À VOS PUPITRES !

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE POUR ANALYSER DES SONS AVEC UN SMARTPHONE.

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On cherche à enregistrer et à déterminer les caractéristiques de sons émis par des instruments ou par la voix. On réalisera aussi le spectre des sons enregistrés. Les enregistrements et leur exploitation seront réalisés avec un smartphone.

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

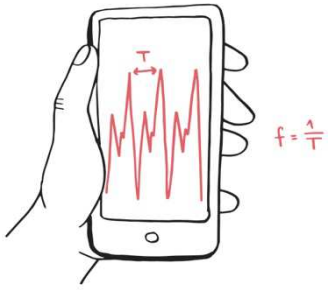


Télécharger l'application Phyphox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tutoriel : https://tinyurl.com/PhyphoxTuto

Utiliser l'application Phyphox, onglet « générateur de son ».
Augmenter la valeur de la fréquence du son émis et noter la valeur de la fréquence maximale d'un son audible. Faire l'expérience avec plusieurs personnes d'âges différents (frères, sœurs, parents, grands-parents...). Que constatez-vous ?

DU CÔTÉ DES MODÈLES

Signal périodique



Le capteur enregistre l'amplitude du signal sonore reçu en fonction du temps. On peut souligner que l'ordonnée est improprement nommée intensité. Dans le cas d'un signal périodique : le même motif se répète identique à lui-même à intervalle de temps régulier. La durée de ce motif est appelée « période » (en seconde). Le nombre de fois où ce signal se répète pendant une seconde est appelé « fréquence » (en hertz, Hz). Ainsi 400 Hz signifie que le motif se répète 400 fois par seconde.
Période (T) et fréquence (f) sont reliées par la relation :

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

Analyse spectrale d'un signal sonore périodique

Un signal sonore périodique peut se décomposer en une somme de signaux sinusoïdaux. Le spectre du son est composé de plusieurs pics : le premier correspond à la fréquence de la fondamentale, les autres pics correspondent aux harmoniques dont les fréquences sont des multiples de la fréquence de la fondamentale. La fréquence de la fondamentale donne la hauteur du son.

L'EXPÉRIENCE N°1 : LA HAUTEUR D'UN SON

Enregistrer deux signaux sonores correspondant à deux notes différentes d'un même instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio » puis « données brutes ». Si vous ne disposez pas d'instruments de musique, vous pouvez chanter deux notes différentes.

1) Observer et décrire le signal.

2) Déterminer la période puis la fréquence du son pour les deux signaux sonores précédents, comparer aux valeurs indiquées sur l'application, onglet « autocorr. ».

Pour aller plus loin :

Taper sur un tube : une colonne d'air soumise à une perturbation peut entrer en vibration pour certaines fréquences particulières f_n. À chacune de ces fréquences f_n est associée un mode propre de vibration de la colonne d'air appelé mode harmonique de rang n. La plus petite de ces fréquences, notée f_1, est appelée fréquence fondamentale.

Les tubes cylindriques ouverts à une extrémité et fermés à l'autre résonnent approximativement à des fréquences de :

$$f_n = (2n-1)\, v / 4L$$

où « n » est un nombre entier (1, 2, 3…) représentant le mode de résonance, « L » est la longueur du tube et « v » est la vitesse du son dans l'air (qui est approximativement de 344 mètres par seconde à 20 °C et au niveau de la mer).

À partir de la video https://youtu.be/K5nbA9xdFP0 , déterminer la valeur de la fréquence du son émis par le tuyau PVC et vérifier que le résultat est cohérent avec la formule donnant la fréquence de résonance d'un tube en fonction de sa longueur.

L'effet Doppler : cet effet se manifeste pour les ondes sonores par la perception de la hauteur du son émis par une source sonore différente selon qu'elle soit fixe ou en mouvement par rapport au récepteur. La hauteur d'un son mesurée par un récepteur est différente selon que la source sonore se rapproche du récepteur (le son étant alors perçu plus aigu) ou s'en éloigne (le son est alors perçu plus grave).

Dans la vidéo https://youtu.be/88Pvmxn2Kk8, étudier la variation de la fréquence du son émis par le klaxon suivant que la voiture s'approche ou s'éloigne. Pour la mesure, on peut utiliser l'onglet « historique des fréquences ».

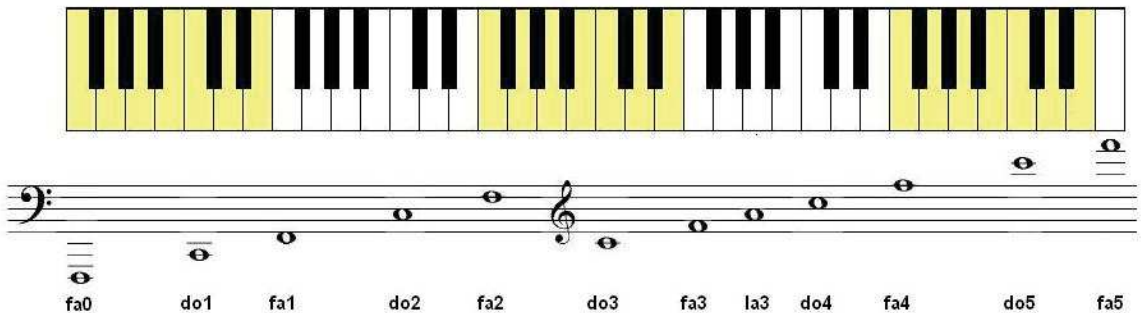
L'EXPÉRIENCE N°2 : SON PUR, SON COMPLEXE

Enregistrer le signal sonore émis par un diapason (La3) et le La3 d'un instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio ». À la maison, on peut remplacer le diapason par un générateur de son en ligne. Si on ne dispose pas d'instrument de musique, on peut chanter la note.

Observer et comparer les courbes associées au signal émis par le diapason et au signal émis par l'instrument.

L'EXPÉRIENCE N°3 : LES SPECTRES

Enregistrer le signal sonore émis par un diapason La3 (440 Hz), et le La3 d'un instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « spectre audio » ou l'application Advanced spectrum . À la maison, on peut remplacer le diapason par un générateur de son en ligne. Si on ne dispose pas d'instrument de musique, on peut chanter la note.



1) Comparer le spectre d'un son pur et celui d'un son complexe.

2) Dans le cas d'un son complexe, vérifier que les fréquences des harmoniques sont des multiples de la fréquence de la fondamentale.

L'EXPÉRIENCE N°4 : QUINTE, OCTAVE

Enregistrer les signaux sonores correspondant à un Do3 et un Do4 d'un instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio ».

1) Noter les valeurs des deux fréquences et calculer le rapport f_{do4}/f_{do3}. Si l'instrument est bien accordé, ce rapport vaut 2; conclure.

Enregistrer les signaux sonores correspondant à un Do3 et un Sol3 avec un instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio ».

2) Noter les valeurs des deux fréquences et calculer le rapport f_{sol}/f_{do}. Si l'instrument est bien accordé, ce rapport vaut 3/2; conclure.

L'octave et la quinte sont des intervalles consonants. Les deux notes d'un intervalle consonant ont des harmoniques communes ce qui le rend harmonieux.

Réaliser le spectrogramme des signaux sonores associés aux deux notes successivement : Do3 et Sol3 (quinte), puis Do3 et Do4 (octave).

2) Vérifier que les signaux sonores associés aux deux notes de l'intervalle ont bien des harmoniques communes.

POUR ALLER PLUS LOIN

Résoudre cette énigme :
https://view.genial.ly/5eef7a5a8146ce0d750c1182/interactive-content-timer-escape-son

EN AVANT LA MUSIQUE !

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE POUR ANALYSER DES SONS AVEC UN SMARTPHONE.

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On cherche à enregistrer et à déterminer les caractéristiques de sons émis par des instruments de musique ou par la voix. Les enregistrements et leur exploitation sont réalisés avec un smartphone.

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »



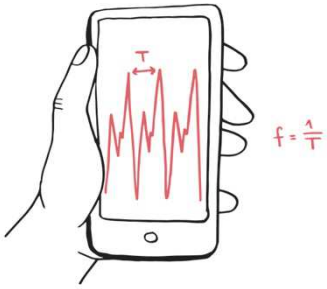
Télécharger l'application Phyphox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tuto : https://tinyurl.com/PhyphoxTuto

Utiliser l'application Phyphox, onglet « générateur de son ». Augmenter la fréquence du son émis et noter la fréquence maximale audible. Faire l'expérience avec plusieurs personnes d'âges différents (frères, soeurs, parents, grand-parents...). Que constatez-vous ?

DU CÔTÉ DES MODÈLES

Le capteur enregistre le signal sonore en fonction du temps. Dans le cas d'un signal périodique : le même motif se répète identique à lui-même à intervalle de temps régulier.

La durée de ce motif est appelée « période » (en seconde). Le nombre de fois où ce signal se répète pendant une seconde est appelé « fréquence » et s'exprime en hertz (Hz). Ainsi, pour un signal de fréquence 400 Hz signifie que le motif se répète 400 fois par seconde.



Période (T) et fréquence (f) sont reliées par la relation :

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

L'EXPÉRIENCE N°1 : LA HAUTEUR D'UN SON

Enregistrer deux notes différentes d'un même instrument de musique à l'aide de l'application Phyphox, onglet « autocorrélation audio » puis « données brutes ». Si vous ne disposez pas d'instruments de musique, vous pouvez chanter deux notes différentes.

1) Observer et commenter l'allure du signal.

2) A l'aide de l'outil « détail d'une mesure », déterminer la période puis la fréquence du son pour chaque note enregistrée, comparer à la valeur calculée par l'application dans l'onglet «autocorr.».

Pour aller plus loin :

Concours de justesse :
Chanter un son de fréquence la plus proche possible de 300 Hz et envoyer la copie d'écran à votre enseignant

La tessiture :
Dans le domaine musical, la tessiture, également appelée registre, est l'ensemble continu des notes qui peuvent être émises par une voix.



Déterminer la tessiture de Jakub Joseph Orlinski à partir de cet enregistrement de « Sento in seno » de Vivaldi (écouter et analyser la plage entre 0:24 et 1:00):
https://youtu.be/mnD9NsBdU7Q
Déterminer la note la plus aiguë chantée par Mariah Carey dans « Emotions » : https://youtu.be/NrJEFrth27Q

Dark Vador avec des bouteilles :
Une bouteille remplie partiellement d'eau émet une note quand on souffle dedans. La hauteur de la note va dépendre du volume d'air dans la bouteille. En ajoutant plus ou moins d'eau à l'intérieur on peut donc modifier la note émise.

À l'aide de trois bouteilles plus ou moins remplies, jouer le début du thème de Dark Vador "The imperial March".



L'EXPÉRIENCE N°2 : LE TIMBRE D'UN SON

Enregistrer une même note produite par deux instruments différents à l'aide de l'application Phyphox, onglet « mesure du son ».

Si vous ne disposez pas de deux instruments, vous avez votre voix et vous pouvez utiliser un instrument simulé en ligne (par exemple : https://virtualpiano.net/).

Observer et commenter l'allure du signal obtenu pour les deux instruments.

.

L'EXPÉRIENCE N°3 : LE NIVEAU SONORE

Mesurer le niveau sonore produit par un diapason, puis par deux diapasons.

Produire un son avec chacun des diapasons, puis avec les deux en même temps et mesurer à chaque fois le niveau d'intensité sonore avec l'application phyphox, onglet « intensité sonore » ou une appli sonomètre.

S'entraîner pour que les niveaux sonores produits par chaque diapason seul soient voisins.

Vérifier qu'ensemble, les deux diapasons produisent un niveau d'intensité sonore supérieur de 3dB environ à celui d'un diapason seul.

Pour aller plus loin :

Déterminer le plus petit niveau d'intensité sonore que l'on peut mesurer à l'aide de phyphox.