

# ET BIEN CHANTEZ MAINTENANT !

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE SUR LE SON AVEC UN SMARTPHONE.

## DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On cherche à explorer la représentation du son en fonction du temps, ainsi que la notion de période et de fréquence.

## L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

Télécharger l'application Phypox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tuto : <https://tinyurl.com/PhypoxTuto>

Pour apprendre à utiliser le micro, voici un petit échauffement ludique : <https://tinyurl.com/enigmeson>



## DU CÔTÉ DES MODÈLES



Le micro produit un signal électrique lorsqu'il est atteint par une onde sonore. La représentation de ce signal en fonction du temps est une image du signal sonore.

Dans certains cas, le signal est périodique : un même motif se répète identique à lui-même à intervalle de temps régulier. La durée du plus court motif qui se répète est appelée "période" (donnée en seconde ou en milliseconde en général).

Le nombre de fois où ce signal se répète pendant une seconde est appelé « fréquence », et s'exprime en hertz. Ainsi, pour un signal de fréquence 400 Hz, le motif se répète 400 fois par seconde. Période (T) et fréquence (f) sont reliées par la relation :

$$f = 1 / T \text{ (avec } f \text{ en Hz et } T \text{ en s).}$$

## L'EXPÉRIENCE N°1 : VISUALISATION DU SIGNAL SONORE EN FONCTION DU TEMPS



À l'aide de l'application phyphox, lancer l'expérience "mesure du son" de la catégorie "acoustique".

Déclencher l'enregistrement en appuyant sur "play", et chanter une note en continu devant le micro pendant quelques secondes.

Mettre l'expérience sur pause pour figer une représentation qui montre clairement le caractère périodique du son.

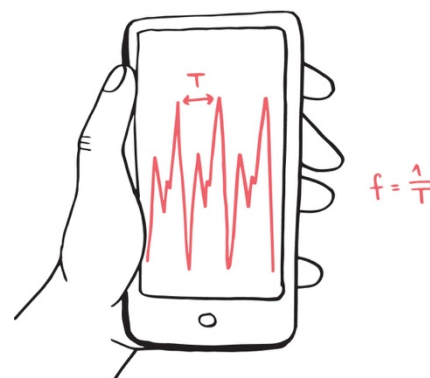
1) Faire une copie d'écran du signal, et représenter la période sur le schéma (vous pouvez jouer sur la durée de l'enregistrement et sur le zoom du graphe).

Chanter un "a", puis chantez un "o".

2) Comparer la forme du motif qui se répète entre ces deux sons.

Ouvrir un navigateur et chercher un site qui permet de générer un son pur à une fréquence donnée (chercher « online tone generator » ou « générateur de son en ligne »). Émettre un son et observer la forme du signal qui se répète.

3) Comparer cette forme à celles obtenues pour les sons « a » et « o » ?



## L'EXPÉRIENCE N°2 : MESURE DE LA PÉRIODE ET DE LA FRÉQUENCE



À l'aide de l'application phyphox, lancer l'expérience « mesure du son » de la catégorie « acoustique ». Déclencher l'enregistrement en appuyant sur « play », et jouer avec un instrument une note en continu devant le micro.

Mettre l'expérience sur pause pour figer une représentation qui montre clairement le caractère périodique du son.

Utiliser l'outil « Détail d'une mesure » (accessible en cliquant sur le graphe) pour mesurer la période directement sur le graphe.

1) Mesurer la période du signal. Pour mesurer la période plus précisément, mesurer le temps entre plusieurs motifs successifs (quatre par exemple), et diviser cette durée par ce nombre.

2) Refaire la mesure 10 fois sur le même signal. Regrouper les valeurs de toute la classe dans un tableau.

a) Calculer la moyenne de la valeur de la période.

b) Calculer l'écart-type des mesures.

c) Ecrire la valeur de la période obtenue avec son incertitude-type.

### Pour aller plus loin

Le défi : dire « Aaaa » le plus naturellement et déterminer sa fréquence naturelle de parole. Envoyer une copie d'écran avec son résultat à son enseignant.

## L'EXPÉRIENCE N°3 : CHANGER DE FRÉQUENCES



À l'aide de l'application phyphox, lancer l'expérience « mesure du son » de la catégorie « acoustique ».

Déclencher l'enregistrement en appuyant sur « play », et, avec un instrument de musique, jouer une note devant le micro.

Mettre l'expérience sur pause pour figer une représentation qui montre clairement le caractère périodique du son.

1) Mesurer la période du signal. Pour mesurer la période directement sur le graphe, utiliser l'outil « Détail d'une mesure » (accessible en cliquant sur le graphe).

2) Recommencer en jouant une note une octave plus haut, puis une octave plus bas. Comment changent les fréquences quand on change d'octave ?

## DEUX DÉFIS POUR ALLER PLUS LOIN !



### défi n°1:

Déterminer la fréquence la plus basse et la fréquence la plus haute que vous arrivez à émettre en chantant un « Aaaa ». Rechercher sur internet quelle est votre tessiture. La tessiture est l'ensemble des notes que vous pouvez chanter.



### défi n°2 : Qui chante le plus juste ?

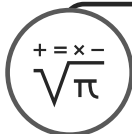
une note la plus proche possible de 300 Hz. l'application phyphox avec l'expérience « autocorrélation » pour vérifier la fréquence votre note. Envoyer une copie d'écran de votre meilleure performance à votre enseignant.

# FICHE PROF : ET BIEN CHANTEZ MAINTENANT !

Ces activités expérimentales ont été conçues à l'initiative de l'Inspection Générale en collaboration avec l'équipe "[La Physique Autrement](#)" (Univ. Paris-Saclay/CNRS). Textes et vidéos : Julien Bobroff, Frédéric Bouquet, Jean Lamerenx, Patricia Marchand, Jacques Vince. Schémas : Anna Khazina.



**NIVEAU :** Seconde



**DIFFICULTÉ CONCEPTUELLE - EXPLOITATION :**

immédiat     facile     demande temps et savoir-faire



**RÉALISATION PRATIQUE :**

débutant     familiarisé     confirmé



**DURÉE :**

Expérience 1 : 15 min

Expérience 2 : 15 min

Expérience 3 : 20 min

Défis : à ne pas faire en classe, mais en travail



**LE TUTO VIDÉO :** <https://tinyurl.com/centripete>

A vous de décider si vous donnez ce lien à vos élèves.

Partie de programme :

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Signal sonore périodique, fréquence et période. Relation entre période et fréquence.	Définir et déterminer la période et la fréquence d'un signal sonore notamment à partir de sa représentation temporelle. <i>Mesurer la période d'un signal sonore périodique.</i>

**Objectifs pédagogiques de la séance :**

	Exp 1	Exp 2	Exp 3
Visualiser un signal sonore	X	X	
Déterminer la période et la fréquence d'une note		X	X
Notion de hauteur			X

**Les prérequis :** Notion de fréquence : sons audibles, infrasons et ultrasons.

**Le type d'activité :** Expérience quantitative pouvant être réalisée chez soi en autonomie, de façon individuelle ou par groupe de 2 ou 3.

**Le matériel nécessaire**

Appli nécessaire : Phyphox

Capteurs du smartphone utilisés : microphone

instrument de musique (éventuellement un instrument virtuel en ligne, par exemple

<https://papiermusique.fr/piano-virtuel.php> )

**Conseils techniques :**

Il faut plutôt utiliser "mesure sonore" que "autocorrélation" (sauf au défi 3 de l'expérience 3). En effet, avec l'expérience Autocorrélation, le calcul de la fréquence est fait automatiquement, et en plus le graphique de l'onglet principal ne représente pas le signal sonore en fonction du temps, mais son autocorrélation.

**Modalité de travail entre élèves :** élève seul ou groupe de 2 ou 3 (avec répartition des rôles) si problème de disponibilité de matériel

**Modalité d'intervention pédagogique :** Feuille de consignes communiquée aux élèves.

**Quelques remarques :**

Le travail peut se faire également avec le logiciel Audacity sur un ordinateur, mais demande plus de technicité.

Phyphox propose plusieurs applications pour travailler sur le son (liste "acoustique"), notamment :

- "Mesure du son" affiche en direct le son en fonction du temps. Le temps d'enregistrement est fixé par défaut à 10ms, ce qui peut être un peu court, des réglages à 20 ou 50 ms selon les fréquences font souvent des figures plus jolies, car permettent de zoomer comme on veut.
- "Autocorrélation Audio" détecte la fréquence et la période du signal, mais peut donner des résultats faux aux basses fréquences. Attention : le graphe affiché sur la première page n'est pas l'intensité en fonction du temps, mais l'autocorrélation (il faut aller sur le deuxième onglet pour voir le signal direct)

## Corrigé détaillé :

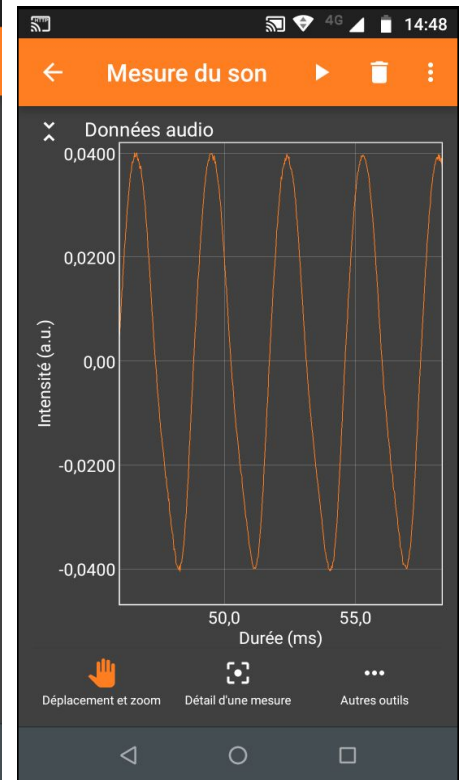
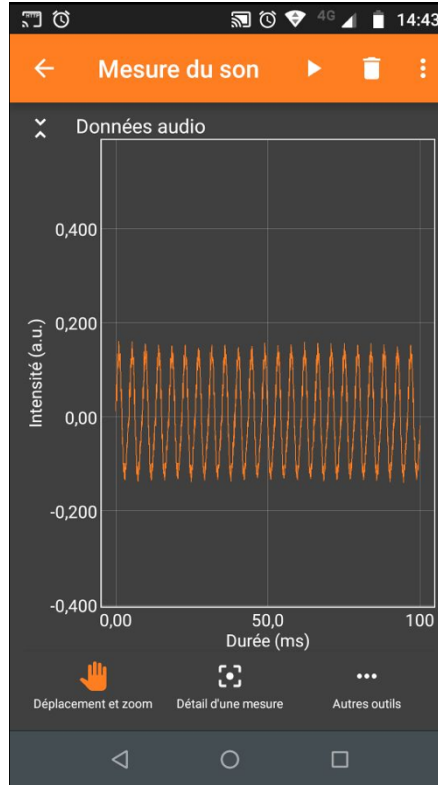
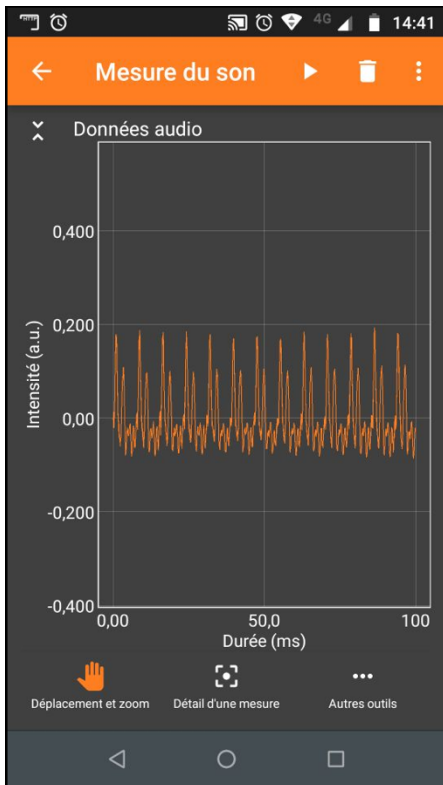
### Exercice 1 : Visualisation du son en fonction du temps

Ne pas hésiter à changer le temps d'enregistrement, et d'appuyer sur les chevrons en haut à gauche du graphique pour accéder aux outils de zoom (cliquer sur le graphique permet également d'accéder à ces outils)

« a »

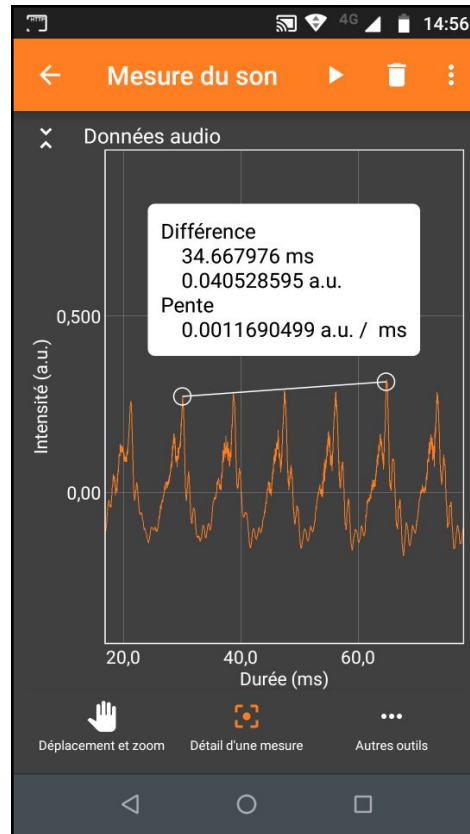
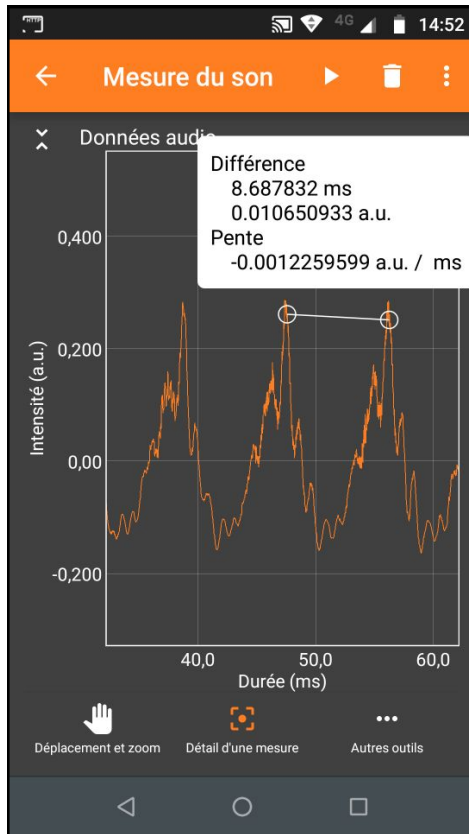
« o »

online tone generator



La forme des signaux est différente, le "a" a facilement des pics secondaire dans le motif périodique (présence de fortes harmoniques), le "o" est souvent plus proche d'un signal sinusoïdal. Les signaux "purs" sont plus lisses, et plus sinusoïdaux (c'est comme cela qu'ils sont générés).

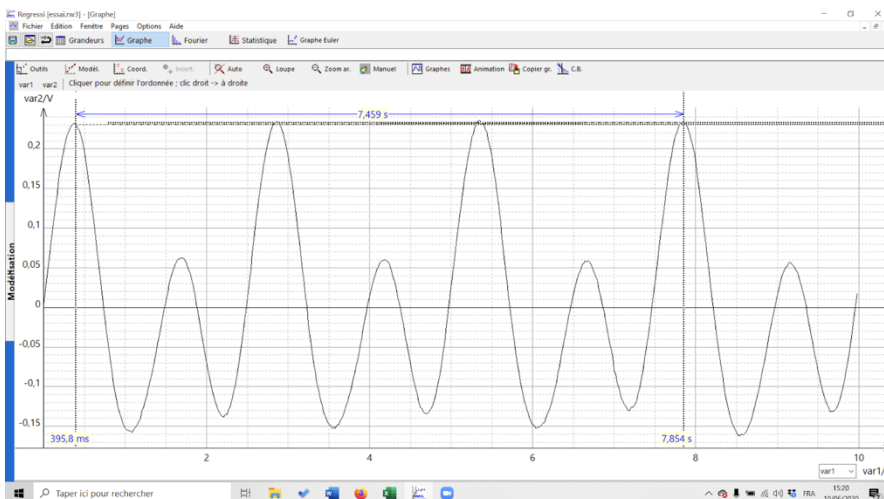
### Exercice 2 : Mesure de la période et de la fréquence



Mesure de la période sur un motif ou sur 4 motifs. Répéter la mesure plusieurs fois donne des résultats légèrement différent (des périodes comprises entre 8.7 et 8.8 ms ici par exemple : le motif change légèrement d'une période à l'autre, rendant la détermination de la période moins évidente, et pointer avec ces doigts sur l'écran n'est pas très précis.

Note : projeter son écran de smartphone sur l'ordinateur peut aider ("autoriser le contrôle à distance"), car on peut regarder l'ordinateur en pointant sur le smartphone : le doigt ne gêne plus pour viser.

Note : il est possible d'exporter facilement les données et de les traiter avec Regressi ou tout autre tableur (cf le tuto phyphox).



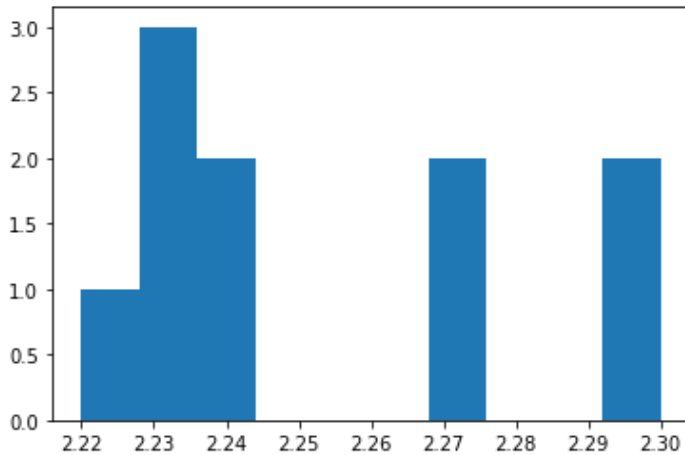
Les calculs de valeur moyenne et écart-type peuvent se faire avec un programme Python.

Exemple :

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
periode = [indiquer les valeurs obtenues]
moyenne = np.mean(periode)
plt.hist (periode)
plt.show()
print ('moyenne:',moyenne)
EcartType=np.std(periode)
print('ecart type:',EcartType)
n=len(periode)
print('nombre de valeurs:',n)
IncertitudeType=EcartType/np.sqrt(n)
print('Incertitude type :',IncertitudeType)
print('T =', '%.2f'%moyenne, '+/-' , '%.2f'%IncertitudeType, 's')
```

Exemple de résultats avec seulement dix mesures :

Pour une note jouée avec une flûte de pan virtuelle (<https://www.virtualmusicalinstruments.com/pan-flute>) :



moyenne : 2.253  
ecart type: 0.028301943396169718  
nombre de valeurs: 10  
Incertitude type : 0.008949860334105749  
T = 2.25 +/- 0.01 s

**Pour aller plus loin :**

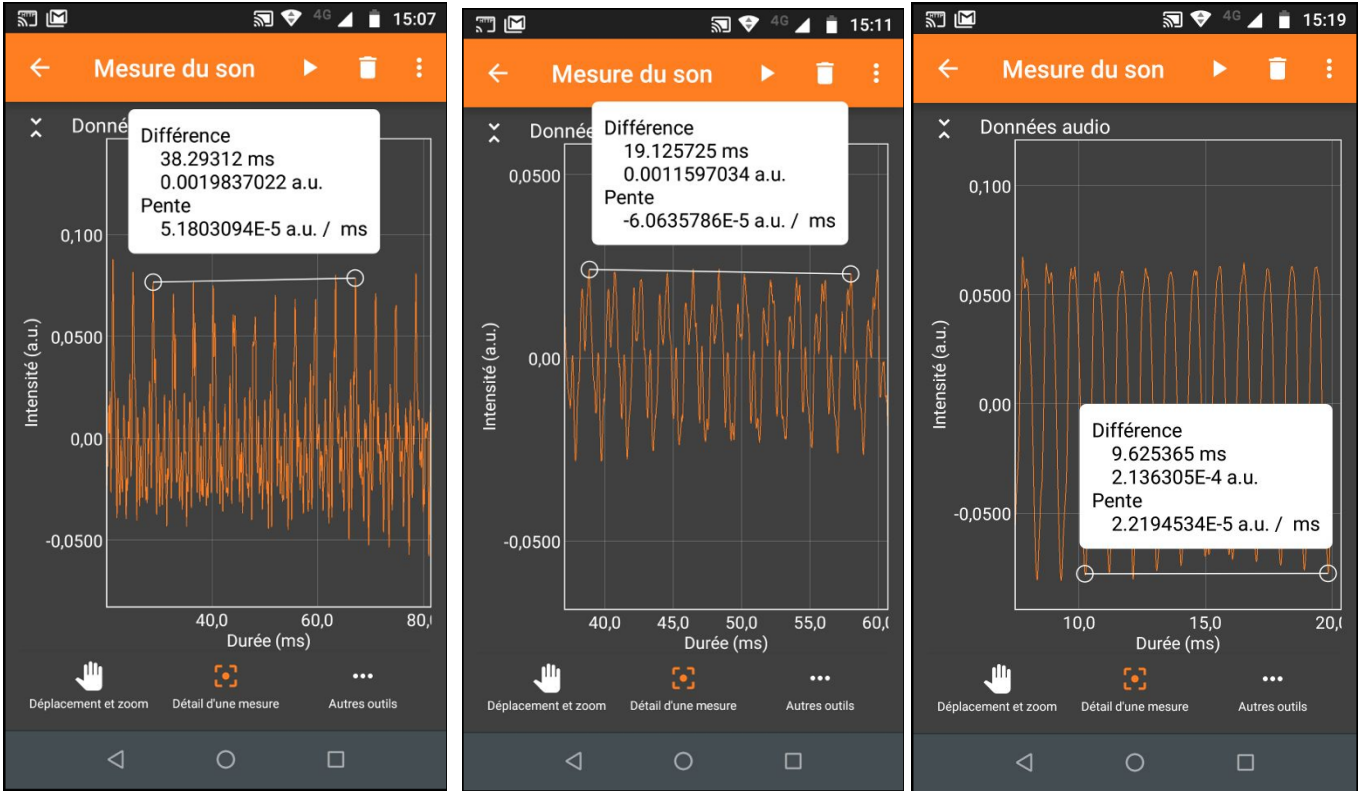
**Défi 1 :** les élèves envoient la fréquence du son qu'ils émettent naturellement, et le professeur fait un histogramme de toutes les fréquences ou un axe gradué avec les fréquences reportée, ce qui permet d'introduire la notion de tessiture.



### Exercice 3

Mesure en utilisant le piano virtuel : <https://papiermusique.fr/piano-virtuel.php>

On joue un DO en changeant d'octave à chaque fois, on mesure la période sur 10 motifs et on calcule la fréquence.



$T = 3.83 \text{ ms}, f = 261 \text{ Hz}$

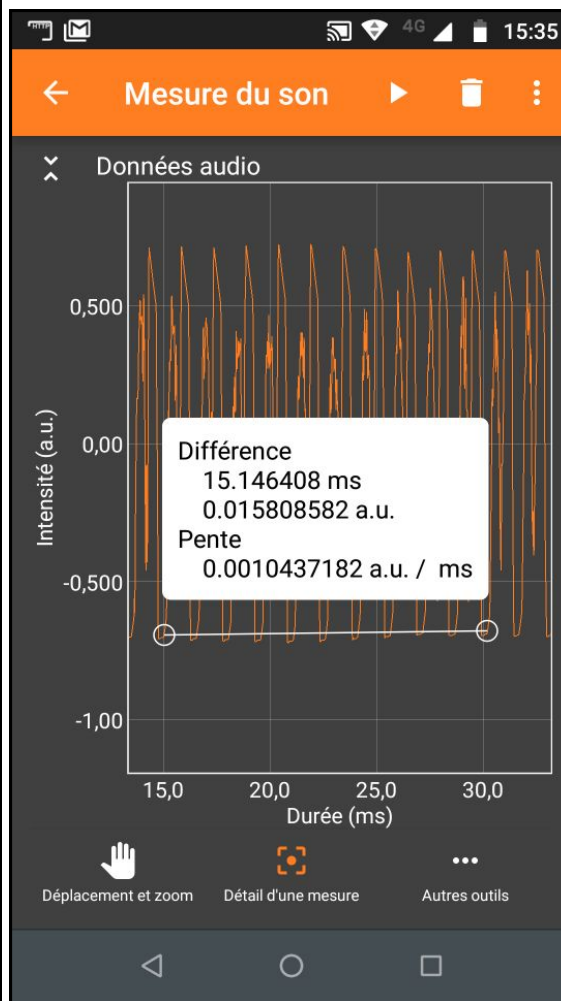
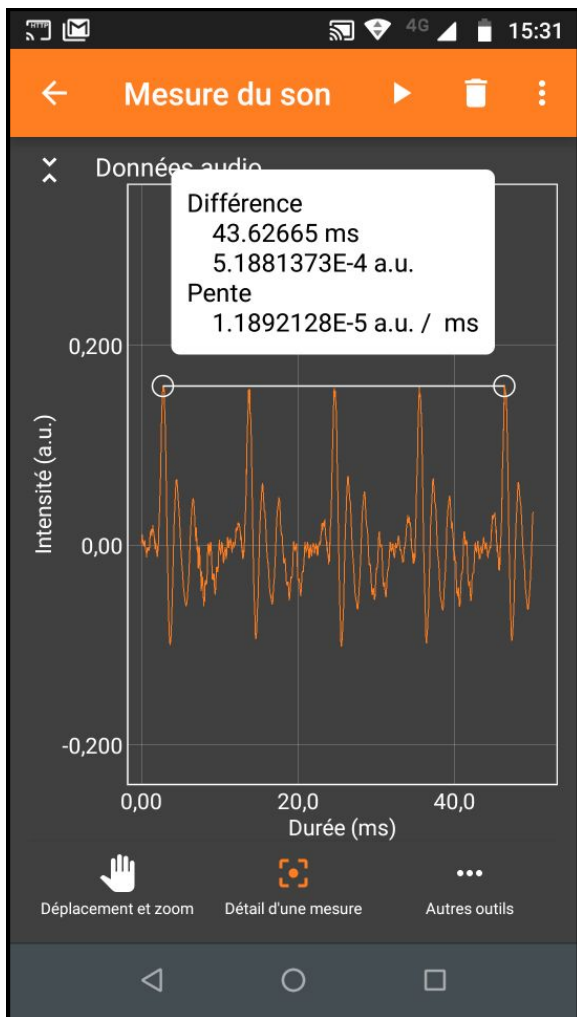
$T = 1.91 \text{ ms}, f = 524 \text{ Hz}$

$T = 0.963 \text{ ms}, f = 1040 \text{ Hz}$

Les rapports des fréquences sont 2, changer d'octave c'est multiplier la fréquence par deux.

### Pour aller plus loin :

**défi 2 :** Les élèves déterminent la note la plus basse qu'ils arrivent à générer de façon exploitable, et la note la plus haute (copie d'écran à l'appuie). Le professeur récupère les résultats, trace les capacités des élèves (anonymement) et compare aux tessitures (ténor, alto, etc...)



Fréquence la plus basse : 92 Hz

fréquence la plus haute : 660 Hz

Dans cet exemple : Baryton / Ténor (mais cela n'engage pas la justesse de la note !)

A faire plutôt à la maison.

### défi 3 :

Le professeur donne une fréquence, et les élèves doivent produire la note la plus proche, copie d'écran à l'appuie. Le prof récupère les résultats et les trace (anonymement).

Pour cette activité, il est plus facile d'utiliser l'expérience "Autocorrélation Audio" qui donne la fréquence en temps réel (attention, la courbe de l'onglet principal n'est pas l'intensité en fonction du temps, mais l'autocorrélation. La courbe en fonction du temps est visible sur le deuxième onglet).

Si vous choisissez une fréquences plutôt élevée ( 400 Hz), vous favoriserez les filles.

Si vous choisissez une fréquence plutôt basse (120 Hz), vous favoriserez les garçons.

**Info supplémentaires :** ([http://www.zpag.net/Electroniques/Freg\\_Sonore.htm](http://www.zpag.net/Electroniques/Freg_Sonore.htm))

100 à 150Hz : Voix de l'homme

200 à 300Hz : Voix de la femme

300 à 450Hz : Voix de l'enfant

Les tessitures :

262 à 1046 Hz La voix chantée d'un soprano

196 à 698 Hz : Contralto

120 à 520Hz : La voix du ténor

110 à 392 Hz : Baryton

82,4 à 294 Hz : La voix de la basse

Les instruments :

violon : 200 à 2650 Hz

piano : 27,5 à 4186 Hz

orgue : 16 à 16000 Hz

Seuil d'audibilité suivant l'âge :

15kHz : à 30 ans

12kHz : à 50 ans

10kHz : à 60 ans

6kHz : à 70 ans

Les gammes de fréquences :

20 Hz à 20000 Hz : fréquences audibles par l'homme

Inférieur à 20 Hz : Les Infra-sons

20000 (20 KHz) Hz à 200 MHz : Les ultra-sons

200 MHz à 1 GHz : Les hypersons

30 à 100 Hz : Sons très Graves

100 à 300 Hz : Sons Graves

300 à 1250 Hz : Sons Médioms

1250 à 5000 Hz : Sons Aigus

5000 à 16000 : Sons très Aigus

Chez les animaux :

Le chien peut entendre des fréquences allant jusqu'à 80000 Hz

Le chat peut entendre des fréquences allant jusqu'à 40000 Hz