

TD N°14 - Ondes sonores - e3a PC - extrait

On donne les courbes d'audibilité et de douleur de l'oreille humaine sur la figure 1. Y sont tracées également des courbes isophoniques, qui relient les points de même sensation d'intensité sonore pour l'oreille humaine.

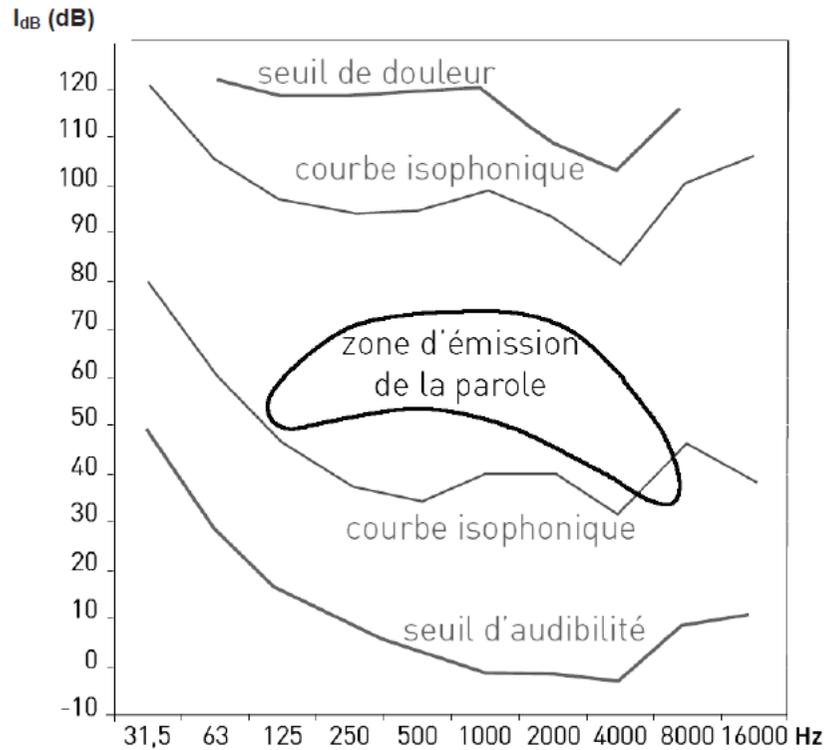


Figure 1 – Courbes de sensibilité de l'oreille humaine (Intensité sonore en dB en fonction de la fréquence en Hz)

C / Spectre d'un instrument de musique

**C1.** Quelle est la différence entre le spectre d'un son créé par un instrument de musique (une flûte par exemple) et le spectre d'un bruit ? On rappelle qu'un bruit est un signal où toutes les fréquences sont présentes. Expliquer pourquoi on peut utiliser les résultats des ondes harmoniques (sous-partie B) pour l'étude des sons des instruments.

**C2.** La figure 2 ci-dessous donne l'acquisition d'un son émis par un violon (figure 2.a) et son spectre (figure 2.b).

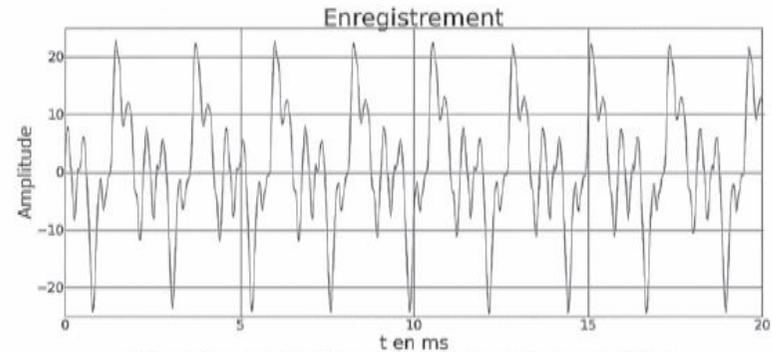


Figure 2.a - Enregistrement d'un son émis par un violon (l'amplitude est graduée en unité arbitraire)

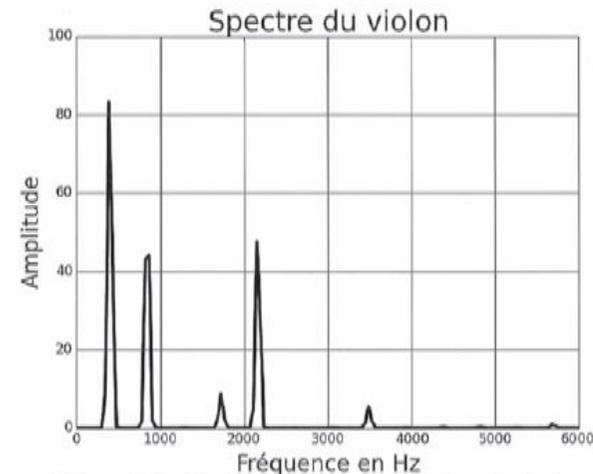
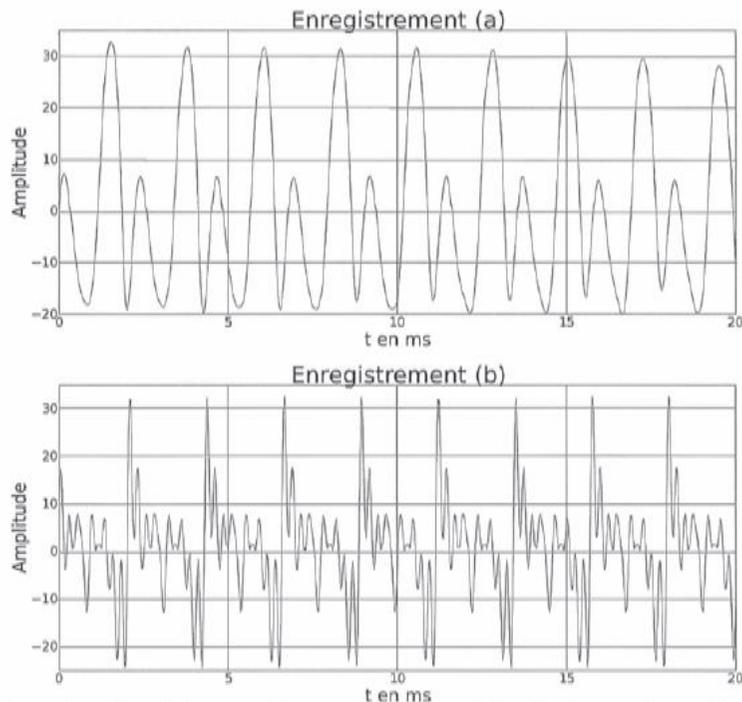


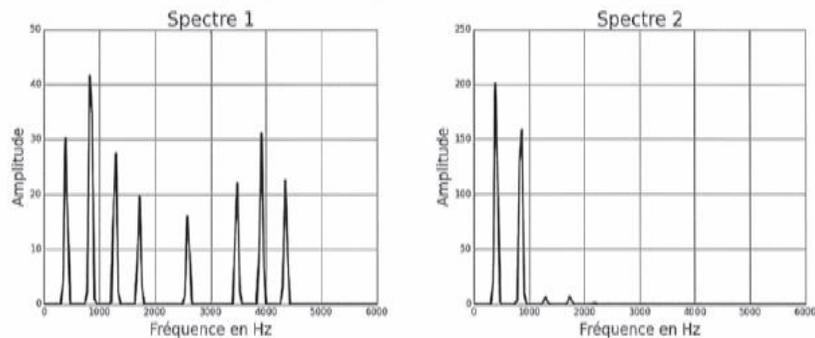
Figure 2.b – Spectre du même son émis par le violon (l'amplitude est graduée en unité arbitraire)

**C2a.** Mesurer la fréquence de la note et sa période en expliquant votre démarche, notamment en complétant les figures ci-dessus. Les résultats sont-ils compatibles entre les deux figures ?

La figure 3.a ci-dessous donne les acquisitions de deux sons (émis par une flûte (a) et par un harmonium (b)) qui correspondent à la même note. La figure 3.b. donne le spectre de ces deux instruments mais ils ont été mélangés.



**Figure 3.a** - Enregistrements de sons émis par une flûte (a) et par un harmonium (b) (l'amplitude est graduée en unité arbitraire)



**Figure 3.b** - Spectres correspondants (l'amplitude est graduée en unité arbitraire)

**C2b.** Attribuer à chaque spectre (1 et 2) son instrument (flûte (a) ou harmonium (b)) en justifiant ce choix.

### D / Problèmes à résoudre lors de concerts

Les questions qui sont posées dans cette sous-partie demandent de l'initiative de la part du candidat. Les pistes de recherche doivent être indiquées même si elles n'aboutissent pas. Le barème tiendra compte du temps nécessaire pour répondre à de telles questions et les valorisera. On pourra utiliser la figure 1 et tous les résultats précédemment obtenus.

**D1.** Au cours d'un concert, dès que le chanteur passe devant le haut-parleur, il se met à y avoir un sifflement très désagréable. Expliquer l'apparition de ce sifflement.

**D2.** Les enfants d'une classe participent à un concours de chant en plein air où les parents de plusieurs dizaines d'écoles les écoutent sur un terrain de sport de largeur 50 m. Pour que tout le monde entende, un micro enregistre leur chanson et un haut-parleur le restitue et l'amplifie pour les parents. À quelle distance des haut-parleurs doit-on placer le premier rang ?

**D3.** Lors d'un concert de piano-chant, le chant du soliste fait 65 dB, tandis que la musique du piano atteint 80 dB. Par conséquent, on n'entend pas le chant du soliste. Le chef de chœur vous demande alors combien il faudrait de chanteurs pour qu'on entende le chant. Répondre à sa question.

### F / Isolation acoustique

Bien sûr, on ne peut pas faire un concert n'importe où n'importe comment : il y a une réglementation sur les nuisances sonores et les pièces doivent être insonorisées. On s'intéresse ici à l'isolation acoustique d'une pièce où des musiciens font leurs répétitions. On prendra  $c = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  pour les applications numériques.

**F1.** On considère les deux instruments ci-dessous : une flûte piccolo, de longueur 33 cm et un trombone, dont le tube a une longueur totale de 2,7 m.



**Figure 4** – Piccolo (en haut) et trombone (en bas)

**F1a.** Estimer la fréquence minimale pour chaque instrument en faisant une analogie avec la corde vibrante. Expliquer pourquoi c'est la fréquence minimale.

**F1b.** Les notes les plus jouées de chaque instrument s'étagent sur 2 octaves. Sachant qu'une octave correspond à un doublement de fréquence, déterminer la fréquence maximale de chaque instrument.

On travaillera désormais avec 125 Hz pour un instrument et 1000 Hz pour l'autre.

**F2.** Les musiciens répètent dans un garage dont toutes les parois sont en parpaing (blocs de béton), la porte du garage ayant été condamnée dès le début des répétitions. Les voisins s'étant plaints du bruit, une étude acoustique a été réalisée : l'intensité sonore chez les voisins atteint 55 dB pour le piccolo et 60 dB pour le trombone. Or, on peut considérer qu'un bruit est gênant quand il est situé au-dessus de la courbe isophonique la plus basse des deux dans la figure 1.

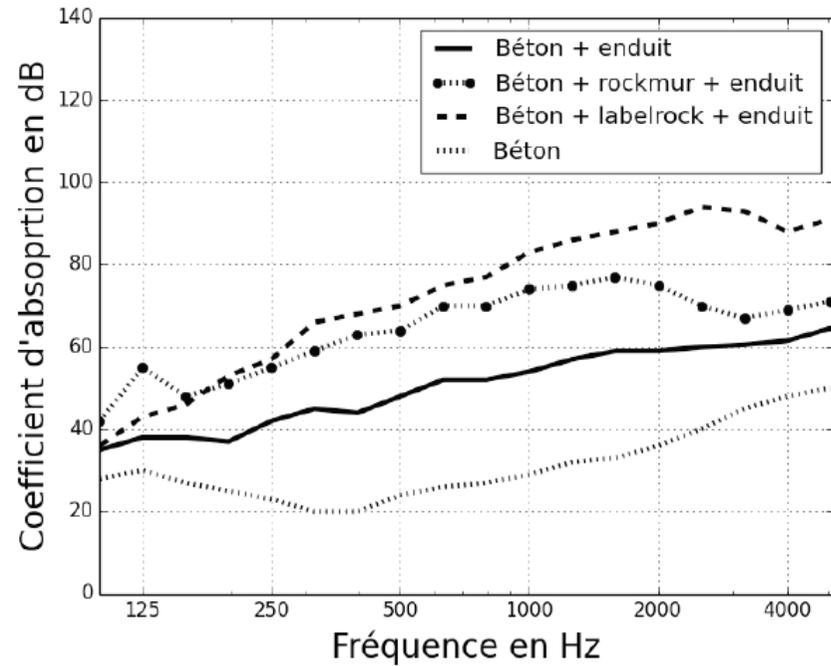
Est-il nécessaire d'effectuer des travaux d'isolation phonique quand c'est la flûte qui est jouée ? Quand c'est le trombone ? Justifier.

**F3.** Les propriétaires décident de faire des travaux. On leur propose 3 solutions :

- poser un enduit sur les murs en parpaing pour 30 € par m<sup>2</sup> ;
- poser un isolant intérieur : labelrock à 13 €/m<sup>2</sup> ou rockmur à 8 €/m<sup>2</sup> ;
- poser un enduit ET un isolant intérieur.

La figure 5 donne le coefficient d'absorption en dB de ces différents revêtements en fonction de la fréquence du son.

Quelle est la meilleure solution en termes de coût et d'efficacité si on ne joue que de la flûte dans le garage ? Que du trombone ? Les deux séparément ? Les deux en même temps ?



**Figure 5** - Coefficient d'absorption en dB en fonction de la fréquence