

Fabrication d'un instrument de musique simple et mesure de ses propriétés en fonction du matériau utilisé

GITZHOFFEN Maxime, MANÇO Aylin, NOLLET Yvan, VANBEVER Antoine, WATCHI Jennifer
Physique/ Métrologie nucléaire

CHOIX DE L'INSTRUMENT ET DES MATÉRIAUX

Instrument

Critères:

- Type d'instrument (à corde, ...)
- accessibilité des matériaux
- difficulté de construction et de modélisation
- jouabilité
- taille, poids, budget

Instrument choisi : **La cithare**
(simplifiée en en caisse de résonance rectangulaire)

Matériaux

Étude de performance: l'indice de performance dépend

- du coefficient de radiation (proportionnel à l'intensité sonore)
- du module de Young, E
- de la masse volumique, ρ

L'indice de performance va permettre d'expliquer la divergence des résultats entre les matériaux

Critères de choix:

Accessibilité, usinabilité, propriétés physiques et mécaniques différentes

Matériaux choisis:

**Sapin,
Aluminium
et plexiglas**

Prototype final

- Caisse de résonance commune en sapin avec encoches de serrage pour les tables d'harmonie
- Tables d'harmonie en sapin, aluminium et plexiglas
- Chevalets en sapin mobiles
- Cordes en acier
- Chevilles permettant d'accorder l'instrument

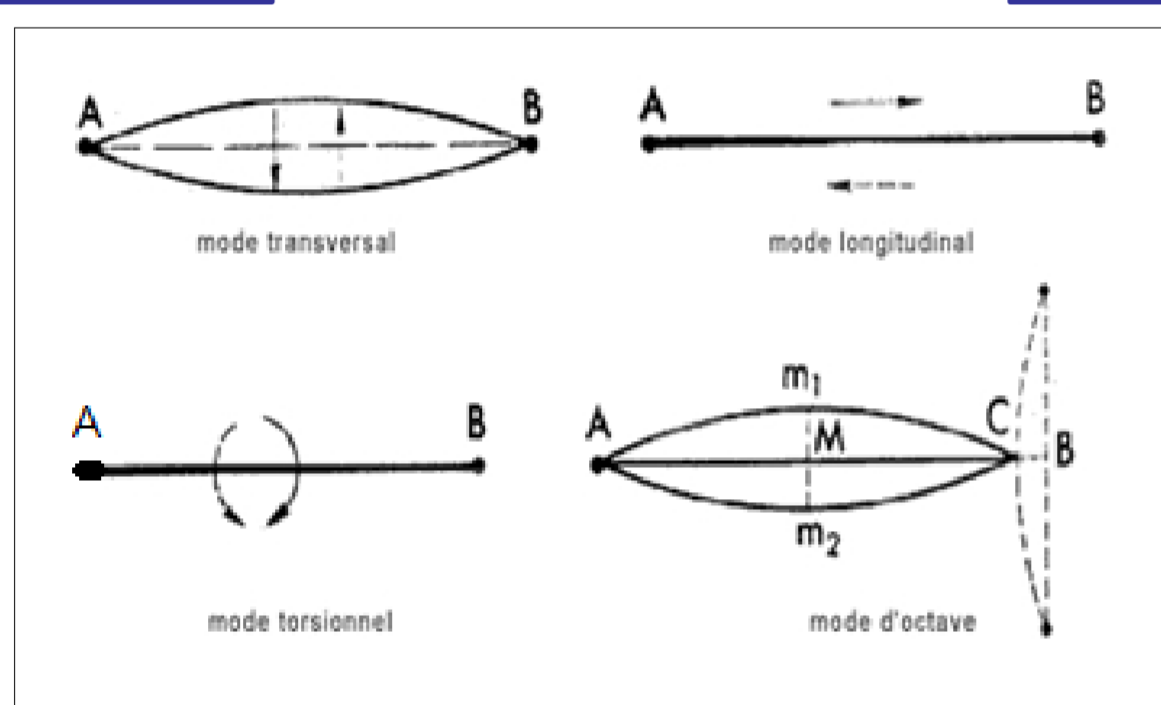
THÉORIE

Basée sur 3 principes

Vibration de la corde

Oscillation transversale

- Due au déplacement des points de la corde dans une direction perpendiculaire à celle-ci
- La plus intense
- visible à l'œil nu



Source : VANONY M. Le manuel des acoustiques juniors.

Oscillation longitudinale

- Due au déplacement des points de la corde dans une direction perpendiculaire à sa section

Oscillation d'octave

- Due à la mobilité des chevilles
- Vibre à une fréquence double de l'oscillation transversale

Oscillation de torsion

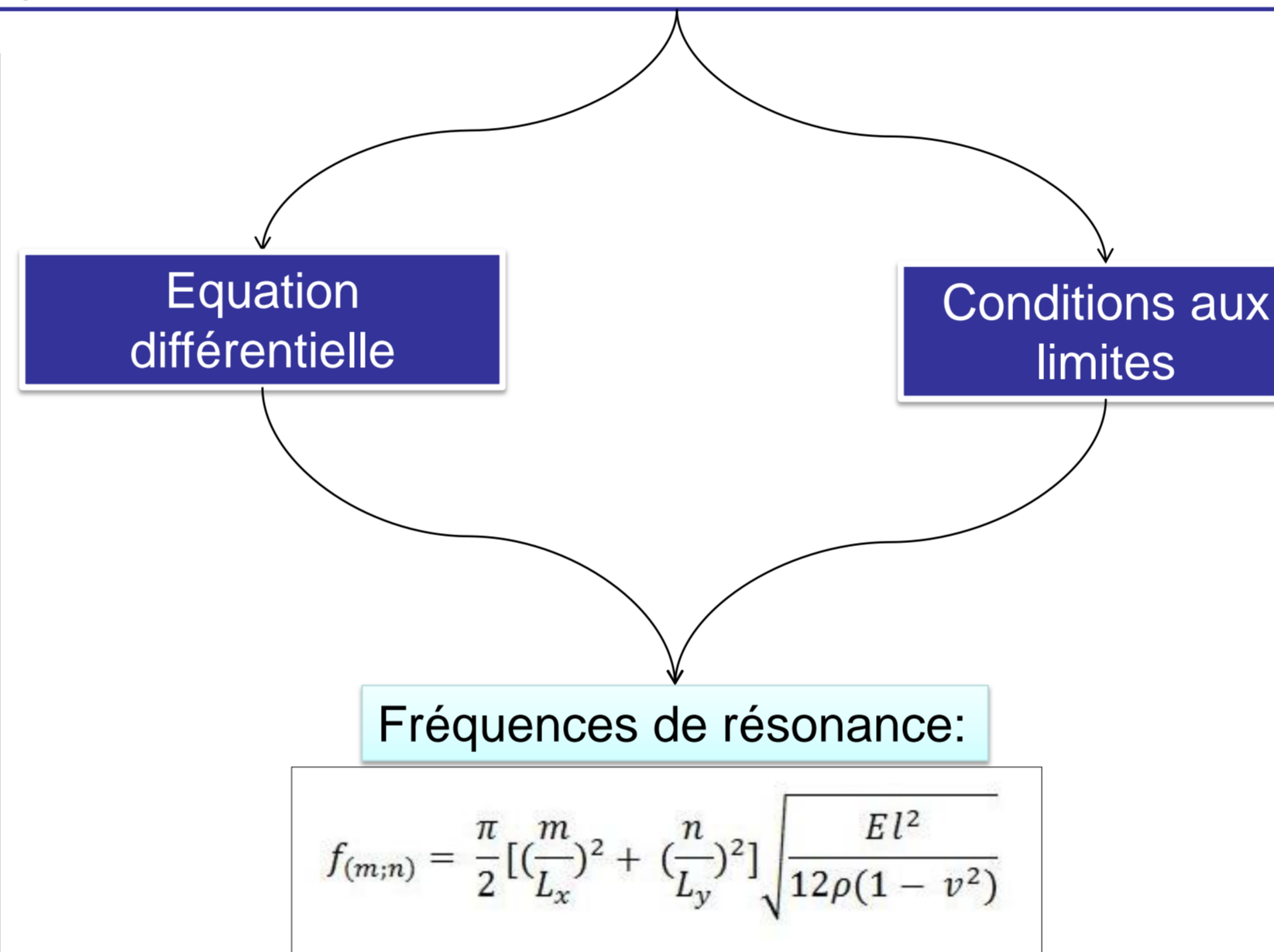
Provoquée par le frottement de la corde

Lors du pincement de la corde, les quatre modes de vibration coexistent

Source : LEIPP E. 1976. Acoustique et musique.

Vibration des tables d'harmonie

Hypothèse d'une plaque mince simplement supportée



Source : OLSON F. Music, Physics and engineering

Résonateur de Helmholtz

Système Volume d'air enfermé dans une enveloppe rigide et relié à l'air libre par une ouverture.

Source : OLSON F. Music, Physics and engineering

Fonctionnement

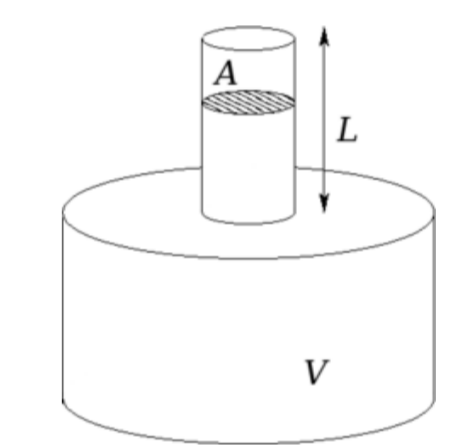
Vibration de la corde

Vibration des chevalets

Vibration du volume d'air

Vibration de la table d'harmonie

Résonance de la colonne d'air



V = volume d'air
A = section de la colonne
L = hauteur de la colonne

Source : Wikipedia

Fréquence de résonance :

$$f = \frac{vR}{2} \sqrt{\frac{1}{\pi V(L + 1,7R)}}$$

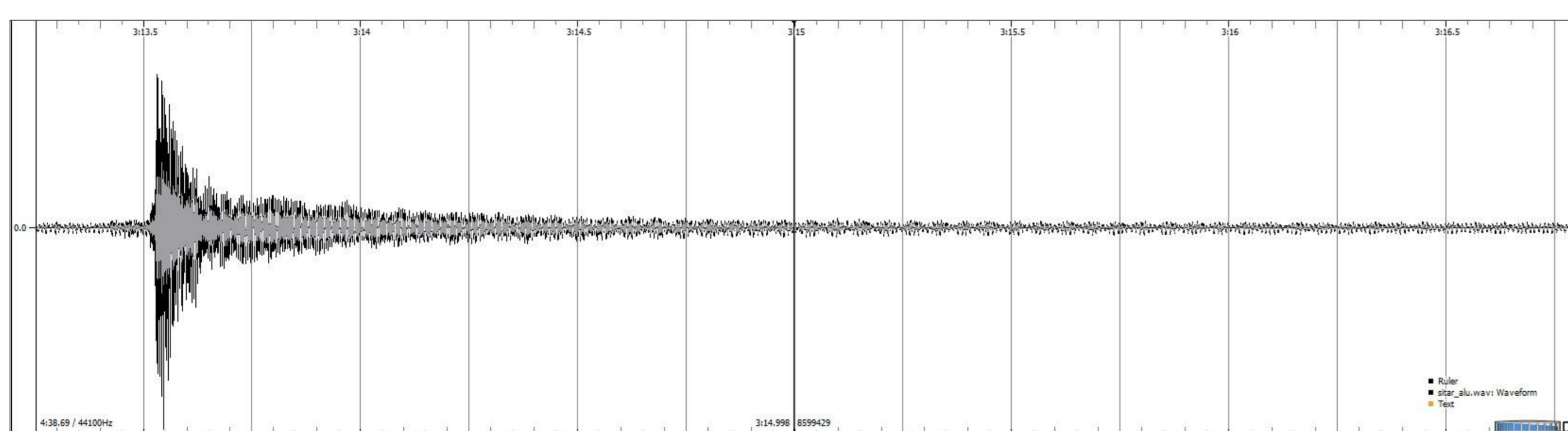
R = rayon de la colonne d'air
L = hauteur de la colonne d'air

V = volume d'air de la cavité
v = vitesse du son dans l'air

OUTILS UTILISÉS

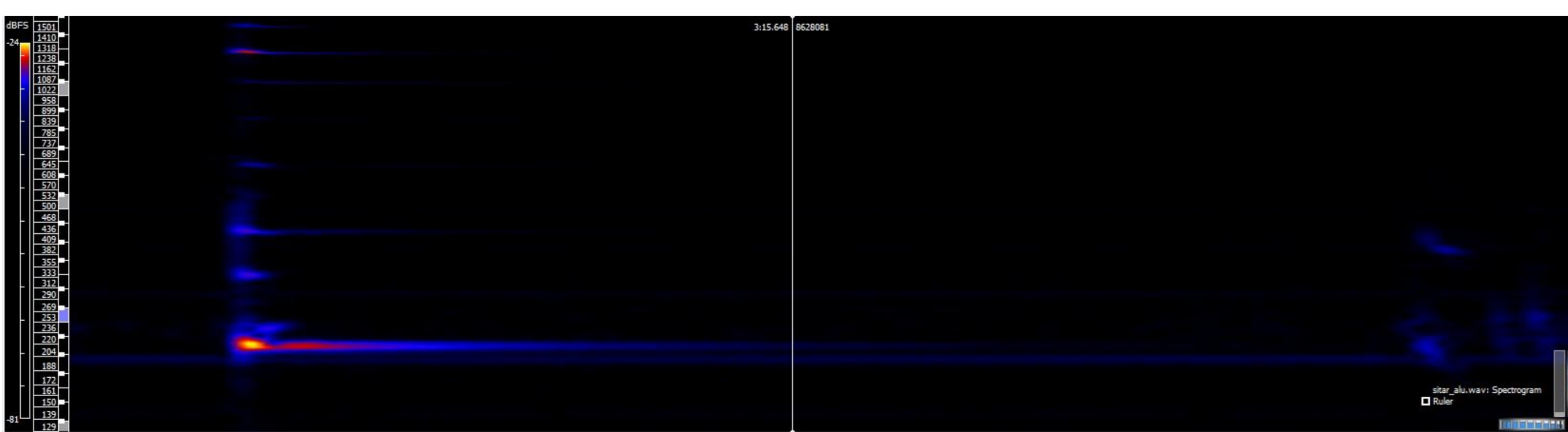
Le son peut être analysé au moyen de différentes représentations:

- L'intensité en fonction du temps



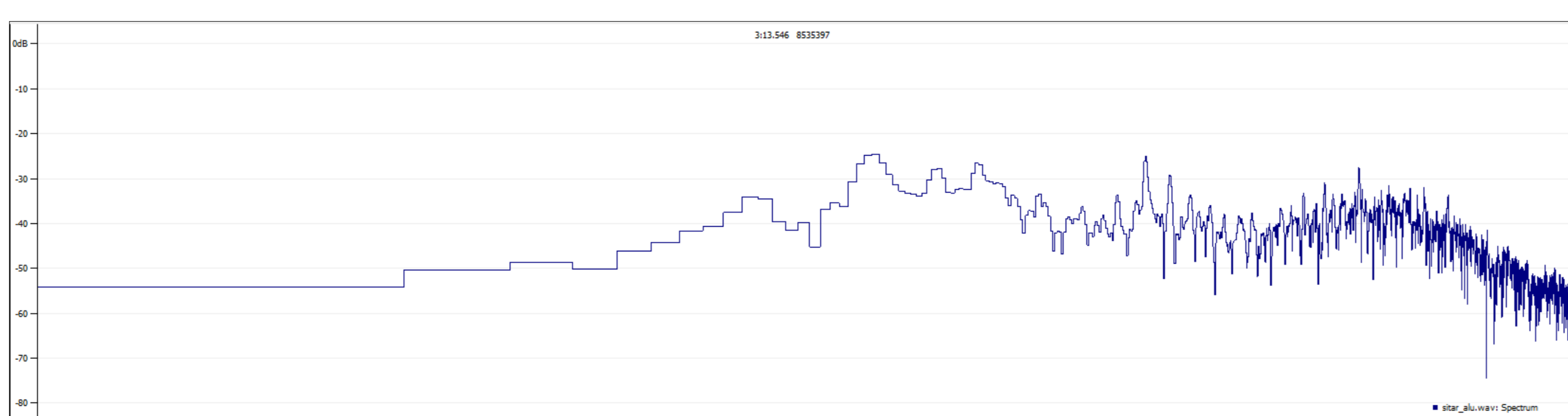
- Le spectrogramme:

la fréquence en fonction du temps



- Le spectre:

L'intensité en fonction de la fréquence, à un instant donné



Cette représentation permet:

- de voir à quel moment se trouve l'attaque du son
- de connaître l'amplitude maximale
- de déterminer la durée du son

Dans le cadre du projet, il va également permettre de vérifier si les indices de performances calculés théoriquement sont corrects.

Un spectrogramme permet

- de voir quelles sont les fréquences qui apparaissent dans le son au cours du temps.
- Dans le cas des instruments de musique, il permet de voir quels partiels d'une note jouée (exprimée par sa fréquence) sont amplifiés par l'instrument. Les fréquences les plus amplifiées sont dans des couleurs plus chaudes,

Dans le cadre du projet, il va permettre de comparer les fréquences amplifiées par la table d'harmonie en fonction du matériau de la table.

Le spectre permet

- de connaître les fréquences de plus forte intensité en un instant donné.

Combiné avec le spectrogramme, les fréquences que l'instrument a amplifiées seront entièrement déterminées.

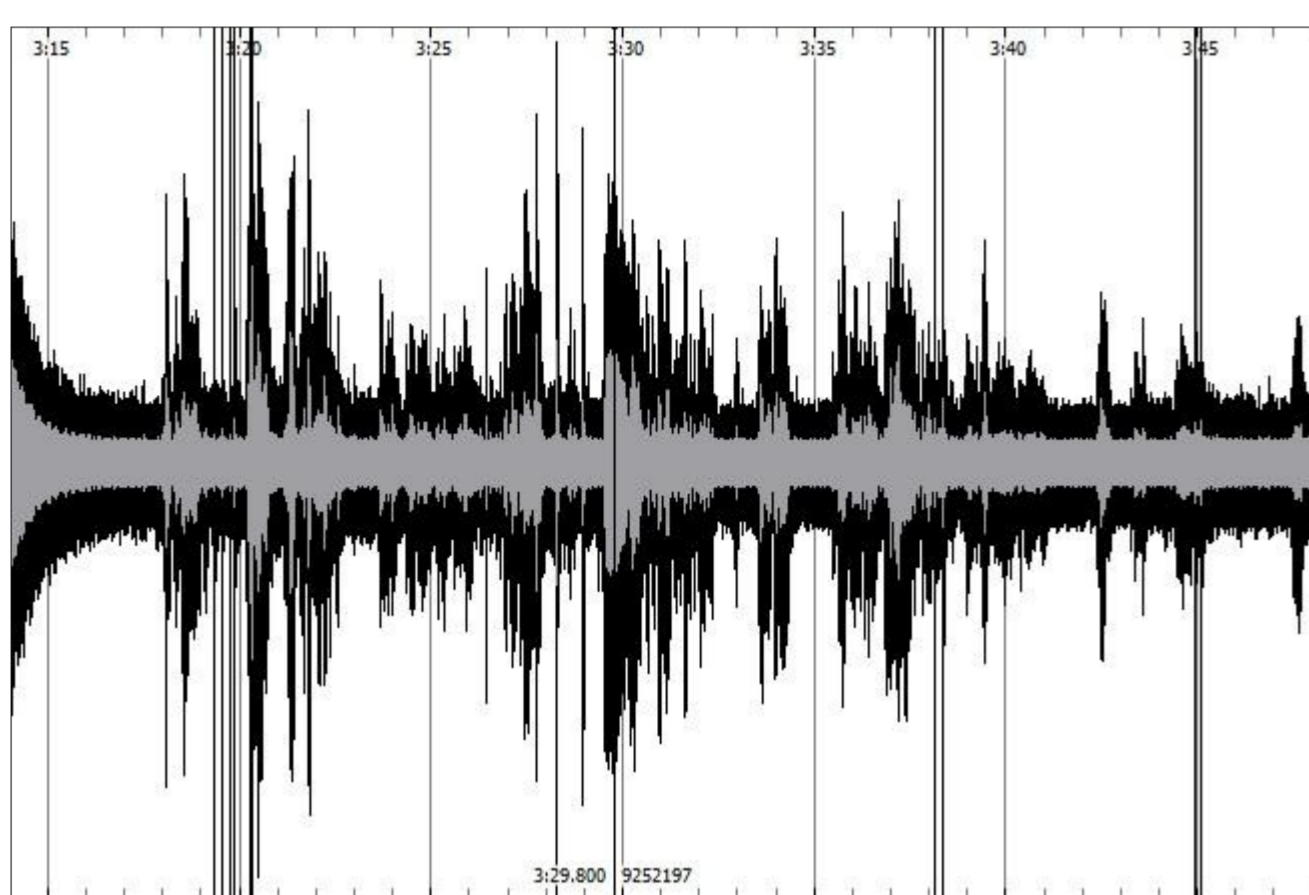
Dispositif de pincement mécanique

Système mécanique, constitué d'une tige rotative et élastique, permettant de reproduire les conditions de pincement de la corde pour chaque matériau

Comparaison de la qualité du son en fonction du matériau

GITZHOFFEN Maxime, MANÇO Aylin, NOLLET Yvan, VANBEVER Antoine, WATCHI Jennifer
Physique/ Métrologie nucléaire

Chaîne de mesure



Onde sonore



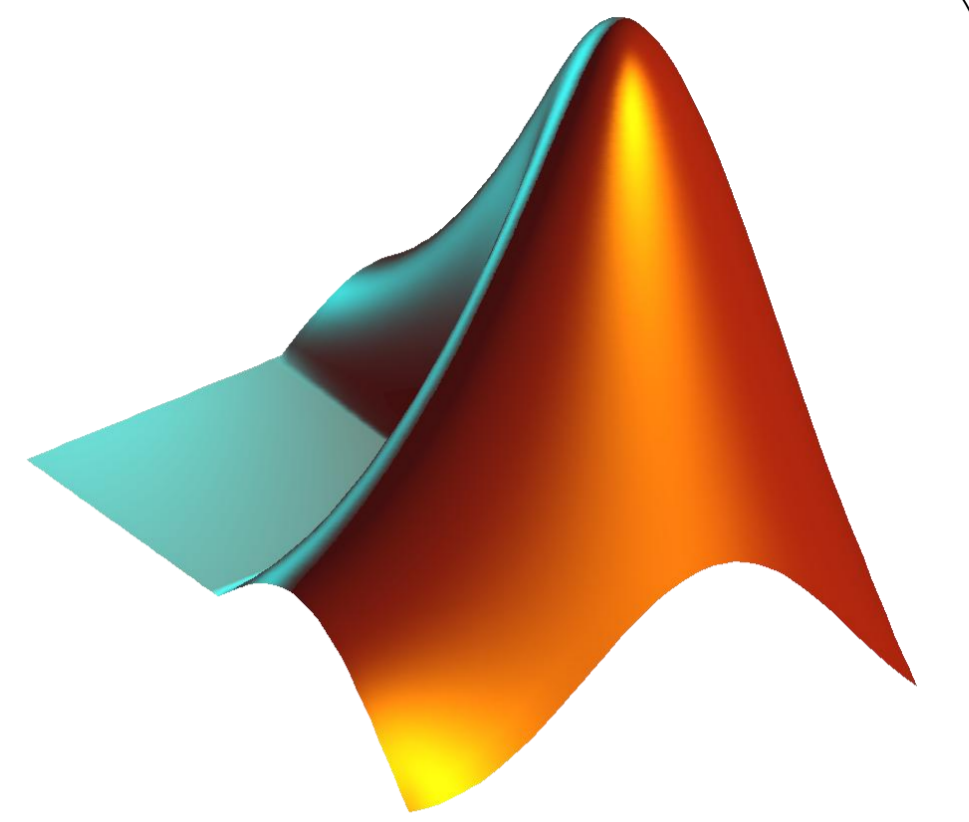
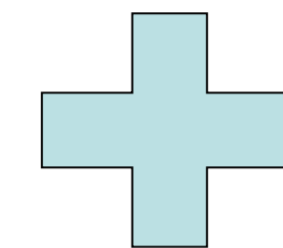
micro



Source: pgenius.be



Sonic Visualiser



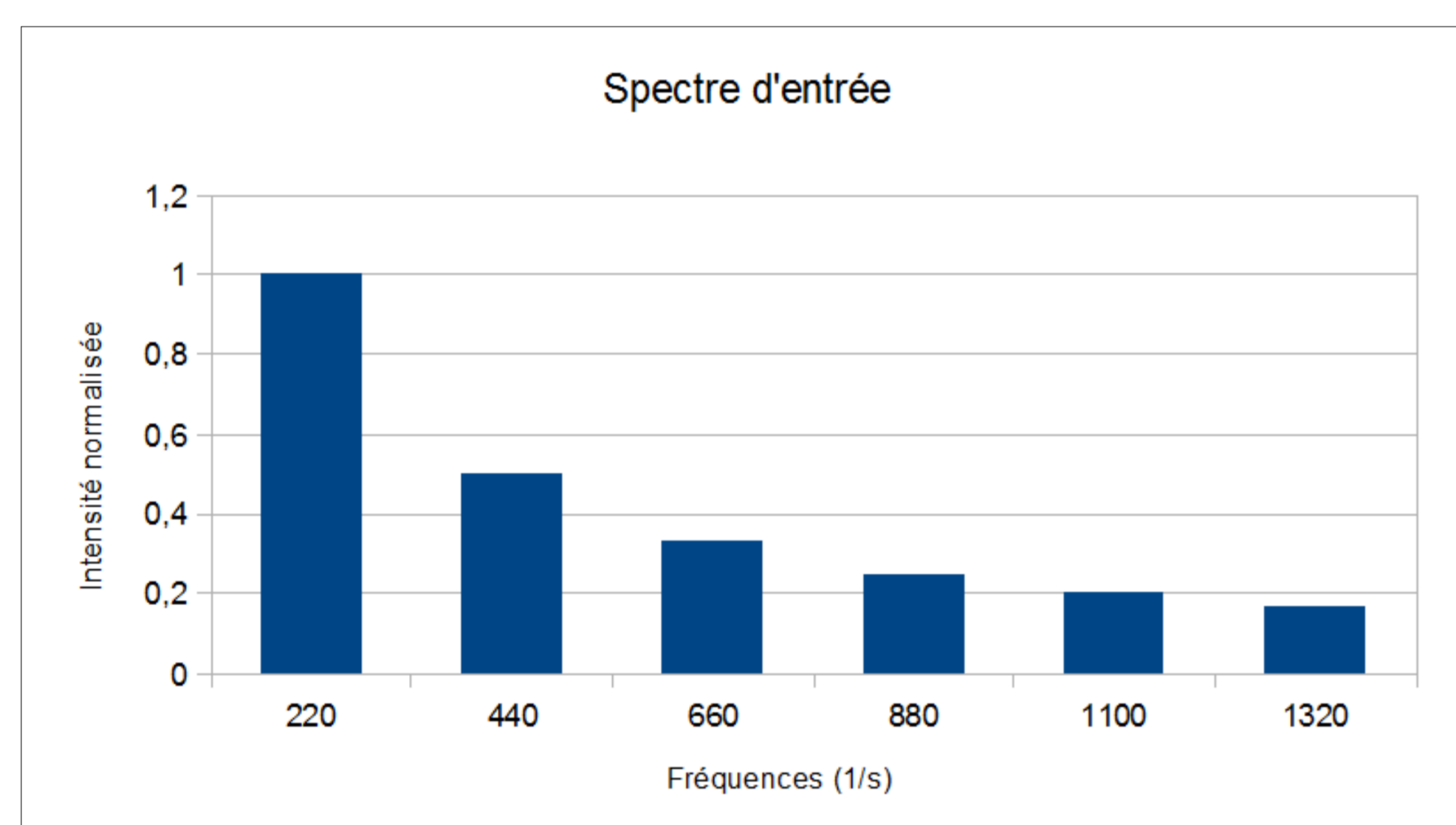
Matlab

Source: wikipedia.org

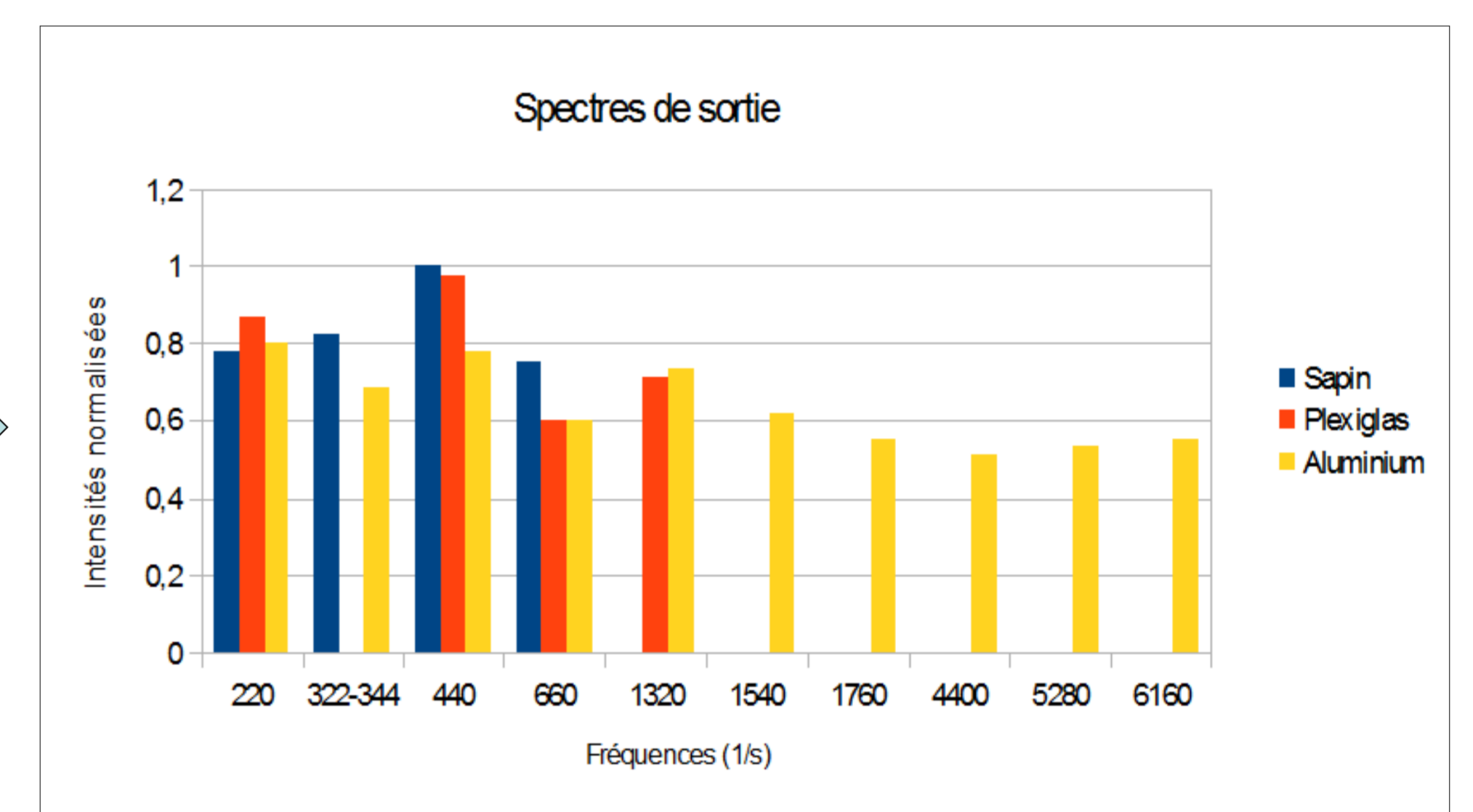
RÉSULTATS

Fréquences

Théoriquement, les fréquences qui apparaissent lorsque la corde est pincée sont les suivantes
Ceci a été calculé au moyen de l'oscillation transversale de la corde



On constate que le son capté par le micro est différent en fonction du matériau
Le spectrogramme a été utilisé pour obtenir ces résultats



Interprétation:

- On ne retrouve pas les mêmes partiels entre l'entrée et la sortie.
- L'aluminium a amplifié plus de partiels que les autres matériaux.
On appelle un son riche en partiels un son métallique
- Le sapin et le plexiglas ne résonnent qu'à peu de fréquences.

Intensité

L'intensité peut être plus ou moins amplifiée par le corps de la cithare.

- Un indice de performance, paramètre qui est calculé avec les propriétés du matériau, a été créé en fonction de la densité (kg/m^3) et du coefficient d'élasticité du matériau, appelé le module de Young (Gpa)
- L'indice de performance permet de prédire si un matériau amplifie l'intensité. (si l'indice de performance est élevé, le matériau amplifie plus l'intensité.)

Comparaison des indices de performances et des résultats obtenus expérimentalement
(au moyen de la représentation de l'intensité au cours du temps)

	Sapin	Plexiglas	Aluminium
Indices de performance théoriques	[1.40 ; 5.02]	[1.87 ; 1.91]	[0.58 ; 1.59]
Intensité efficace (dB)	-17.51	-17.90	-22.20

Durée

Démarche

Son émis trop faible
Limite entre le son de l'instrument et le bruit peu marquée

Recherche d'un autre outil de comparaison

Constante de décharge
Intervalle de temps durant lequel l'intensité du son retombe à 37% de sa valeur maximale

graphiquement

Intervalle de temps entre l'attaque et l'intersection de l'axe temporel avec la tangente à la courbe lors de l'attaque.

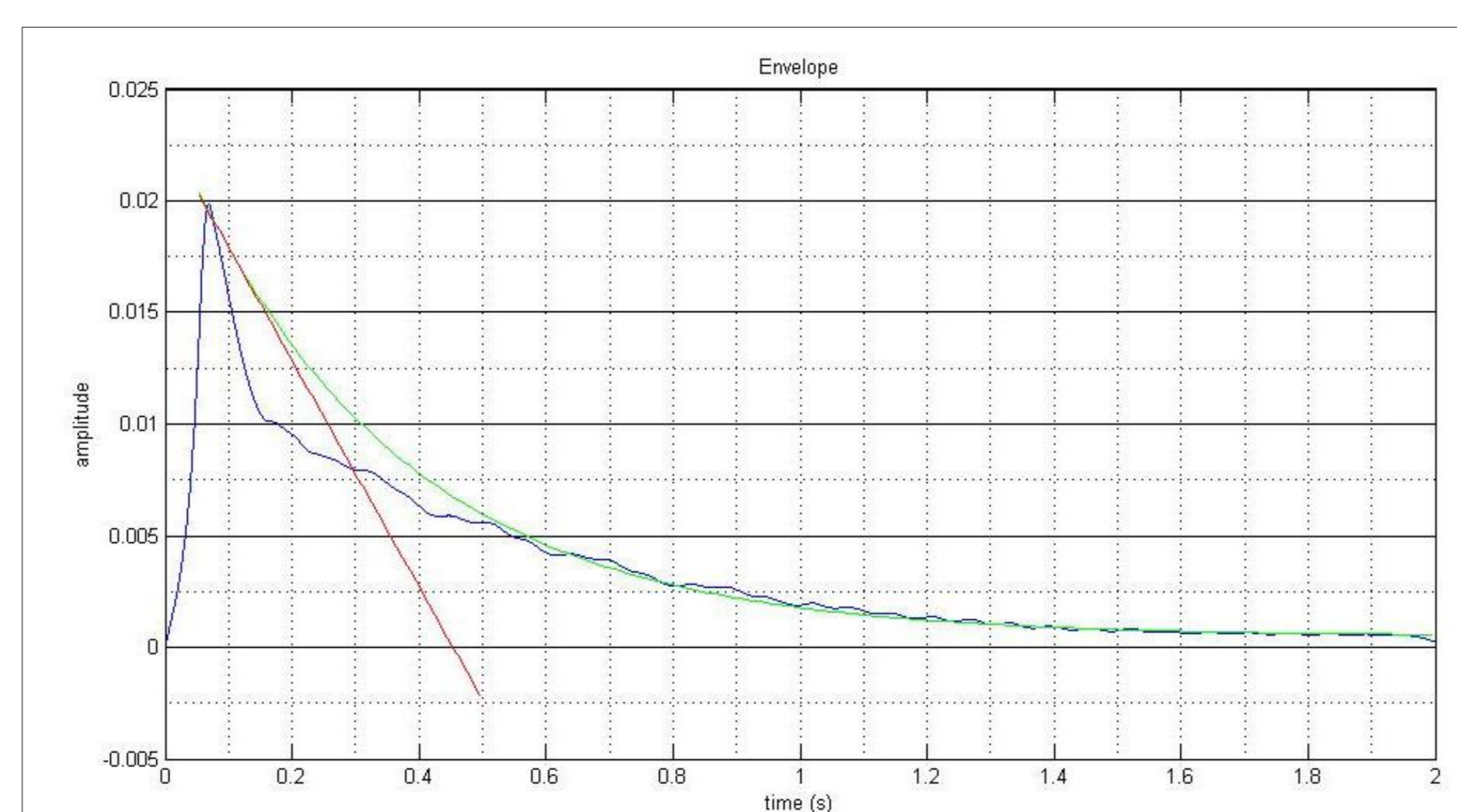
Approximation de l'enveloppe par une exponentielle négative

Calcul de l'argument par Matlab

Source: Notes de laboratoire du cours de Physique Générale (PHYS-H-100)

Observation

L'aluminium a une durée plus courte que le sapin et le plexiglas



Constante de décharge (s)

Aluminium	0.2075
Plexiglas	0.383534
Sapin	0.3126