5
$A$ (dB)	5,0	13	16	18	19	20

### 1.4 Document n° 4 : influence de la nature des matériaux

Le choix des matériaux et des techniques utilisés est très varié pour pouvoir s'adapter à différentes infrastructures. On trouve ainsi :

- des écrans métalliques, par exemple, en acier (d'épaisseur 1,5 mm), ou en aluminium (d'épaisseur 2,5 mm) ayant une bonne longévité, mais souvent inesthétiques ;
- des écrans en béton (d'épaisseur de 10 à 15 cm) ayant une bonne surface massique et une bonne flexibilité sur le plan architectural, d'une esthétique qui pose débat (certains adorent...) ;
- des écrans en bois imputrescible (4 cm d'épaisseur) s'intégrant bien dans le paysage, mais dont la durée de vie est limitée ;
- des écrans transparents, en verre ou en plastique (polycarbonate ou polyméthacrylate de méthyle, ou PMMA d'épaisseur de 10 à 16 mm), généralement placés en milieu urbain ;
- des écrans en polychlorure de vinyle (PVC)

opaques ayant une excellente absorption acoustique, une bonne résistance aux UV et une durée de vie élevée ;

- des écrans en briques ;
- des buttes de terre ou des écrans végétalisés (succession de jardinières en plastique recyclé remplies de terre et munies d'un système d'irrigation ou végétaux sur des panneaux en laine de roche, par exemple) sont également utilisés comme écrans acoustiques sur les autoroutes. Ils s'harmonisent bien avec le paysage ;
- des barrières végétales seules, mais qui ne sont pas assez efficaces : une épaisseur de 60 m d'arbres ne génère qu'une atténuation de 5 à 6 dB.

D'après L. SCHRIVER-MAZZUOLI, *Nuisances sonores*, Dunod, collection technique et ingénierie, 2007.

## 2 Activité expérimentale : maquette d'un mur anti-bruit

### 2.1 Principe des émetteurs-récepteurs d'ultrasons

On cherche à mettre en évidence expérimentalement les informations données dans les documents précédents.

Pour ces expériences, on dispose de modules émetteurs-récepteurs à ultrasons, des plaques identiques de matériaux différents (bois, polystyrène expansé, PMMA, plaque de plâtre), d'une vingtaine de kapla (jeu de construction très célèbre dont le principe repose sur l'utilisation de petites plaques de bois) et d'une interface d'acquisition SYSAM-SP5 reliée à l'ordinateur via le logiciel Latis Pro.

Une salve d'ultrasons est une brève perturbation sonore, de fréquence 40 kHz. Cette fréquence est inaudible (20 Hz à 20 kHz pour le domaine audible).

Les ultrasons sont émis par un émetteur E (ci-dessous, à gauche) et détectés par un (ou plusieurs) récepteur R (à droite), qui délivre(nt) une tension proportionnelle au déplacement des tranches d'air mises en mouvement lors de la propagation de l'onde.



FIGURE 1

Le dispositif permet d'émettre des salves soit de façon

périodique, soit de façon continue, en fonction du réglage de l'émetteur.

### 2.2 Branchements de l'émetteur et des récepteurs

- Prévoir six fils, trois de couleur rouge, trois de couleur noire (en plus du câble adaptateur déjà distribué).

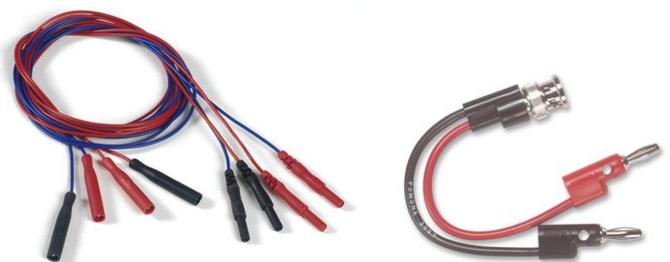


FIGURE 2

- S'assurer que l'interface de mesure est branchée & connectée à un port USB de l'ordinateur.

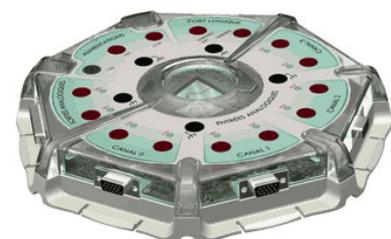


FIGURE 3

- L'émetteur doit être alimenté en 15 V (flèche 1 de la figure 4 ci-dessous).

Appel du professeur pour vérification!

- Mettre en marche l'alimentation et l'émetteur (interrupteur indiqué par la flèche 4 de la figure 4).

### 2.3 Réglages de Latis Pro conseillés

- Ouvrir le logiciel Latis Pro (raccourci sur le bureau).
- Cliquer sur les voies EA0 et EA1 pour les activer.



FIGURE 4

Connecter sa borne rouge au +15 V et sa borne noire au 0 V de l'alimentation, montrée en figure 5.

L'interrupteur de l'alimentation doit rester sur « Arrêt » jusqu'à la vérification par le professeur!

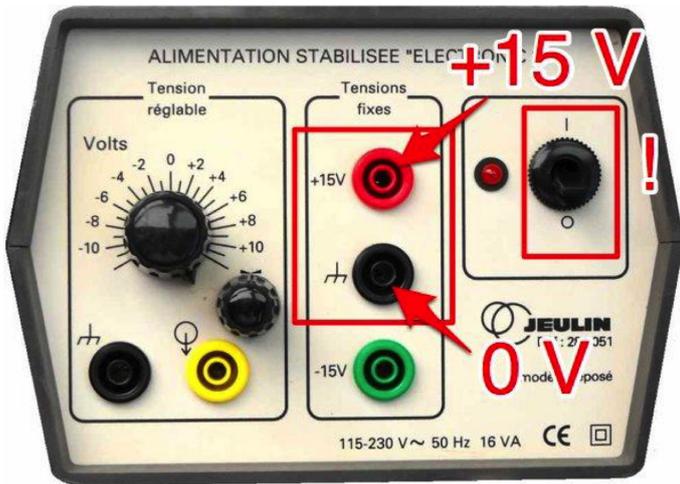


FIGURE 5

- Brancher le câble adaptateur sur la prise BNC (flèche 2, figure 4) de l'émetteur. Brancher la prise rouge sur la voie EA0 de l'interface de mesure, et la prise noire sur une masse de l'interface.

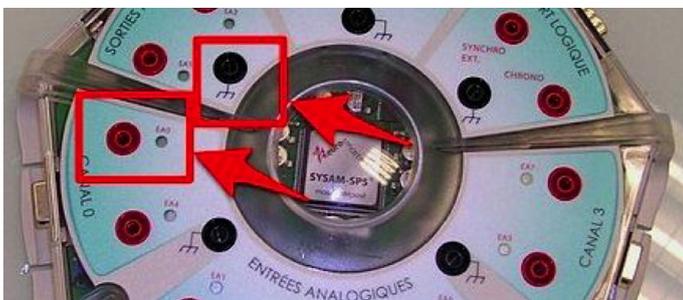


FIGURE 6

- Sur l'émetteur, choisir le mode « Continu » (interrupteur indiqué par la flèche 3 de la figure 4).
- Brancher l'un des deux récepteurs : fil rouge sur la voie EA1, fil noir sur une masse.



FIGURE 7

- En ordonnée du graphique (Fenêtre n° 1), retirer la voie EA0. Pour cela, faire un clic-droit sur la légende EA0, et cliquer sur « Retirer » :

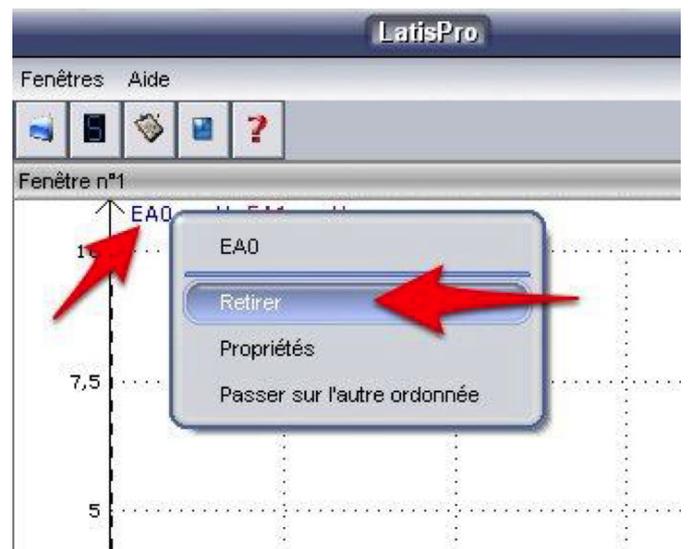


FIGURE 8

- Ouvrir les propriétés de la courbe EA1. Pour cela, faire un clic-droit sur la légende EA1, et cliquer sur « Propriétés » :

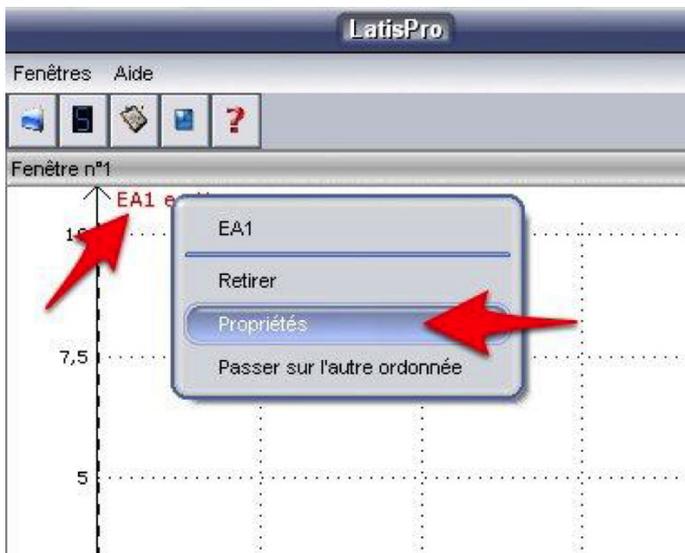


FIGURE 9

- Cliquer sur « Style » :



FIGURE 10

- Choisir « Trait » :



FIGURE 11

- Valider par « OK » :

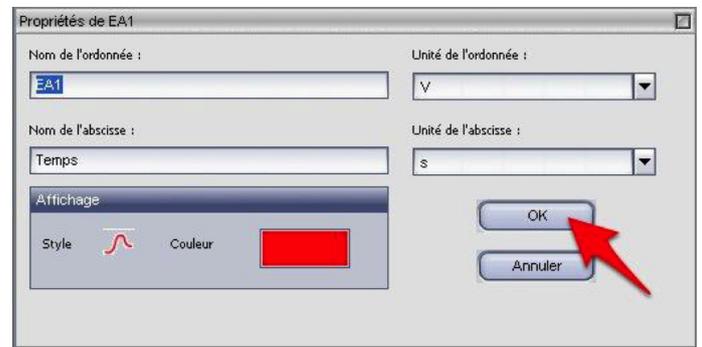


FIGURE 12

- À gauche, sous « Acquisition », changer le nombre de points à mémoriser pour 500 :

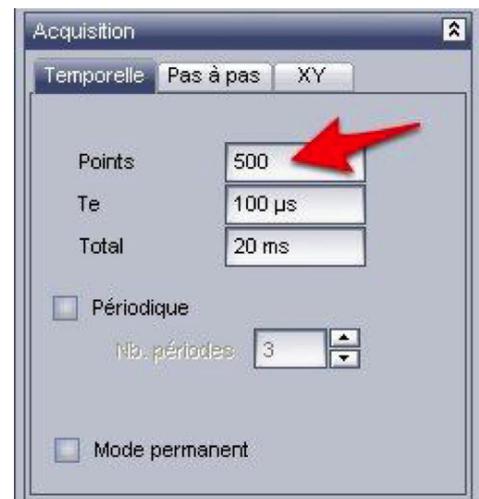


FIGURE 13

- Changer de même la durée totale d'acquisition pour 0,2 ms :

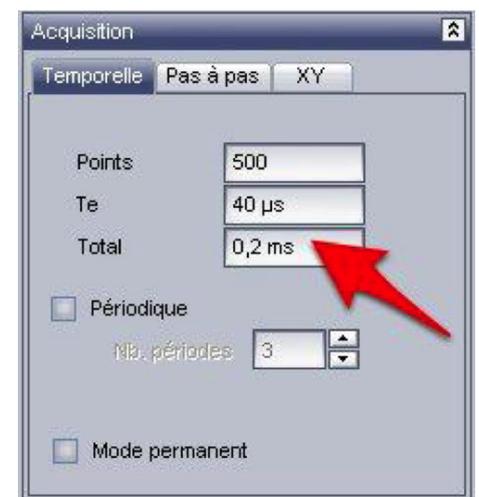


FIGURE 14

Inutile de modifier le temps d'échantillonnage  $T_e$ , le logiciel le règle automatiquement.

- Cocher la case « Mode permanent » :



FIGURE 15

- En dessous, sous « Déclenchement », cliquer pour dérouler le menu :



FIGURE 16

- Sélectionner la voie EA0 comme source de déclenchement :

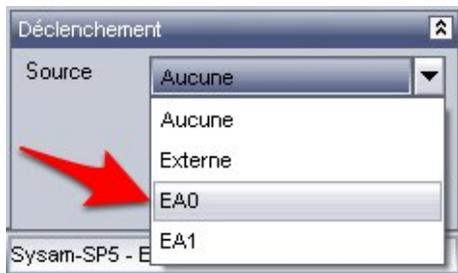


FIGURE 17

- Changez le seuil de déclenchement pour 1 V :



FIGURE 18

- Vous êtes maintenant prêt(e)!

## 2.4 Réglage de l'émetteur conseillé

- Lancez l'acquisition en cliquant sur la neuvième icône de la barre des menus, ou en utilisant le raccourci « F10 » :



FIGURE 19

- Placer le récepteur sur la règle, face à l'émetteur, au niveau de la graduation 0 cm.

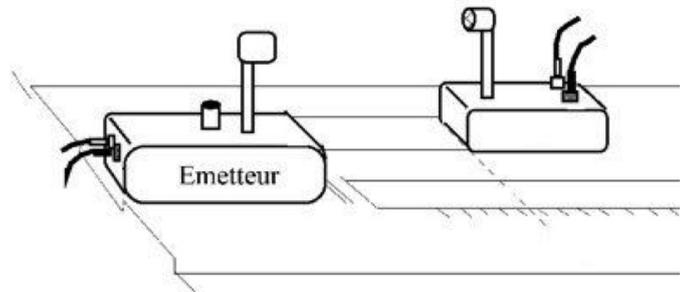


FIGURE 20

- Tourner le réglage de fréquence (bouton n° 5 montré sur la figure 4) de l'émetteur, afin d'obtenir un signal d'amplitude maximale au niveau du récepteur (signal EA0). On place ainsi l'émetteur en *résonance* mécanique, qui a lieu à une fréquence de résonance bien précise. Ce réglage permet d'obtenir un signal émis, et donc reçu, maximum.

Ne plus toucher à ce réglage par la suite!

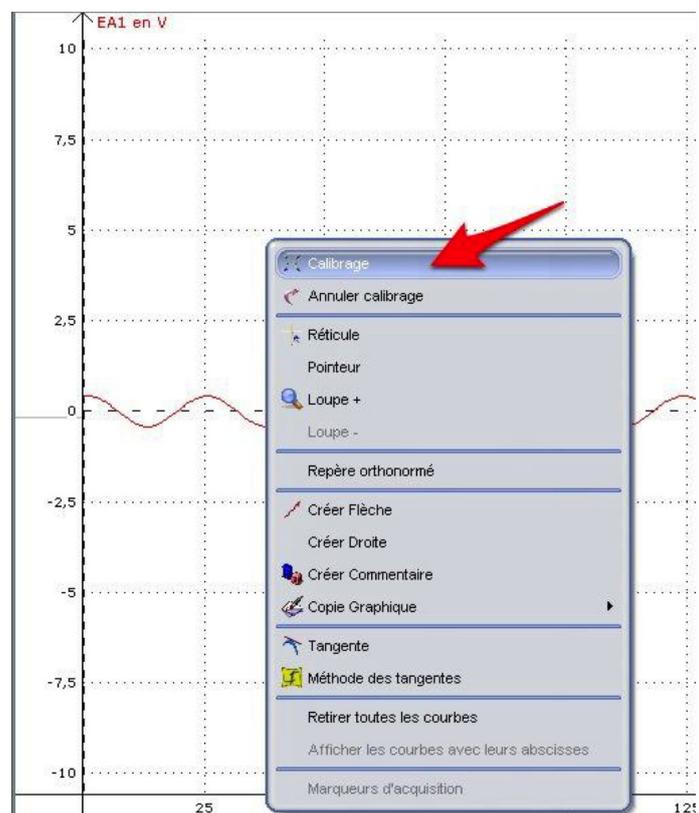


FIGURE 21

Pour arrêter l'acquisition, appuyer sur la touche « Echap ».

- Une fois l'acquisition arrêtée, lancer un zoom automatique par un clic-droit à n'importe quel endroit de la « Fenêtre n° 1 », et en cliquant sur « Calibrage ».
- Relancer l'acquisition, puis l'arrêter (touche « Echap »), dès que le résultat est satisfaisant.

### 2.5 Mesures d'atténuation

- Réaliser les mesures proposées à l'aide des matériaux à disposition, y inclus une vingtaine de Kapla. Recopier ou compléter les mesures proposées ci-dessous à titre purement indicatif.
- Matériau n° 1 : .....  $A = \dots\dots\dots$
- Matériau n° 2 : .....  $A = \dots\dots\dots$
- Matériau n° 3 : .....  $A = \dots\dots\dots$
- Matériau n° 4 : .....  $A = \dots\dots\dots$

### 2.6 Influence de la hauteur du mur antibruit

- Proposez un protocole. À titre indicatif, recopier ou compléter les mesures proposées ci-dessous.
- Mesure n° 1 : .....  $A = \dots\dots\dots$   $N = \dots\dots\dots$
- Mesure n° 2 : .....  $A = \dots\dots\dots$   $N = \dots\dots\dots$
- Mesure n° 3 : .....  $A = \dots\dots\dots$   $N = \dots\dots\dots$
- Mesure n° 4 : .....  $A = \dots\dots\dots$   $N = \dots\dots\dots$
- Mesure n° 5 : .....  $A = \dots\dots\dots$   $N = \dots\dots\dots$
- Utiliser le logiciel pour tracer la représentation graphique de l'atténuation  $A$  en fonction de  $N$  et pour la modéliser.

## 3 Questions sur les activités n° 1 et n° 2

- a. Classer les différents types de matériaux, du plus réfléchissant au plus absorbant.
- b. Quels phénomènes physiques permettent d'expliquer que le son est perçu derrière le mur antibruit ?
- c. Justifier que, derrière un même mur antibruit, les sons graves sont davantage perçus que les sons aigus.

- d. Quels sont les autres facteurs pouvant influencer l'efficacité d'un mur antibruit ?
- e. Calculez le rapport de fréquence entre les ultrasons et le son d'un diapason la<sub>3</sub>. En déduire la taille du mur antibruit construit avec les kaplas.

## 4 Correction des exercices de la séance n° 6

### 6.2 La restitution des sons

1. Les ondes avant et arrière émises par un haut-parleur peuvent s'annuler par interférences destructives. Pour les éviter, il faut faire en sorte que les ondes arrière ne se superposent pas aux ondes avant. Il faut, par exemple, supprimer le fond de l'enceinte pour supprimer les réflexions.  
On peut aussi créer un déphasage supplémentaire de 180° pour les ondes arrière, qui, avec le déphasage initial de 180°, fait que ces ondes sont en phase avec les ondes avant, il y a alors interférences constructives.
2. Les tests réalisés, dans le but de comparer la qualité des enceintes, portent sur :
  - les vibrations ;
  - la pureté des graves ;
  - le rendement de l'enceinte ;
  - la directivité.

3. Les critères de qualité des enceintes et des casques sont la bande passante (domaine de fréquences pour une bonne restitution des sons). Pour les enceintes s'ajoute l'absence de vibration du coffre et pour les casques l'isolation phonique.

### 6.3 Les frettes d'une guitare

1. Le document 2 donne la formule reliant la fréquence  $f$  du fondamental émis par une corde, à sa longueur  $L$ , sa tension  $T$  et sa masse linéique  $\mu$  :

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1)$$

On constate sur cette formule que si on diminue la longueur  $L$  ou la masse linéique  $\mu$ , ou si on augmente la tension  $T$ , la fréquence émise augmente.

2. Entre le Sol et le La de la même octave, le document 3 indique un écart de deux demi-tons. Autrement dit, il y a entre le Sol et le La un Sol dièze ou un La bémol, deux notes qui sont confondues dans la gamme tempérée.

Le document 3 indique aussi que pour passer d'une note à la suivante, de fréquence plus élevée, le guitariste bloque cette corde sur la case qui suit immédiatement, de façon à raccourcir la corde.

Par conséquent, pour passer du Sol au La, le guitariste devra déplacer son doigt de deux cases, ou tout au moins bloquer la deuxième case si il est en train de jouer la corde de Sol, à vide.

3. Le document 3 indique une fréquence de  $f_{La_3} = 440$  Hz pour le  $La_3$ . Notons  $f_{Do_3}$  la fréquence du  $Do_3$  et  $f_{Do_4}$  celle du  $Do_4$ . Une simple lecture du tableau proposé, en onzième et quatorzième ligne, permet d'écrire :

$$\begin{cases} f_{La_3} = (2)^{\frac{9}{12}} \times f_{Do_3} = 1,682 \times f_{Do_3} \\ f_{Do_4} = 2 \times f_{Do_3} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} f_{Do_3} = \frac{f_{La_3}}{(2)^{\frac{9}{12}}} = \frac{440}{1,682} = 262 \text{ Hz} \\ f_{Do_4} = 2 \times f_{Do_3} = 262 \times 2 = 523 \text{ Hz} \end{cases}$$

4. Notons  $f$  la fréquence émise par la corde à vide et  $f_n$  la fréquence émise par la corde bloquée sur la case  $n$ . Les fréquences émises par la corde lorsque l'on appuie sur la première case, la seconde, la troisième et la quatrième sont :

$$\begin{aligned} f_1 &= (2)^{\frac{1}{12}} \times f = 1,059 \times f \\ f_2 &= (2)^{\frac{2}{12}} \times f = 1,122 \times f \\ f_3 &= (2)^{\frac{3}{12}} \times f = 1,189 \times f \\ f_4 &= (2)^{\frac{4}{12}} \times f = 1,260 \times f \end{aligned}$$

On généralise facilement pour la case de rang  $n$  :

$$f_n = (2)^{\frac{n}{12}} \times f \quad (2)$$

L'expression (1) permet d'écrire :

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Leftrightarrow L = \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (3)$$

Notons  $L_n$  la longueur de la corde, reliée à  $f_n$  par :

$$f_n = \frac{1}{2L_n} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Leftrightarrow L_n = \frac{1}{2f_n} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (4)$$

En remplaçant l'expression de  $f_n$  dans (4) par (2) :

$$L_n = \frac{1}{(2)^{\frac{n}{12}} \times 2f} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (5)$$

En remplaçant l'expression (3) dans (5) :

$$L_n = \frac{L}{(2)^{\frac{n}{12}}} \quad (6)$$

La corde a une longueur totale  $L$ , et une longueur partielle  $L_n$  quand elle est bloquée par la  $n^{\text{ième}}$  frette. Par conséquent, la distance  $d_n$  de la  $n^{\text{ième}}$  frette est :

$$d_n = L - L_n = \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{n}{12}}}\right) L$$

On effectue l'application numérique pour les quatre premières frettes :

$$\begin{aligned} d_1 &= \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{1}{12}}}\right) \times 65,2 = 3,6 \text{ cm} \\ d_2 &= \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{2}{12}}}\right) \times 65,2 = 7,1 \text{ cm} \\ d_3 &= \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{3}{12}}}\right) \times 65,2 = 10,4 \text{ cm} \\ d_4 &= \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{4}{12}}}\right) \times 65,2 = 13,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

En guise de vérification, en première analyse, on peut remarquer que les frettes sont de plus en plus rapprochées. En seconde analyse, on mesure au double-décimètre la longueur totale de la corde (14,4 cm sur la photo) et la position des quatre premières frettes (respectivement, 0,8 cm, 1,5 cm, 2,2 cm et 2,9 cm), et on divise les quatre dernières par la première pour tenir compte de l'échelle de la photographie :

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{0,8}{14,4} \times 65,2 = 3,6 \text{ cm} \\ d_2 &= \frac{1,5}{14,4} \times 65,2 = 6,8 \text{ cm} \\ d_3 &= \frac{2,2}{14,4} \times 65,2 = 10 \text{ cm} \\ d_4 &= \frac{2,9}{14,4} \times 65,2 = 13 \text{ cm} \end{aligned}$$

Les résultats concordent relativement bien malgré les fortes incertitudes sur les mesures, puisque 0,1 mm d'erreur sur la mesure au double décimètre nous fait une erreur de :

$$\frac{0,1}{14,4} \times 65,2 = 0,5 \text{ cm}$$

sur les évaluations des longueurs à partir de la photographie. On remarque que les valeurs calculées sont bien toutes dans l'intervalle d'erreur.

## 5 Correction des exercices de la séance n° 8

### 8.1 Échos en tout genre

1. Pour aller jusqu'au mur puis revenir, le son met un temps :

$$t = 2\frac{d}{c}$$

On suppose que le son direct parvient instantanément de la bouche à l'oreille. On entend un écho si :

$$2\frac{d}{c} > 50 \text{ ms} \Rightarrow d > 8,5 \text{ m}$$

2. Le son direct, de l'acteur au spectateur, parcourt 15 m, tandis que la réflexion parcourt 25 m. Ce trajet supplémentaire de 10 m correspond à un retard de :

$$t = \frac{d}{c} = \frac{10}{340} = 29 \text{ ms}$$

L'écho n'est donc pas perçu, et on peut enlever sans crainte la tenture. On peut montrer que l'écho risque d'être perçu si la profondeur de la scène est supérieure à 8,5 m.

3. Considérons une rangée située à la distance  $d$  de la falaise. L'écho parcourt une distance supplémentaire égale à  $2d$ . L'écho est perceptible s'il arrive 50 ms après le son direct. Mais ce temps ne correspond plus forcément à une distance de 8,5 m, puisqu'il faut tenir compte de la variation de la célérité avec la température.

Calculons le temps nécessaire pour parcourir la distance  $2d$ , en tenant compte de l'effet de la température. À 10°C, la célérité du son vaut :

$$c = 20\sqrt{T} = 20 \times \sqrt{283} = 336 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Le durée  $t$  pour parcourir la distance  $2d$  vaut :

$$t = 2\frac{d}{c} \Leftrightarrow d = \frac{ct}{2}$$

Avec  $t = 50$  ms, toutes les rangées à plus de  $d = 8,4$  m seront gênées par l'écho.

À 30°C, la célérité du son vaut :

$$c = 20\sqrt{T} = 20 \times \sqrt{303} = 348 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Cette fois-ci, les rangées à plus de  $d = 8,7$  m seront gênées par l'écho.

### 8.2 N° 1 p. 117 – Qualité sonore d'un auditorium

Corrigé dans votre livre.

### 8.3 N° 2 p. 120 – Écho créé par un mur de scène

Le son direct va de A en S et a parcouru la distance AS, avec une vitesse de valeur constante, en une durée :

$$\Delta t_{\text{direct}} = \frac{AS}{v}$$

L'écho part de S pour arriver en A après s'être réfléchi sur le mur de la scène, il a parcouru la distance  $AS + 2d$ , avec la même valeur constante de vitesse, en une durée :

$$\Delta t_{\text{écho}} = \frac{AS + 2d}{v}$$

Le retard entre l'écho et le son direct doit être inférieur à une durée de 1/25 seconde pour que le son reste net. Ainsi,

$$\Delta t_{\text{écho}} - \Delta t_{\text{direct}} < \frac{1}{25} \Leftrightarrow \frac{2d}{v} < \frac{1}{25}$$

donc  $d < v/50 = 6,8$  m. La profondeur maximale de la scène, pour que la parole ne soit pas perturbée par l'écho, est de 6,8 m.

### 8.4 N° 3 p. 120 – Coefficient d'absorption acoustique

- L'énoncé donne le TR attendu, donc à partir de la formule de Sabine,

$$TR = 0,16 \times \frac{V}{A}$$

il est possible de calculer la surface équivalente d'absorption  $A$  de la salle :

$$A = 0,16 \times \frac{V}{TR}$$

Le volume de la salle,  $V$ , est exprimé en fonction de la longueur, de la largeur et de la hauteur de la salle :

$$V = L \cdot \ell \cdot H$$

Donc :

$$A = 0,16 \times \frac{L \cdot \ell \cdot H}{TR}$$

$$A = 0,16 \times \frac{15 \times 10 \times 3,2}{2,2}$$

$$A = 35 \text{ m}^2$$

La surface équivalente d'absorption de la salle est de 35 m<sup>2</sup>.

- Pour déterminer le coefficient d'absorption acoustique  $\alpha_2$  du matériau avec lequel il faut recouvrir le plafond, on utilise la relation :

$$A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i$$

Dans cette relation, on prend en compte les murs et le plafond puisque, comme indiqué par le texte, l'absorption du sol est négligée, donc :

$$A = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2$$

soit :

$$\alpha_2 = \frac{A - \alpha_1 \cdot S_1}{S_2}$$

$S_1$  est la surface des murs et  $S_2$  est celle du plafond :

$$\begin{aligned} S_1 &= (15 + 15 + 10 + 10) \times 3,2 = 160 \text{ m}^2 \\ S_2 &= 15 \times 10 = 150 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \alpha_2 = \frac{35 - 0,20 \times 160}{150} = 0,020$$

Le coefficient d'absorption acoustique du matériau recouvrant le plafond doit être de 0,020.

- Dans une salle de réunion, on cherche un temps de réverbération plus faible que dans une salle de concert, le matériau utilisé doit donc avoir un coefficient d'absorption plus grand. Ce résultat est confirmé par les formules utilisées ci-dessus.

À un plus faible TR correspond une surface équivalente d'absorption de la salle plus grande et donc, une valeur de  $\alpha_2$  plus grande.

#### 8.5 N° 4 p. 121 – Transformer un réfectoire en salle de spectacles

On cherche une durée de réverbération  $TR = 1,6$  s.

Le volume de la salle est :

$$\begin{aligned} V &= L \cdot \ell \cdot H \\ V &= 12 \times 6,0 \times 2,5 = 180 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

D'après la formule de Sabine :

$$A = 0,16 \times \frac{V}{TR} = 0,16 \times \frac{180}{1,6} = 18 \text{ m}^2$$

Pour transformer cette salle en salle de spectacles, il faut une surface équivalente d'absorption de 18 m<sup>2</sup>.

La surface équivalente d'absorption,  $A_v$ , de la salle en l'absence de panneaux en bois se détermine en tenant compte des parois qui la constituent :

Paroi	Plafond	Sol	Mur	Porte	Vitre	Chaise
$S$ (m <sup>2</sup> )	72	72	60	4,0	26	100
$\alpha_M \cdot S_i$ (m <sup>2</sup> )	2,16	1,44	1,2	0,60	4,68	0,8

On additionne toutes les contributions :

$$A_v = 2,16 + 1,44 + 1,2 + 0,6 + 4,68 + 0,8 = 11 \text{ m}^2$$

Avec les panneaux, la surface équivalente d'absorption est :

$$A = A_v + 0,20 \times S_{\text{panneaux}}$$

$$S_{\text{panneaux}} = \frac{A - A_v}{0,20} = \frac{18 - 11}{0,20} = 35 \text{ m}^2$$

Chaque panneau possède une surface de 2,0 m<sup>2</sup> ; il faut donc 18 panneaux pour obtenir la durée de réverbération souhaitée.

#### 8.6 N° 5 p. 121 – Aménagement d'un auditorium

Il faut déterminer la surface d'absorption équivalente :

$$A = 120 \cdot \alpha_M + \alpha_P \cdot (L + \ell) + \alpha_S \cdot (L + \ell) + N \cdot A_{\text{sièges}}$$

où  $N$  est le nombre de sièges.

$$V = L \cdot \ell \cdot h \Leftrightarrow L \cdot \ell = \frac{V}{h} = \frac{200}{0,4} = 50 \text{ m}^2$$

Par suite :

$$\begin{aligned} A &= 120 \times \alpha_M + 0,050 \times 50 + 0,080 \times 50 + 25 \times 0,50 \\ A &= 120 \times \alpha_M + 19 \end{aligned}$$

La durée de réverbération imposée au niveau des murs conduit à une condition sur la surface d'absorption équivalente :

$$0,16 \times \frac{V}{0,50} \leq A \leq 0,16 \times \frac{V}{0,30}$$

$$\Rightarrow 64 \text{ m}^2 \leq A \leq 1,1 \times 10^2 \text{ m}^2$$

On en déduit l'encadrement pour le coefficient :

$$0,38 \leq \alpha_M \leq 0,73$$

En comparant aux valeurs données, il apparaît que les isolants n° 2 et n° 3 conviennent.

Pour savoir lequel est le plus avantageux, il faut calculer le prix de revient au mètre :

— pour l'isolant n° 2,

$$\frac{425}{12,5} = 34 \text{ Euros}$$

— pour l'isolant n° 1,

$$\frac{850}{25} = 34 \text{ Euros}$$

Ces deux isolants auront donc le même coût et les mêmes propriétés acoustiques. À part un autre critère (couleur, qualité, etc.), rien ne les différencie au niveau du cahier des charges.