

TIPE: Optimisation des procédés d'isolation acoustique : étude des matériaux

Mise en contexte



Stade de Beşiktaş où a été enregistré le pic sonore le plus élevé pour un événement sportif



Introduction

Sommaire :

- I. Modélisation du bruit**
- II. 1^e étude : comparaison de différents matériaux**
- III. Influence de l'épaisseur et l'angle d'incidence**
- IV. Etude de résonateur de Helmholtz**

Modélisation du bruit



Micro



Carte sysam



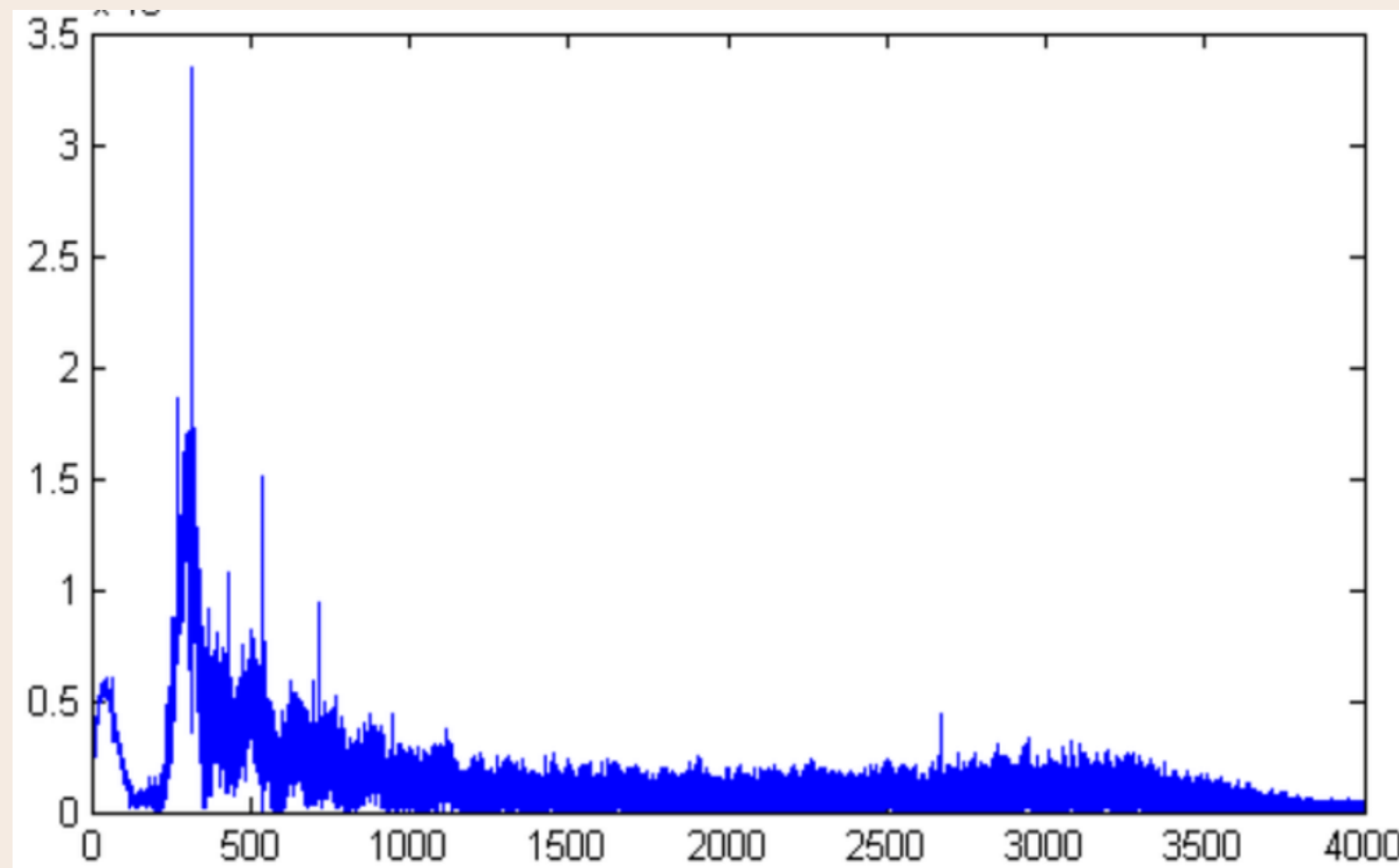
*Ordinateur équipé de
Latis Pro*

Photo du montage :



(Le haut parleur et le GBF ne sont pas allumés à cette étape).

Modélisation du bruit



- Signaux importants de 200 à 2000Hz
- On se concentrera sur une plage de fréquence proche de ces valeurs

Allure de la FFT obtenue (tension obtenue en fonction de la fréquence)

1^e étude : comparaison de matériaux



GBF

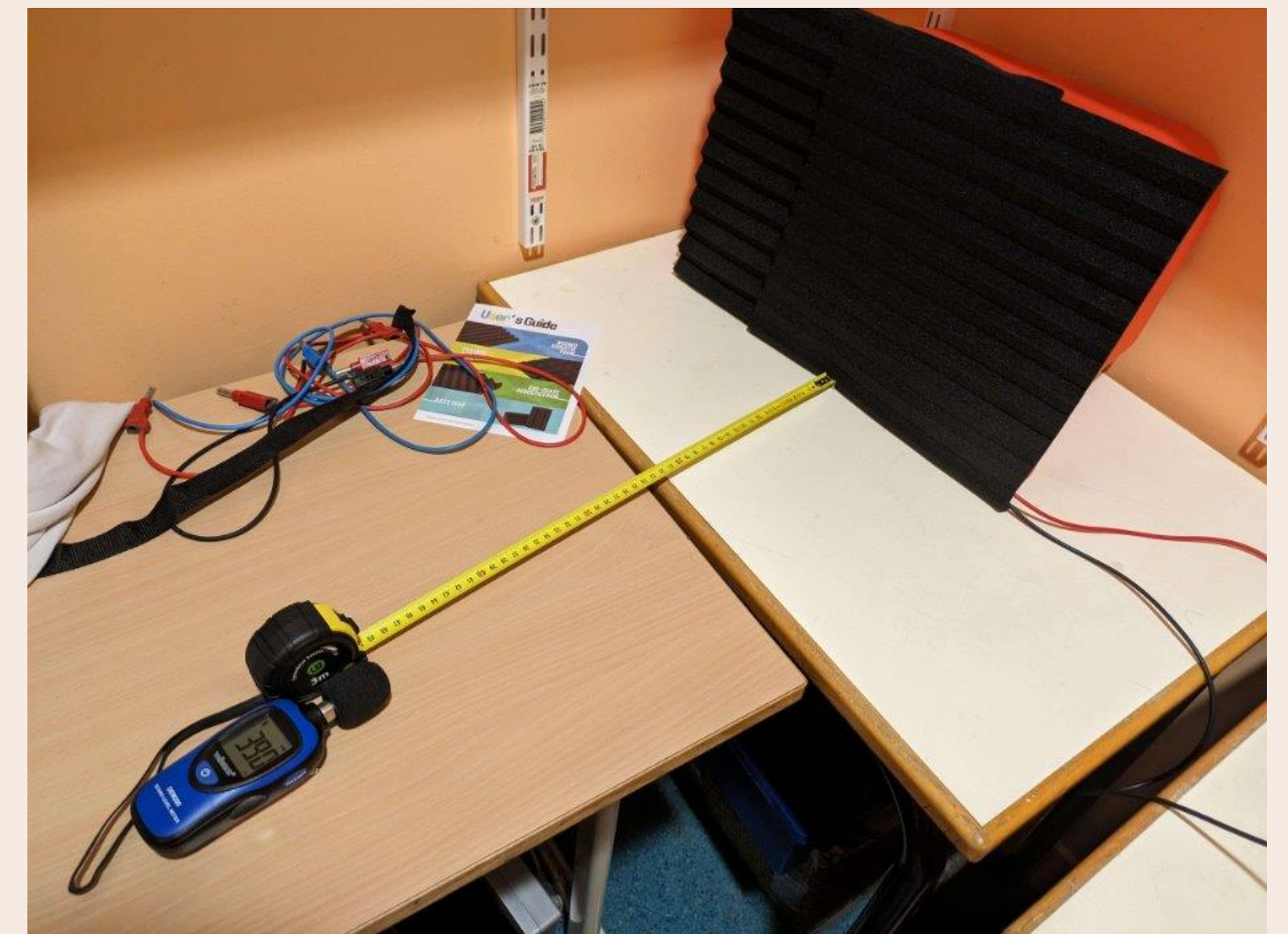


Haut parleur dans une boîte recouverte d'un côté par le matériau



Sonomètre

Photo du montage :



1^e étude : comparaison de matériaux

Les différents matériaux considérés :



Le liège



Le bois



La mousse acoustique



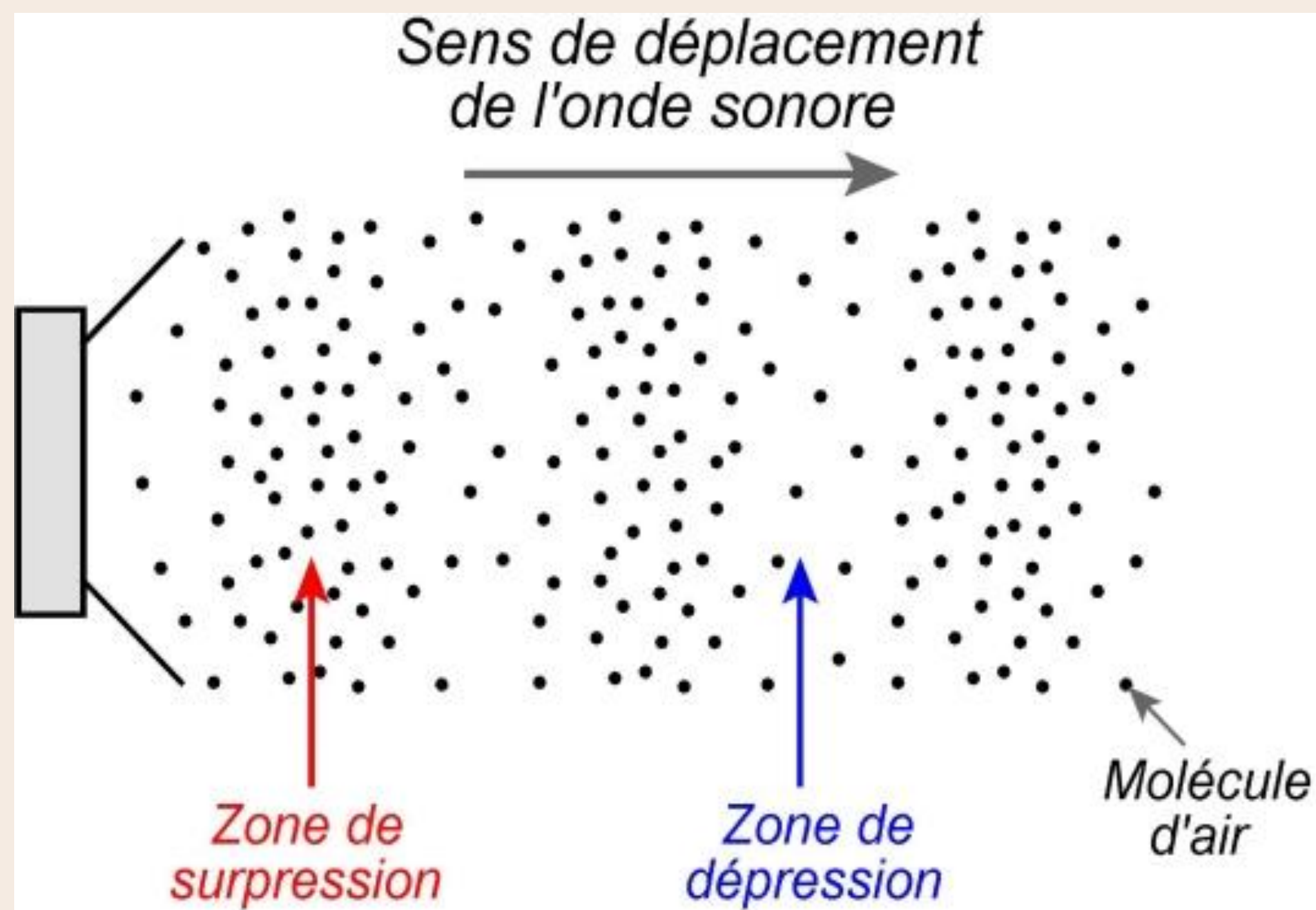
Le PVC



Le polystyrène

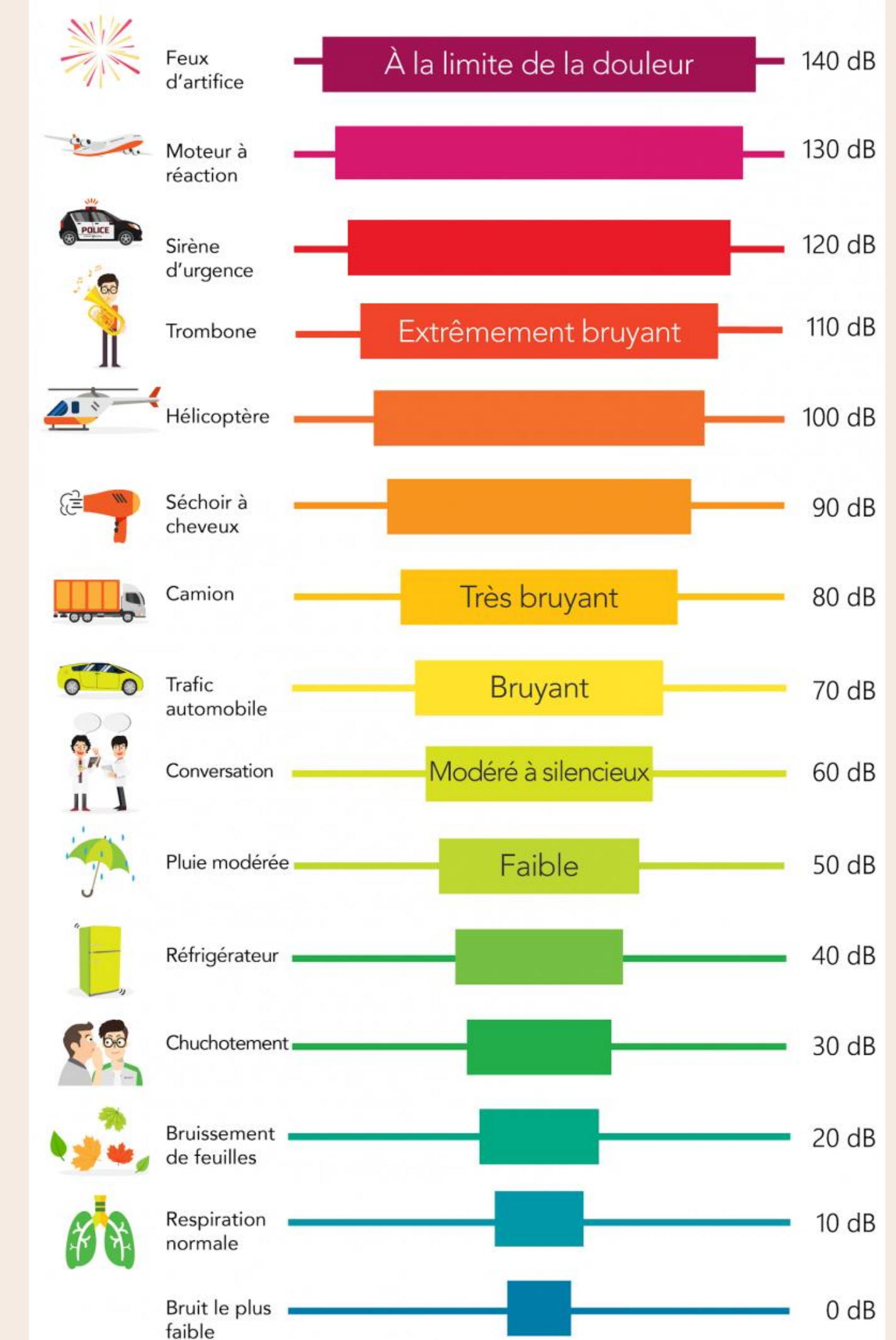
1^e étude : comparaison de matériaux

Bases théoriques :



Modélisation d'une onde sonore
envoyée par un HP

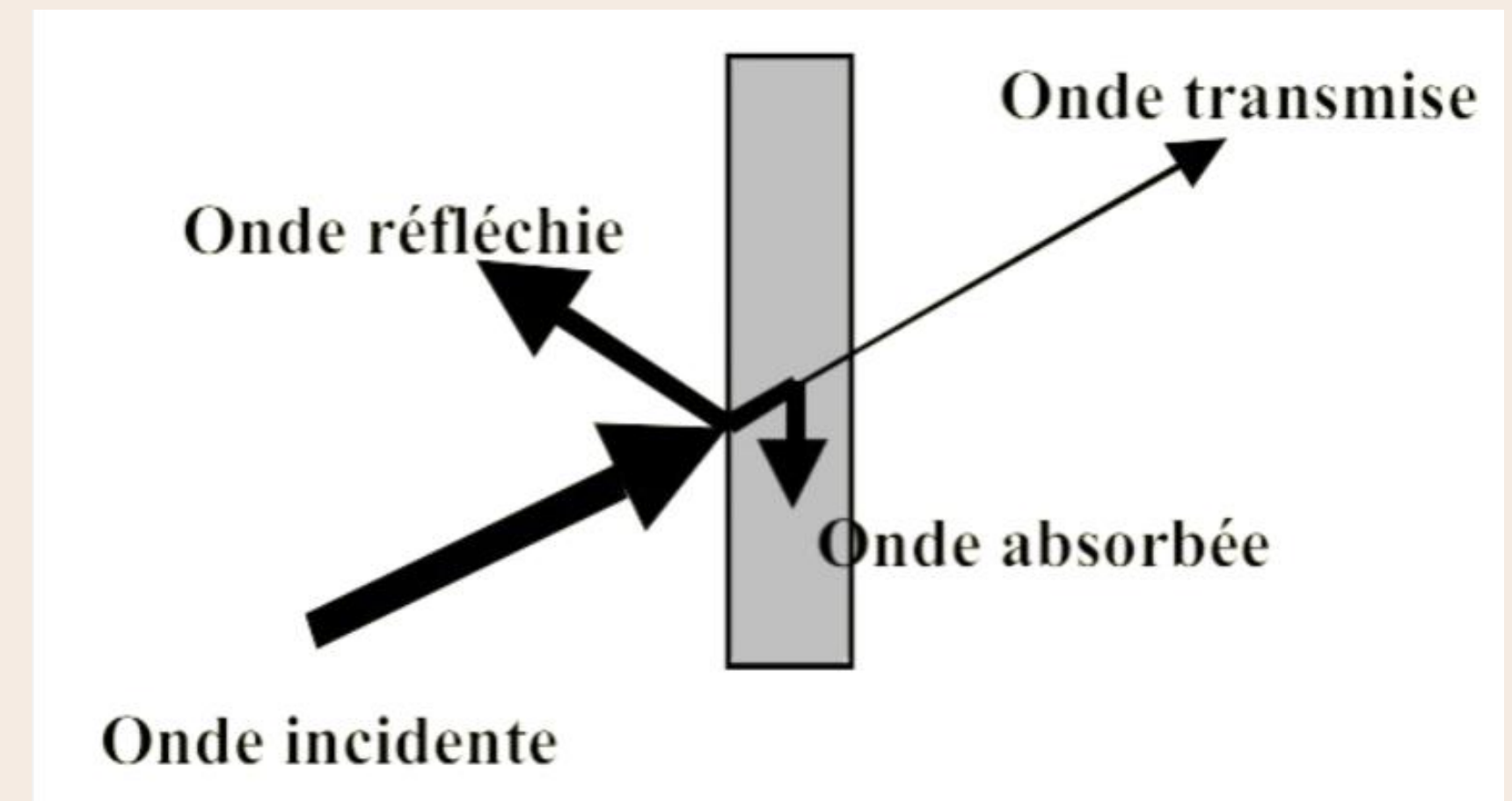
Échelle des décibels (dB)



1^e étude : comparaison de matériaux

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

- L : Intensité sonore (en dB)
- I : Intensité sonore (en $W.m^{-2}$)
- I_0 : Intensité sonore de référence ($10^{-12} W.m^{-2}$)



$$I_i = I_r + I_a + I_t$$

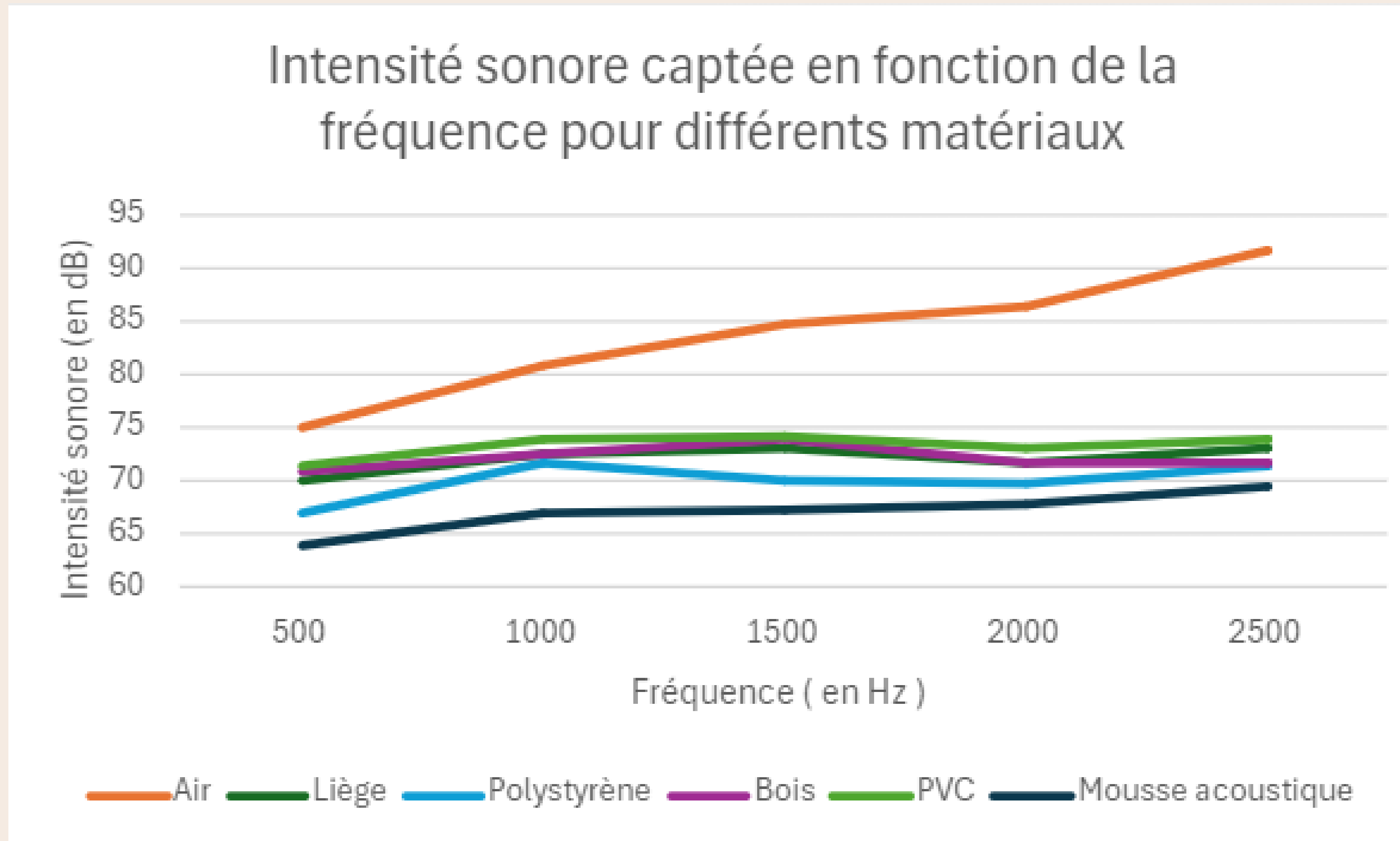
**Indice d'affaiblissement
sonore :**

$$R = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right)$$

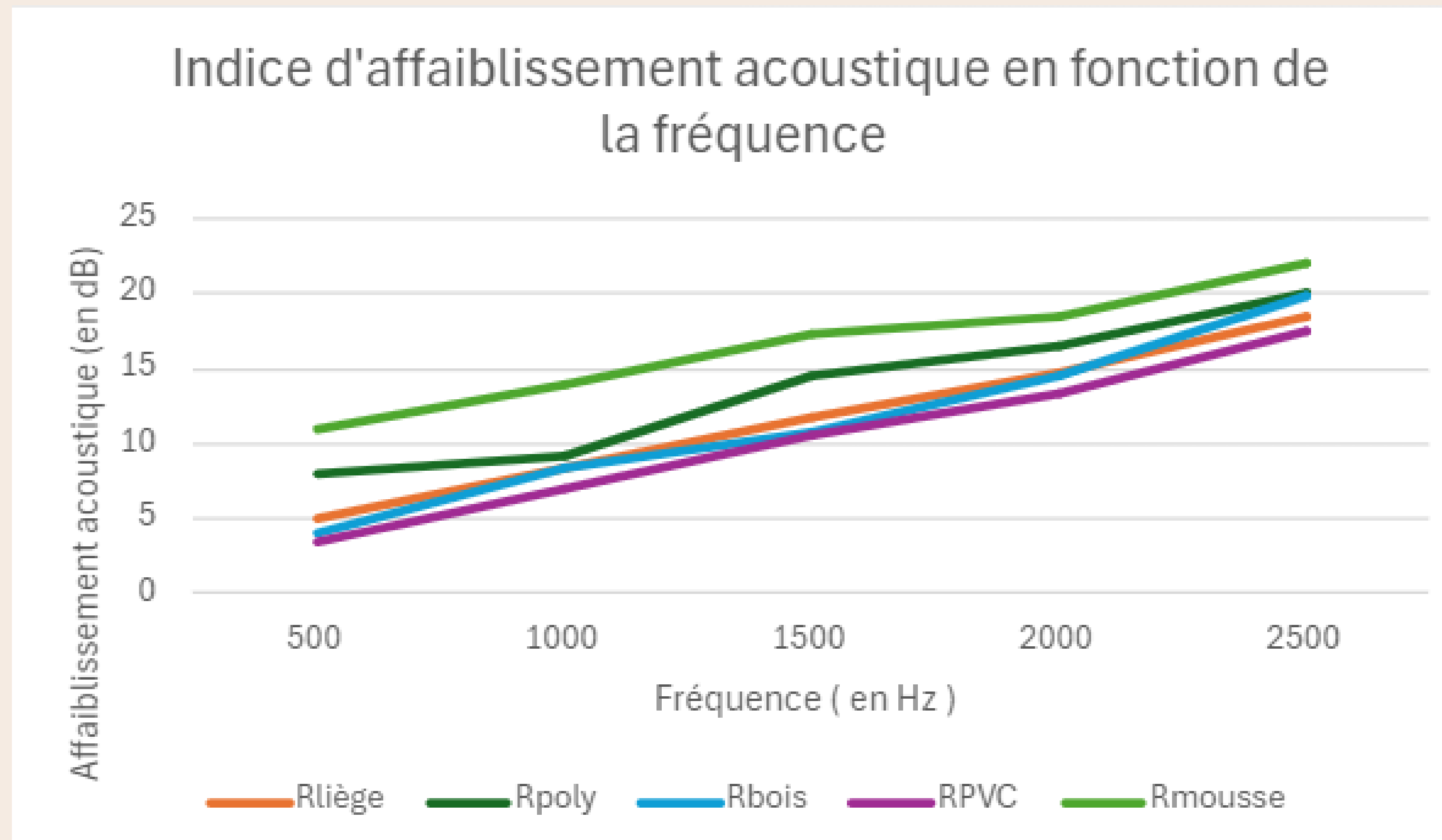
R en dB

τ coefficient de transmission

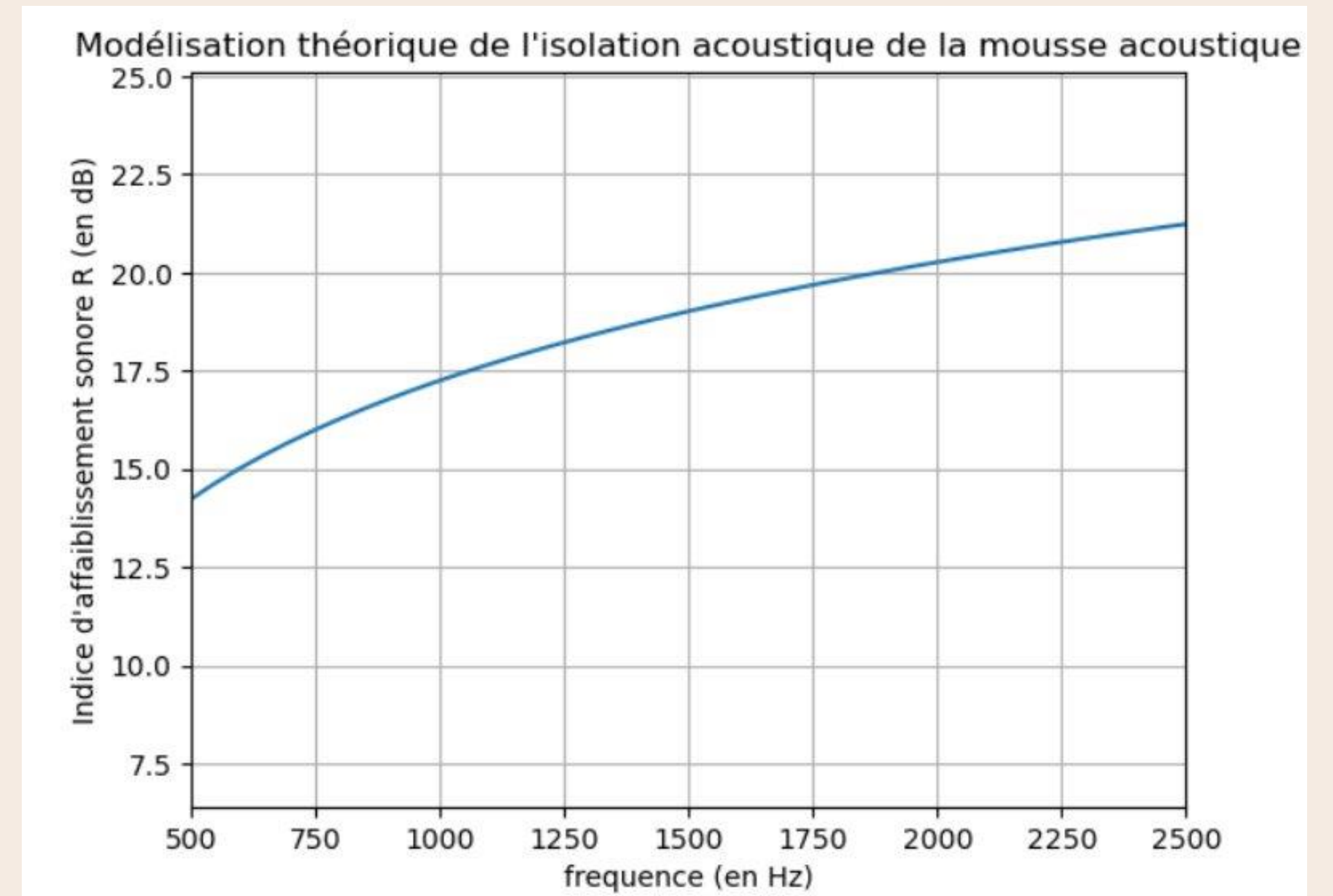
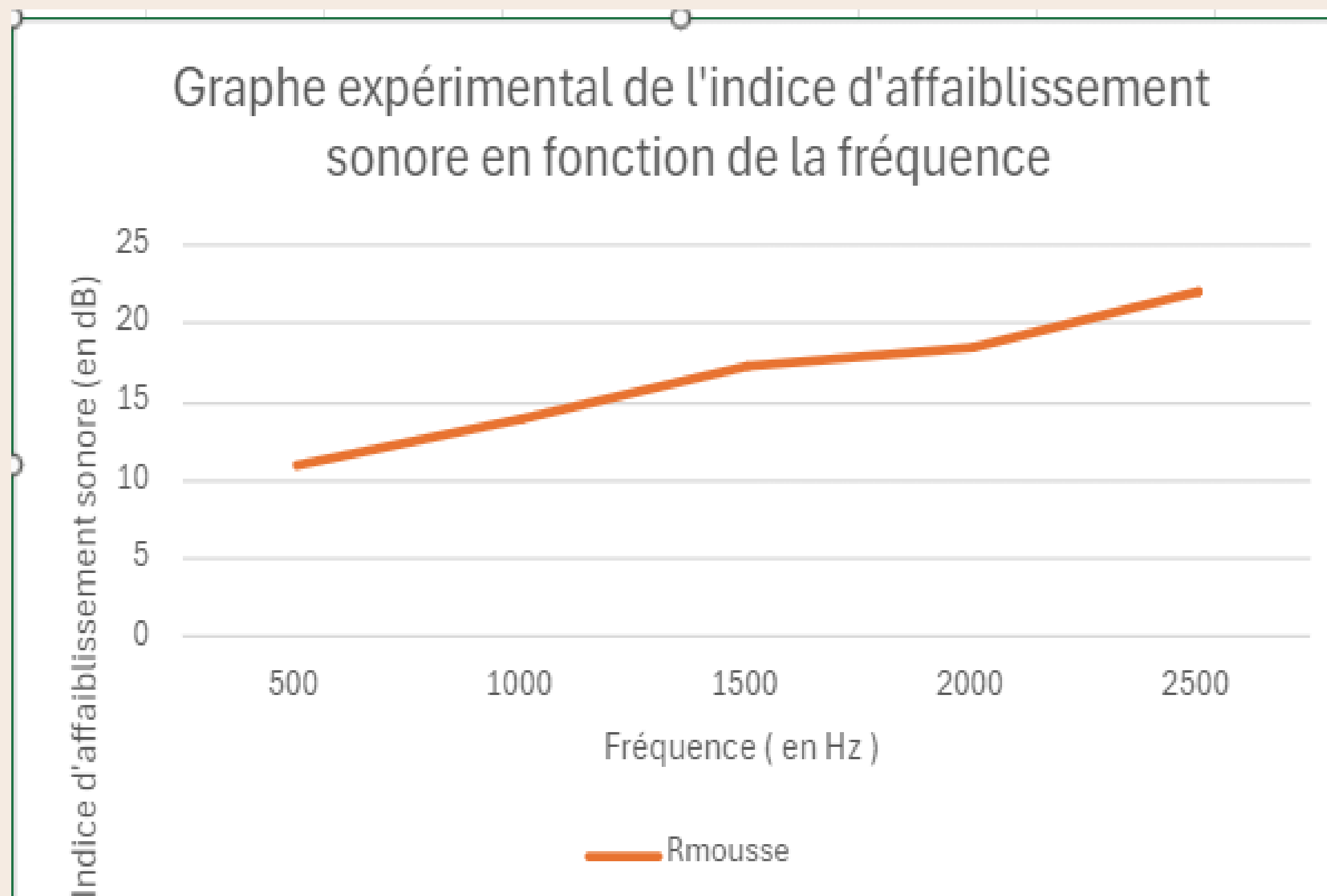
1^e étude : comparaison de matériaux



1^e étude : comparaison de matériaux



1^e étude : comparaison de matériaux



1^e étude : comparaison de matériaux



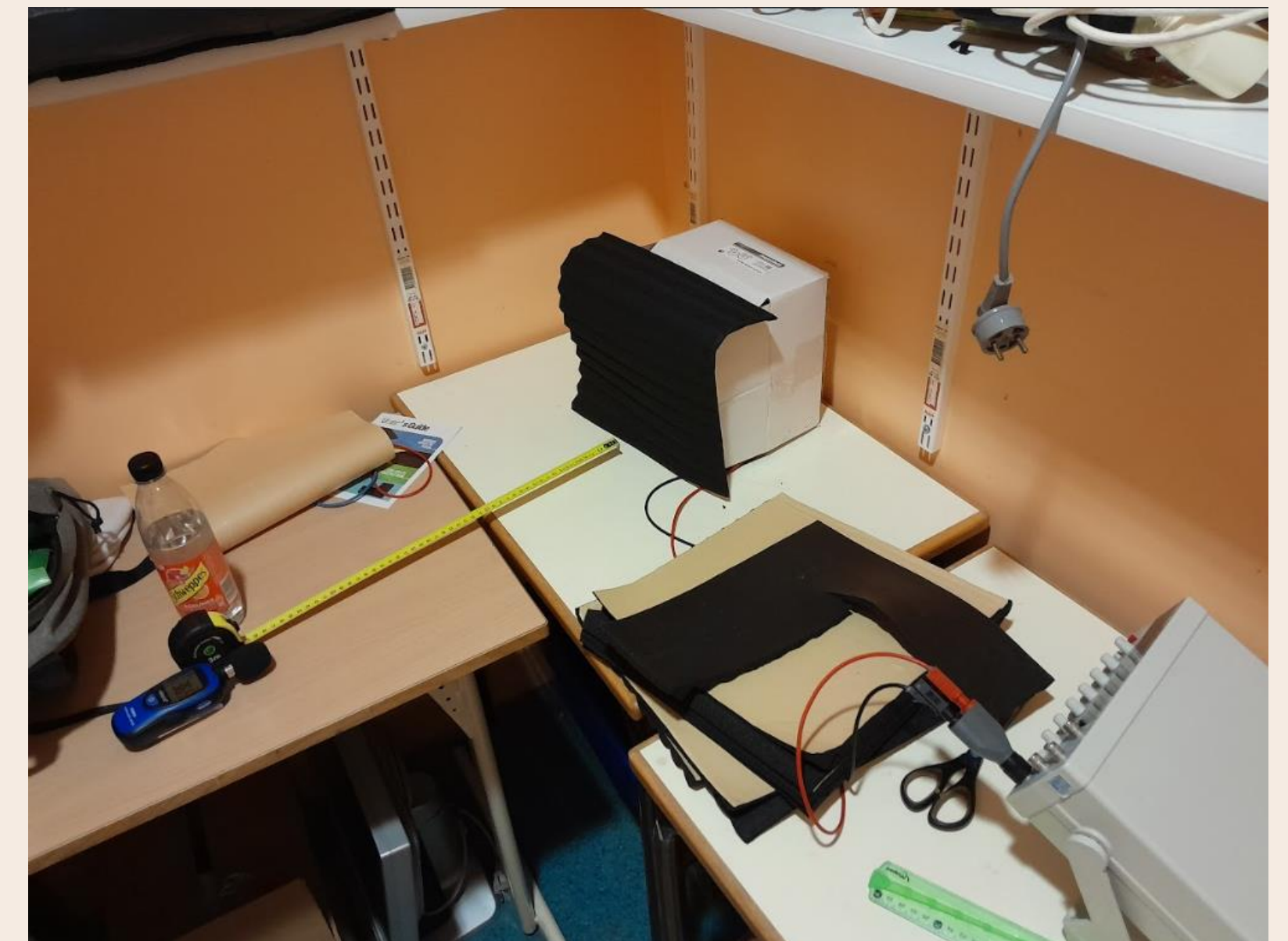
- La mousse acoustique est le meilleur isolant
- Valeurs étonnantes pour le liège

Limites de l'expérience :

- Boîte contenant le HP non isolée
- Petite salle d'étude

Influence de l'épaisseur

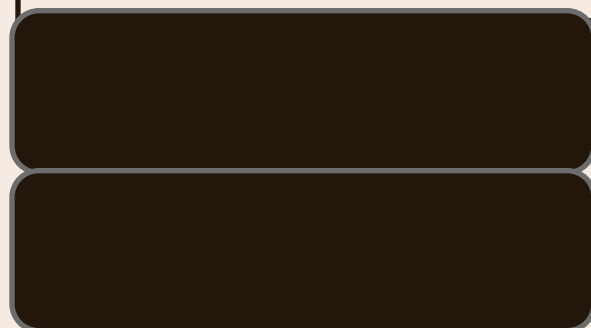
Photo du montage :



GBF



Haut parleur dans une boîte recouverte d'un côté par plusieurs couches de mousse.



Sonomètre



Micro



Oscilloscope

Influence de l'épaisseur

Formule théorique :

$$I = \frac{p^2}{2\rho v}$$

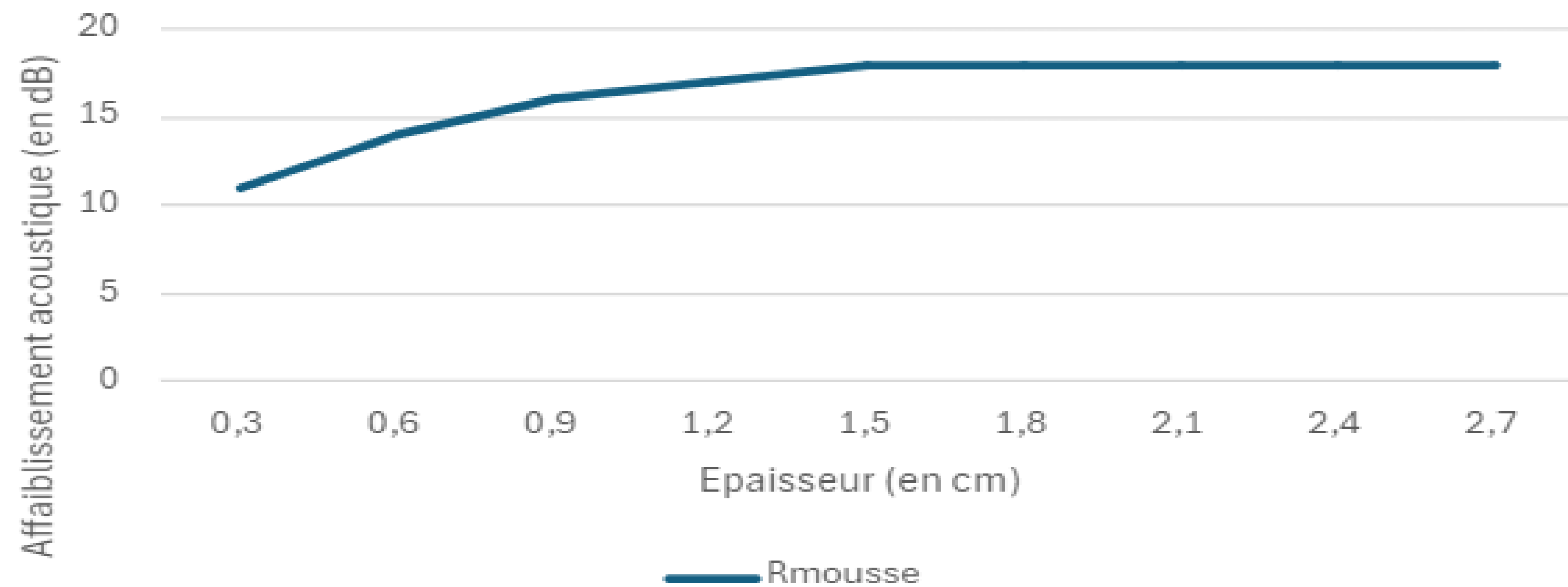
p : pression acoustique (en Pa)

ρ : masse volumique du milieu (en kg.m⁻³)

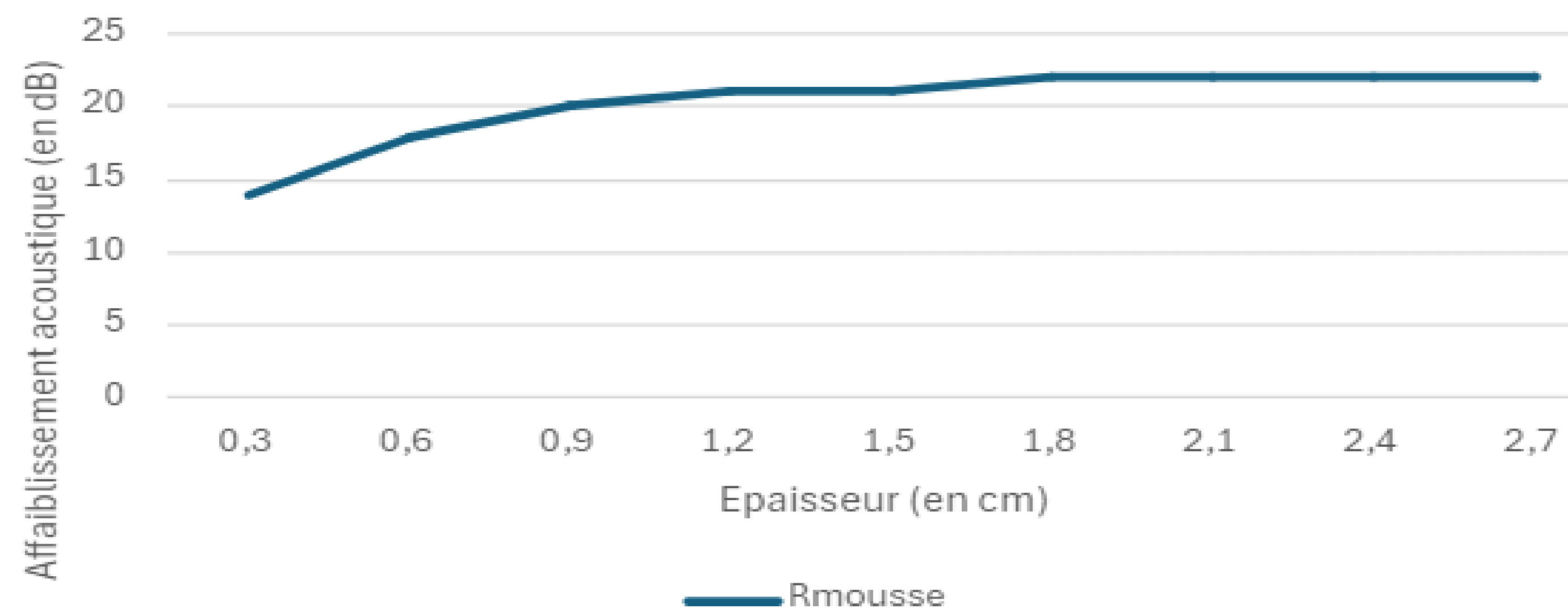
c : vitesse de l'onde (en m.s⁻¹)

Influence de l'épaisseur

Affaiblissement acoustique en fonction de l'épaisseur pour $f=500\text{Hz}$

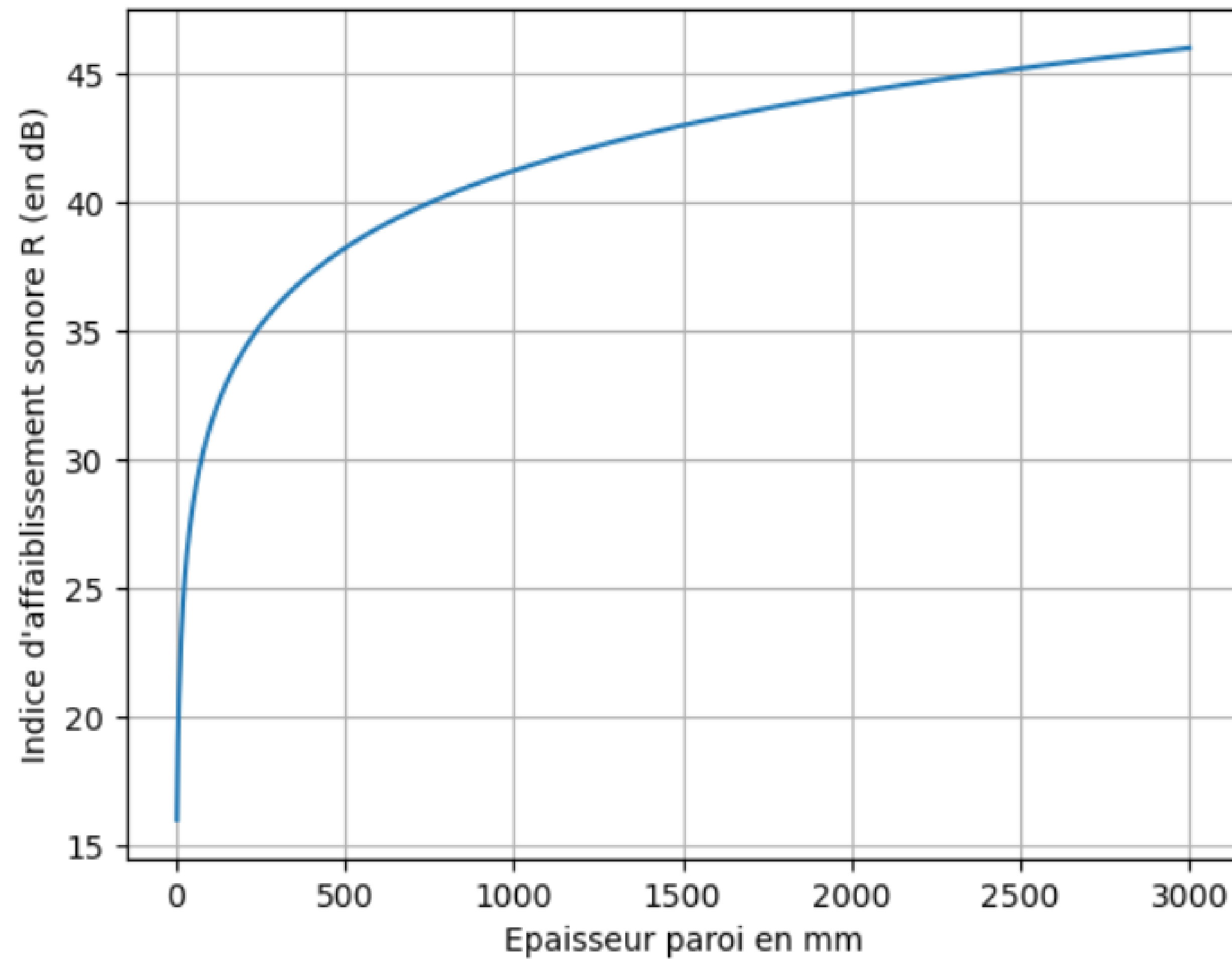


Affaiblissement acoustique en fonction de l'épaisseur pour $f=1000\text{Hz}$



Influence de l'épaisseur

Modélisation théorique de l'isolation acoustique de la mousse en fonction de l'épaisseur pour $f=500\text{Hz}$



Influence de l'épaisseur

Interprétation :

- Evolution de moins en moins rapide
- Présence d'un "palier" : limite de l'expérience.

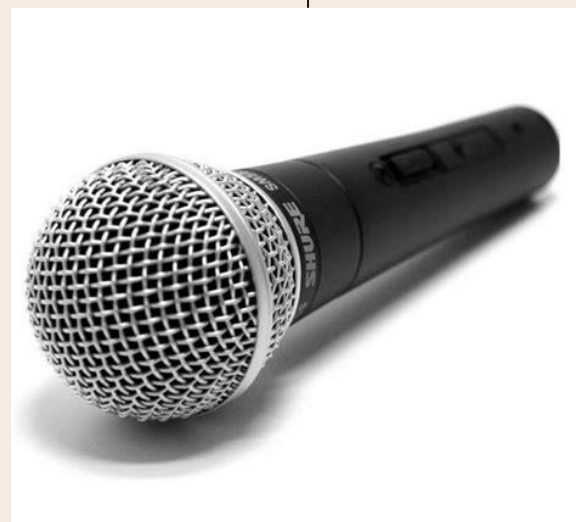
Influence de l'angle d'incidence



GBF



Haut parleur dans une boîte recouverte d'un côté par du polystyrène incliné/non incliné.



Micro



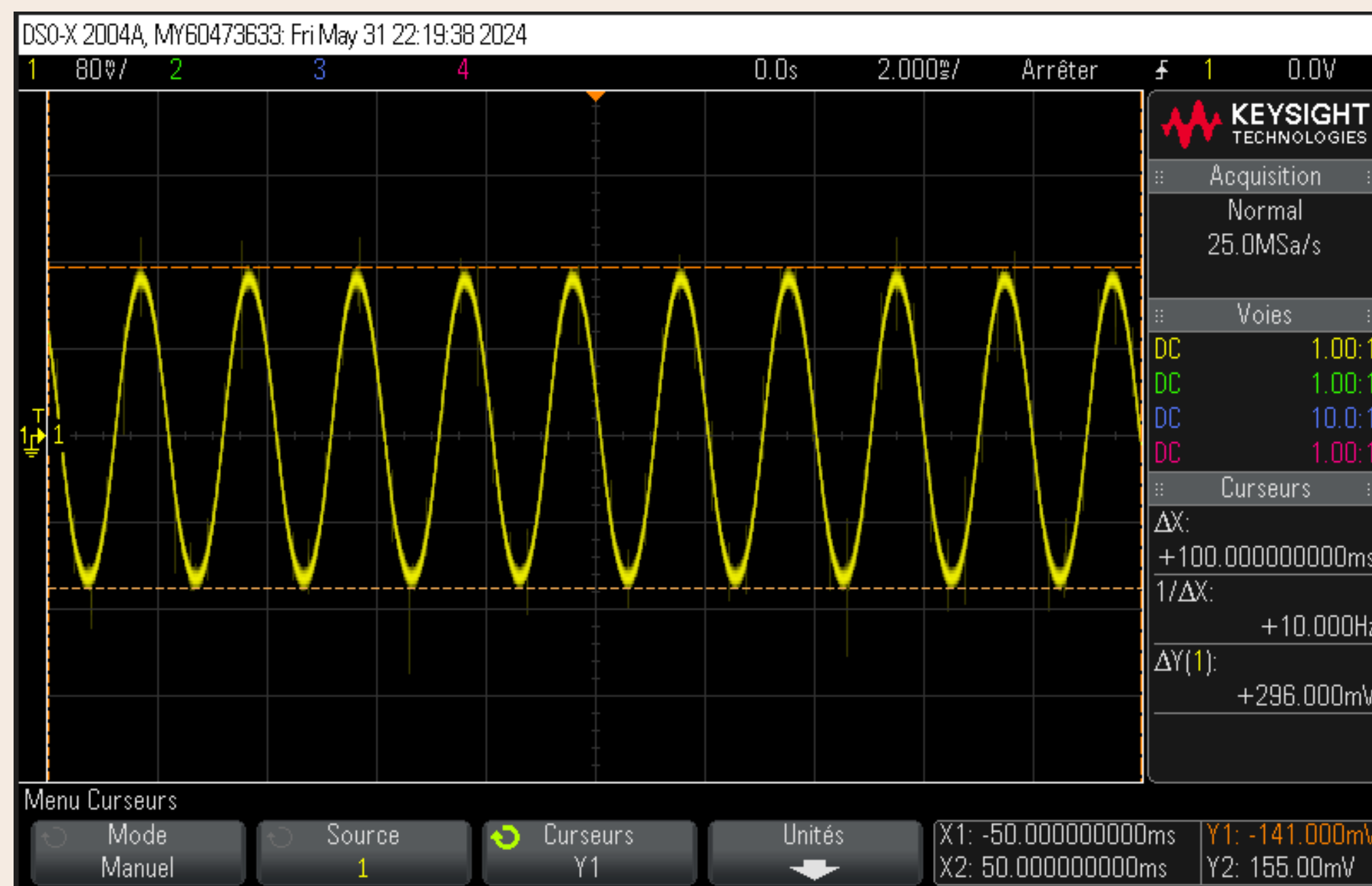
Oscilloscope

Photo du montage :

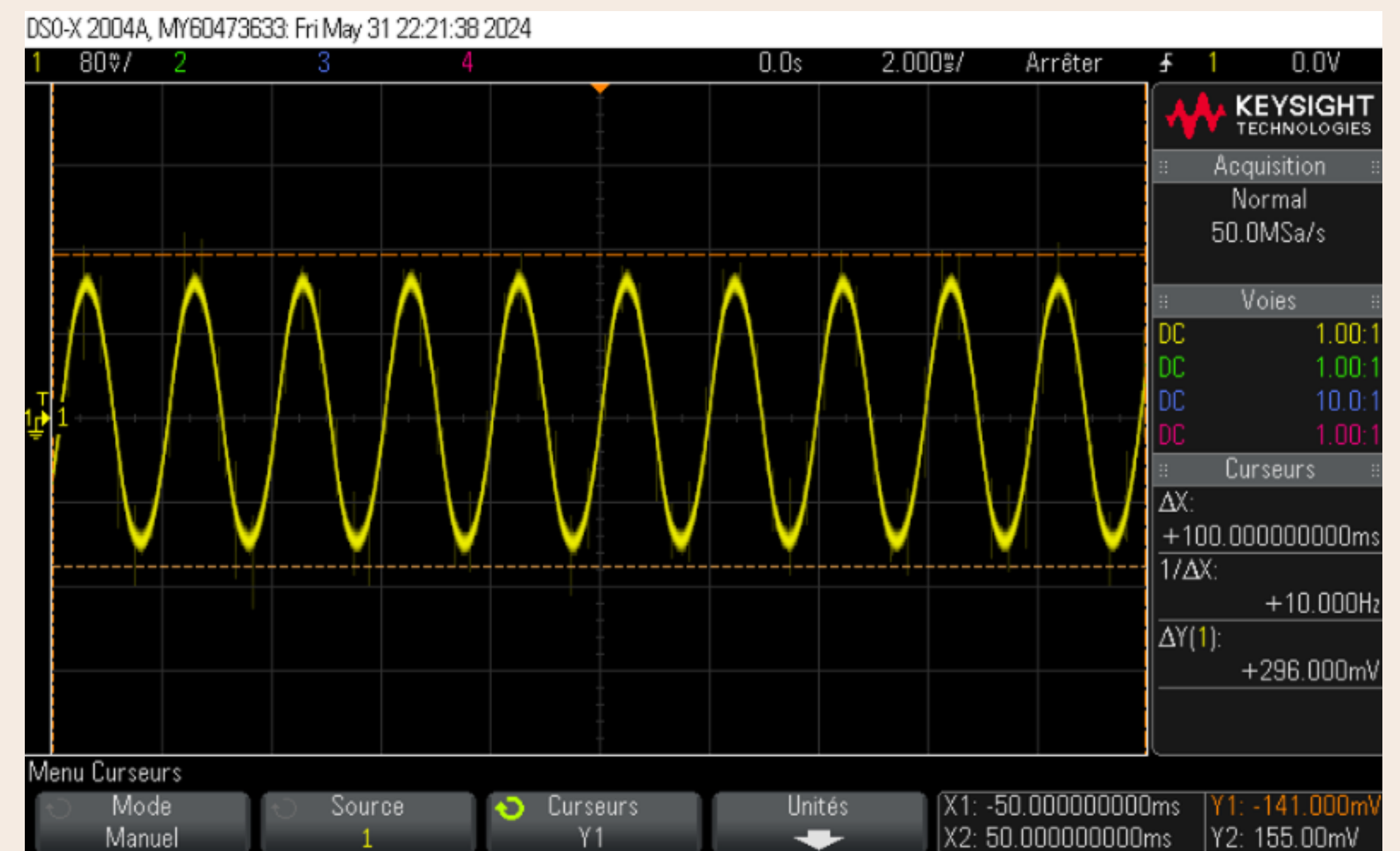


Influence de l'angle d'incidence

Résultats :



Polystyrène "droit"



Polystyrène "incliné"

- Légère différence d'amplitude , donc d'intensité sonore
- Pas plus significative qu'une augmentation de l'épaisseur.

Résonateurs de Helmholtz



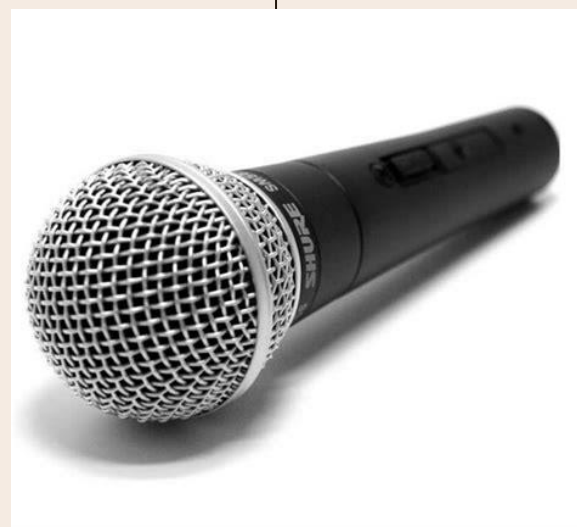
GBF



Haut parleur



Résonateur de Helmholtz



Micro



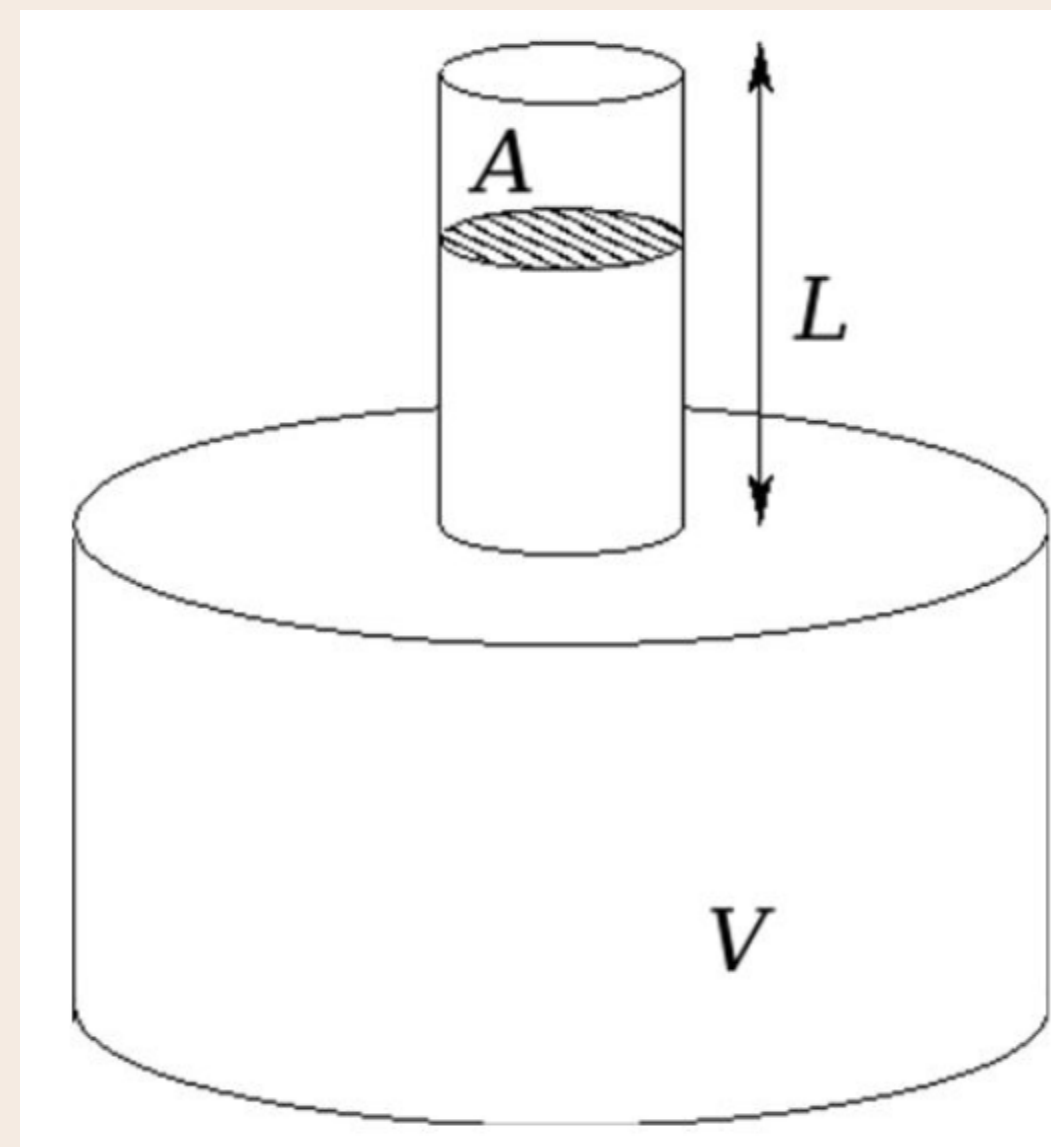
Oscilloscope

Photo du montage :



Résonateurs de Helmholtz

Théorie :



L : longueur du col

A : Section du col

V : volume de la chambre

Formule de la résonance de Helmholtz :

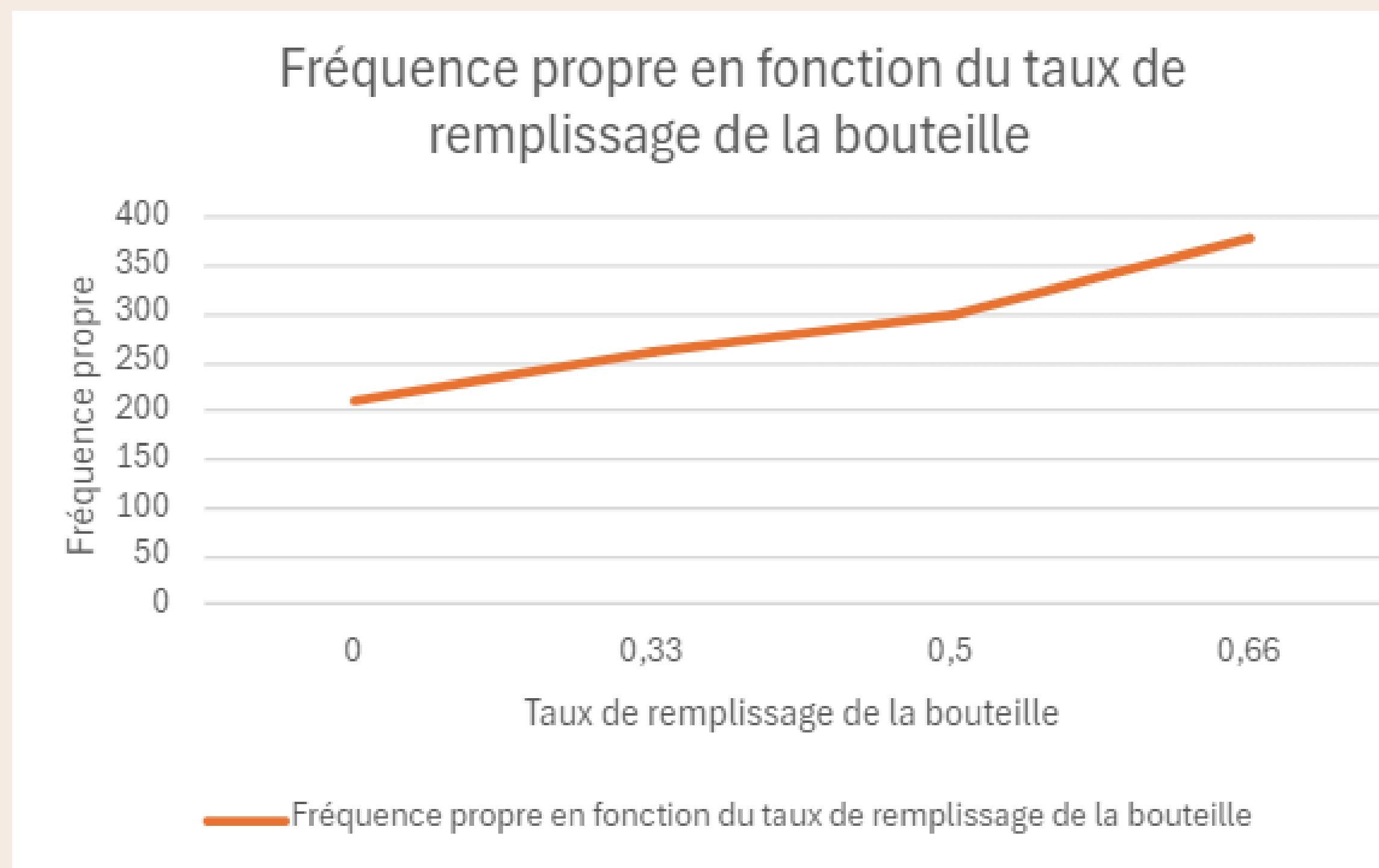
$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{VL}}$$

c : célérité de l'onde (en $m \cdot s^{-1}$)

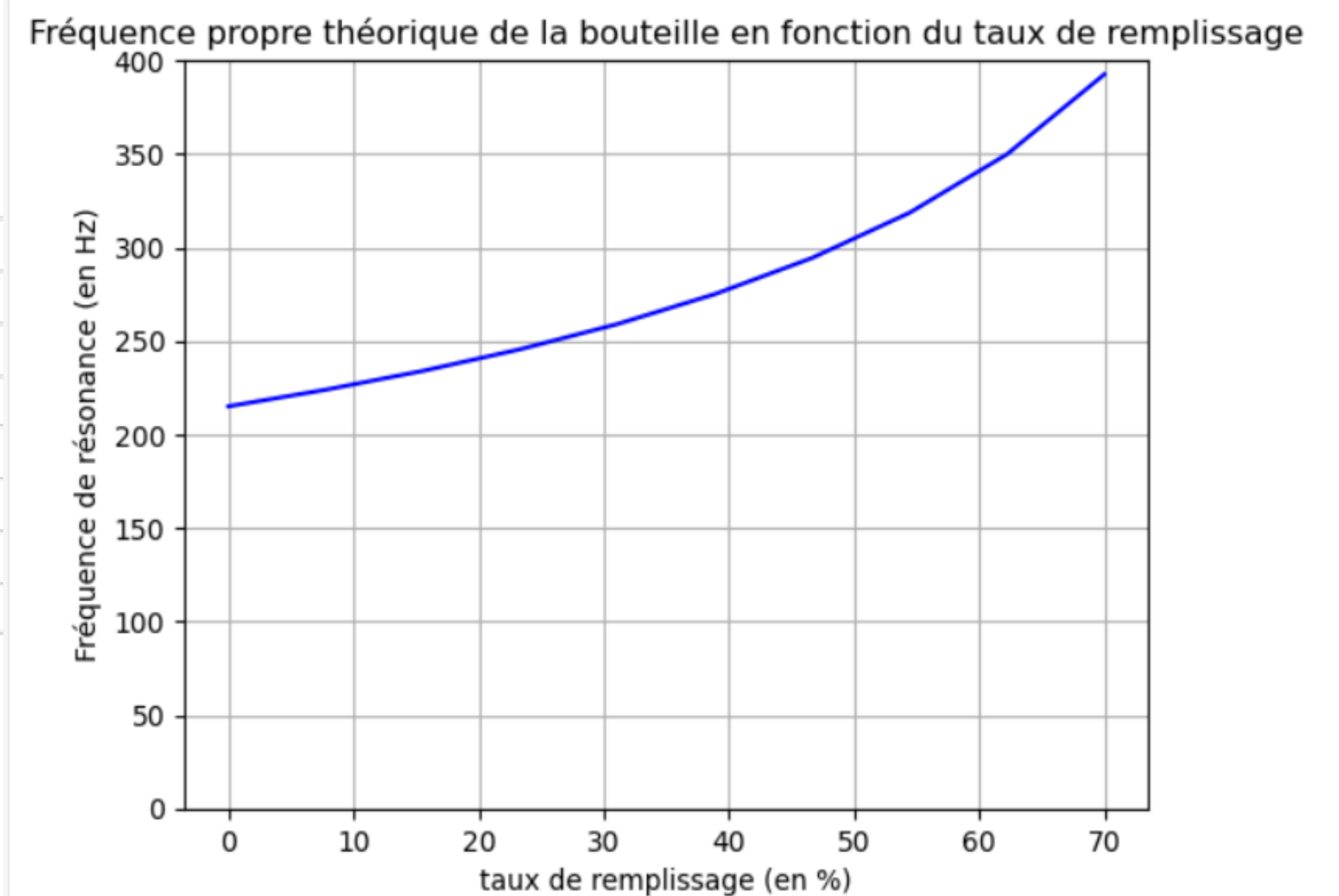
f_0 : fréquence propre du résonateur (en Hz)

Résonateurs de Helmholtz

Résultats :



Courbe pratique



Courbe théorique

Conclusion

- Bien plus de différences entre air/matériau que entre les matériaux, beaucoup ont des propriétés "acceptables"
- Alternatives écologiques en plein essor

Fibre de bois	Chanvre	Laine de coton	Ouate de cellulose
 Issue de sciure	 Issu du chanvre	 A base de vêtements recyclés	 Issue de papier recyclé
Confort d'hiver ★★★★	Confort d'hiver ★★★★	Confort d'hiver ★★★★	Confort d'hiver ★★★★
Confort d'été ★★★★	Confort d'été ★★★★	Confort d'été ★★★★	Confort d'été ★★★★
Performance acoustique ★★★★	Performance acoustique ★★★★	Performance acoustique ★★★★	Performance acoustique ★★★★
Hygrométrie ★★★★	Hygrométrie ★★★★	Hygrométrie ★★★★	Hygrométrie ★★★★

- Epaisseur particulièrement influant les premiers centimètres
- Ouverture : un agencement particulier de résonateurs

Annexe 1 : Code de la courbe théorique de la fréquence propre du résonateur

```
•[54]: import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

c=340 #Vitesse de l'onde sonore (en m.s**-1)
S=np.pi*(1.4*10**(-2))**2 #Section du col en m**2
V=1.5*10**(-3) #Volume du résonateur en m**3
L=2.6*10**(-2) #Longueur du col en m
taux=np.linspace(0,70,10) #Taux de remplissage en %
f0=(c/(2*np.pi))*(np.sqrt((S*100)/(((100-taux)*V*L))))

plt.figure()

plt.xlabel('taux de remplissage (en %)')
plt.ylabel('Fréquence de résonance (en Hz)')
plt.title('courbe théorique')
plt.ylim(0,400)
plt.plot(taux,f0,'b')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Annexe 2 : Code de la courbe théorique de l'indice d'affaiblissement sonore en fonction de la fréquence

```
[69]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Paramètres
epaisseur_paroι = 2 #épaisseur de la paroi en mm
densite_materiau = 30
frequence = np.linspace(100, 5000, 100) #gamme de fréquences à modéliser
vitesse_son_air = 343 # m/s
masse_surf=epaisseur_paroι*densite_materiau

#Calcul de R
T=(8*masse_surf*frequence*1.2E-3*(vitesse_son_air)**2)/((masse_surf*frequence+vitesse_son_air*1.2E-3)**2)
R = 10*np.log10(1/T)

# Visualisation
plt.figure()
plt.plot(frequence, R)
plt.xlabel('frequence (en Hz)')
plt.xlim(500,2500)
plt.ylabel('Indice d\'affaiblissement sonore R (en dB)')

plt.title('Modélisation théorique de l\'isolation acoustique de la mousse acoustique')
plt.grid(True)
plt.show()
```


Annexe 3 : Code de la courbe théorique de l'influence de l'épaisseur

```
: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Paramètres
epaisseur_paroι = np.linspace(3,3000,1000) #épaisseur de la paroi en mm
densite_materiau = 30
frequence = 500 #gamme de fréquences à modéliser
vitesse_son_air = 343 # m/s
masse_surf=epaisseur_paroι*densite_materiau

#Calcul de R
T=(8*masse_surf*frequence*1.2E-3*(vitesse_son_air)**2)/((masse_surf*frequence+vitesse_son_air*1.2E-3)**2)
R = 10*np.log10(1/T)

# Visualisation
plt.figure()
plt.plot(epaisseur_paroι, R)
plt.xlabel('Epaisseur paroi en mm')
plt.ylabel('Indice d\'affaiblissement sonore R (en dB)')

plt.title('Modélisation théorique de l\'isolation acoustique de la mousse en fonction de l\'épaisseur pour f=500Hz')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Images d'illustrations des schémas de montage :

<https://recordingstudio101.com/wp-content/uploads/2021/04/Shure-SM58-LC.jpg>

https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.5KhhffVGk_cpsKklr9_CSQHaHH&pid=Api

https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP._NNLuhDhE9HH26-BMQ9CdAHaGX&pid=Api

<https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.7ejfwSBNT5ndUc1imVnUpQHaF0&pid=Api>

<https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.PWU1vP54KqKcaw0ZLhVSRwHaEb&pid=Api>

<http://ark-et-home.fr/wp-content/uploads/2021/04/constructeur-maison-montpellier-scaled.jpg>

https://img.archiexpo.fr/images_ae/photo-g/148119-8871809.jpg

<https://perso.uclouvain.be/vincent.legat/documents/phys1213/annotated-2223-slides/phys1213-cours3-2223.pdf>

<https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-expliquees/son-ou-bruit>