

# Grave ou aigu ?

## Défi scientifique

Physique / son  
Cycle 4 – collège / lycée

<b>Durée du défi</b>	50 minutes
<b>Matériel</b>	Téléphone ou tablette avec l'application Fizziq Instruments de musique ou sons préenregistrés
<b>Phénomènes ou notions approchés</b>	La sensation auditive d'aigu ou de grave Fréquence du signal son Limite des sons audibles
<b>Lexique</b>	Fréquence sonore

## Défi lancé aux élèves

**« Marlène s'interroge sur la nature du son car elle a remarqué que son enceinte vibre différemment quand elle écoute des sons aigus ou des sons graves.**

**Sur ton téléphone, quels capteurs peuvent t'aider à lui expliquer ses observations ?**

**Pour t'aider à expliquer le phénomène, tu chercheras à montrer s'il existe une différence entre les vibrations émises par une guitare par exemple (ou par une flûte, un piano...) selon les notes jouées. »**

Une fois le défi lancé, vous pouvez laisser une dizaine de minutes aux élèves pour qu'ils explorent l'application (individuellement ou en groupe selon le nombre de téléphones ou tablettes à disposition) et choisissent le capteur qui leur semble pertinent d'utiliser.

Des prolongements sont proposés pour travailler sur les limites des sons audibles par l'homme et/ou sur le lien avec les sons purs ou complexes.

## Remarque

Pour ce défi, vous pourrez choisir les différents sons que vous souhaitez faire comparer aux élèves : soit des sons « joués » avec un instrument de musique (lien à envisager avec l'enseignant d'Education musicale), soit des sons provenant de la banque de sons préenregistrés dans l'application FizziQ (dans l'onglet « outils »).

Il est certainement très intéressant de travailler cette notion en lien avec le professeur d'Education Musicale au collège.

# Prérequis éventuels

La durée de ce défi dépendra de la maîtrise de l'application par les élèves

## Remarques pédagogiques :

- Il y a diverses manières de faire prendre conscience aux élèves que le son est dû à la vibration de la matière : en mettant sa main sur une enceinte (comme proposé dans ce défi) ou en y posant des petits morceaux de polystyrène. Il est également possible d'observer les vaguelettes créées à l'intérieur d'un objet rempli d'eau que l'on fait « tinter »... ou même d'un « bol tibétain »... Cela permet de comprendre le lien entre la fréquence de l'onde sonore et la mesure de la fréquence réalisée avec l'application FizziQ.
- Cette activité permet ainsi, soit d'amorcer la notion de fréquence soit de l'utiliser après l'avoir étudié au préalable. De plus cela peut permettre de comprendre que le son est une onde mécanique qui se propage de l'air et dans tout milieu matériel depuis sa source d'émission.

## Remarques techniques :

Si c'est la première fois qu'ils l'utilisent, il serait utile de leur présenter l'application et les différentes possibilités qu'elle offre. Voici quelques pistes de découverte :

- Présenter les capteurs de la tablette ou des téléphones accessibles par les élèves.
- Montrer que l'on peut enregistrer ses mesures et les mettre dans un « cahier d'expérience ».
- Insister sur l'importance de commenter les mesures faites en utilisant le « clavier » pour ajouter ses observations, son protocole, ses éventuelles conclusions...
- Indiquer que l'on peut ajouter à son cahier une photo de son expérience quand cela semble utile (cela remplace alors le « schéma » de l'expérience réalisée). Cette photo ne devra pas comporter de visage reconnaissable de leurs camarades (droits à l'image) et pourra être commentée en utilisant le « clavier ».
- Insister sur la possibilité de « zoomer » sur une partie de l'enregistrement réalisé.
- Indiquer enfin comment partager son cahier avec l'enseignant à la fin de l'expérience si cela semble pertinent.
- Indiquer la possibilité de partager son cahier avec d'autres camarades et ainsi pouvoir réaliser un travail de groupe (pour les plus rapides, par exemple quand les expériences sont réalisées en dehors de la classe).
- Les indications sur les appareils de mesure se retrouvent également directement dans l'application quand on ouvre un appareil de mesure en allant dans le « i » (en haut à droite de l'écran).
- L'application étant toujours en développement, de nouveaux appareils de mesures vont être développés, vous retrouverez donc les informations concernant ces outils dans l'application directement.

# Aides

Ces aides sont à destination des enseignants ou des élèves.

Vous pouvez envisager différentes manières de vous en servir :

- Les « lire » aux élèves (en les reformulant éventuellement) au fur et à mesure de leur expérimentation.
- Les imprimer, les découper et les distribuer selon le besoin (par groupe par exemple).

## Liens vers quelques sites utiles et notice

- <https://www.fondation-lamap.org/fr/fizziq> : Vous retrouverez ici les différents documents pédagogiques proposés en lien avec l'utilisation de l'application FizziQ, notamment des défis pour les élèves que vous pouvez adapter en fonction de vos objectifs et de vos classes
- <https://www.fizziq.org/>: Vous y retrouverez notamment des protocoles donc vous pouvez vous inspirer pour créer vos propres protocoles
- <https://www.youtube.com/channel/UCa3FIR94qwb3iaohwjGzchw/featured> : Vous y trouverez des vidéos de moins de 2 min chacune permettant une prise en main rapide de l'application.

Vous trouverez ci-dessous les informations concernant les mesures réalisables dans le cadre de ce défi avec le capteur "microphone" des tablettes ou téléphones. Le niveau d'explication que vous trouverez ici est plutôt adapté à des adultes souhaitant comprendre la manière dont les capteurs fonctionnent. Pour les élèves, le choix peut être de les laisser explorer les différents outils et appareils de mesure si vous en avez le temps. Leur rapidité de prise en main dépendra de la connaissance qu'ils ont de l'application (si Fizziq a déjà été utilisée au cours d'un autre moment de classe).

## Outil 1 : le fréquencemètre (Microphone-fréquence)

La fréquence d'un signal correspond au nombre de répétitions par secondes du motif élémentaire qui le compose. Elle est exprimée en hertz, noté Hz.

Un son est en général composé de plusieurs sons purs ayant différentes fréquences. Le fréquencemètre donne la fréquence de plus forte intensité parmi toutes les fréquences qui le composent : la fréquence dominante.

### Remarque

Pour calculer cette fréquence, le fréquencemètre enregistre le son du microphone sur de petits intervalles de temps. Puis, en utilisant un processus mathématique appelé la transformation de Fourier, il calcule les fréquences de tous les sons purs et le niveau sonore de ces sons. Il en déduit alors le son dominant qui est la fréquence ayant la plus forte intensité sonore.

Il est prévu qu'une prochaine version donne systématiquement la fréquence du fondamental afin de ne pas avoir (quelquefois) la fréquence de l'harmonique de plus grande amplitude. Quand cette modification sera effective, nous l'indiquerons dans l'information du capteur sur l'application. Nous intégrerons alors un nouvel instrument de mesure permettant d'afficher la « note » entendue puisque cette note dépend directement de la fréquence du fondamental (par exemple, un La3 correspond à une fréquence du fondamental de 440 Hz).

### Précision

Entre 50Hz et 6000Hz, la précision de la fréquence mesurée est très bonne (de l'ordre de l'unité) par contre, au-delà, elle n'est pas exploitable du fait de la fréquence d'échantillonnage des mesures.

## Outil 2 : Spectre de fréquences (Microphone-spectre)

Contrairement au fréquencemètre qui ne donne que la fréquence dominante d'un son (ou celle de son fondamental selon les versions), le spectre sonore détaille l'ensemble des fréquences qui le composent. Cet outil permet ainsi de décrire précisément les caractéristiques d'un son.

Plus le nombre de fréquences qui composent la note est important, plus le son est dit « riche ». Cela contribue au « timbre » d'un instrument.

### Remarque

Les fréquences sont exprimées en hertz, noté Hz. L'amplitude est exprimée en pourcentage de l'amplitude maximum qu'est capable de détecter le microphone.

### Précision

Les données sont actualisées toutes les 0,5 secondes.

Les fréquences affichées sont limitées entre 50Hz et 5500Hz du fait de la fréquence d'échantillonnage des mesures avec un affichage (type histogramme de largeur 20 Hz).

## Réalisation du défi

### Avant de répondre au défi....

Il est possible de demander aux élèves de chercher où se trouve le microphone qui va permettre de réaliser les mesures et de trouver un moyen simple de vérifier qu'il se situe bien à l'endroit envisagé (voir défi « niveau sonore »).

### Points de vigilance:

Contrairement à l'utilisation du fréquencemètre qui mesure et affiche en continu la valeur de la fréquence du fondamental (ou de l'harmonique de plus forte intensité selon la version de l'application), le spectre audio prend une seule mesure du son à l'instant où l'utilisateur appuie sur « REC ».

## Aide 1 Utilisation du fréquencemètre

### Avantage

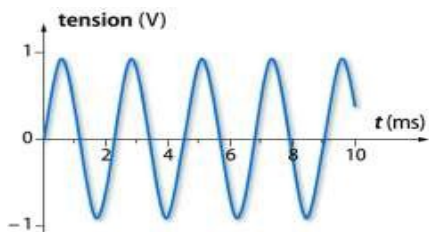
Très simple à mettre en œuvre.

### Rappel(s) éventuel(s)

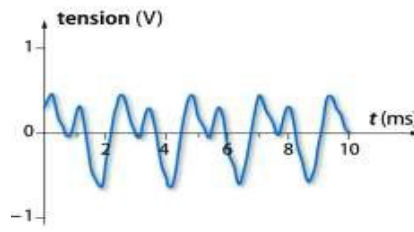
On peut rappeler les minimum et maximum des fréquences audibles par l'oreille humaine : fréquences comprises entre 20 Hz (fréquence la plus grave) et 20 000 Hz (fréquence la plus aiguë). Attention l'application FizziQ ne mesure correctement que des fréquences sonores comprises entre 50 et 6000 Hz (voir notices ci-dessus)

**Un son peut être pur ou complexe.**

Un microphone permet de transformer fidèlement une onde sonore en un signal électrique et d'en donner une représentation temporelle grâce à un système informatisé.



**signal obtenu avec le La3 d'un diapason**



**signal obtenu avec le La3 d'un piano**

Le son produit par le diapason est pur car le signal électrique correspondant est rigoureusement sinusoïdal ; le son produit par le piano est complexe (comme la plupart des sons).

Pour comprendre la constitution d'un son complexe, on peut réaliser son analyse spectrale (représentation de l'amplitude en fonction de la fréquence (Aide 2)).

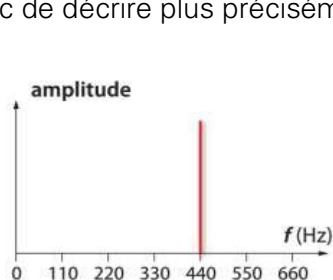
**Points de vigilance:**

Le fréquencemètre de l'application Fizziq enregistre le son reçu par le microphone et en déduit la fréquence du fondamental ou de l'harmonique ayant la plus forte intensité sonore (les notions de fréquence fondamentale ou d'harmonique sont définies dans l'aide 2). Attention, cela implique que, quelquefois, la fréquence indiquée par l'application Fizziq est un multiple entier de la fréquence du fondamental (Aide 2). Ce point pouvant être une difficulté pour certains, il sera modifié dans la prochaine version de l'application. En attendant, cela reste très intéressant de justement faire prendre conscience aux élèves qu'un appareil de mesure (quel qu'il soit !) a ses avantages et ses inconvénients (notamment sa plage de mesures, sa précision, ses limites...). Dans le cas qui nous intéresse ici, il est utile de « vérifier » que la valeur affichée en fréquence correspond bien à la plus petite fréquence émise en observant le spectre de fréquence (Aide 2)

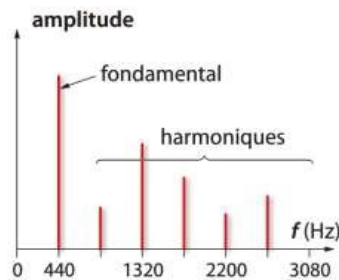
## Aide 2 Utilisation du spectre audio

Contrairement à un bruit, un son musical possède un caractère périodique, on peut donc lui associer une période et une fréquence.

Le spectre sonore obtenu avec l'application FizziQ détaille l'ensemble des fréquences qui composent un son. Cet outil permet donc de décrire plus précisément le son perçu.



**spectre du La3 d'un diapason**



**spectre du La3 d'un piano**

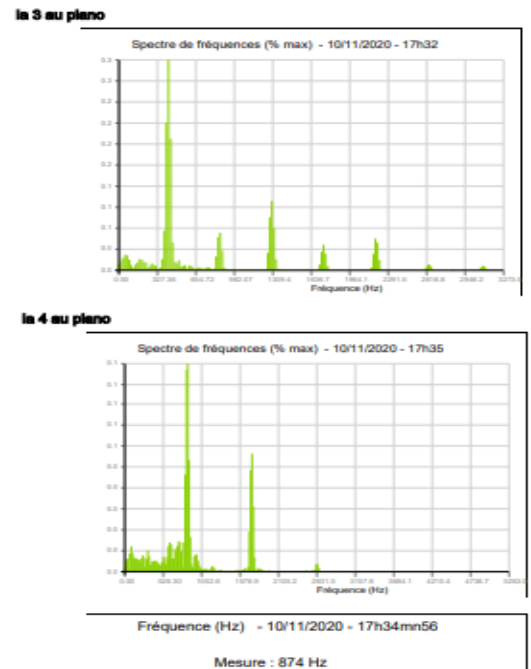
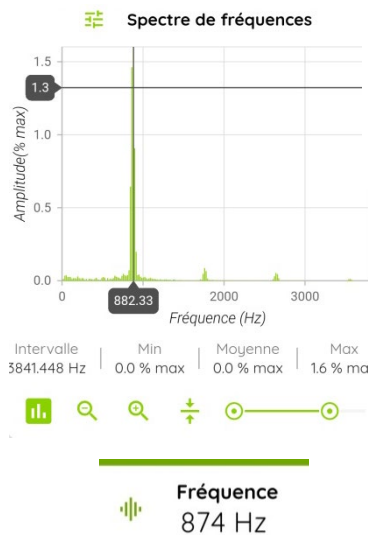
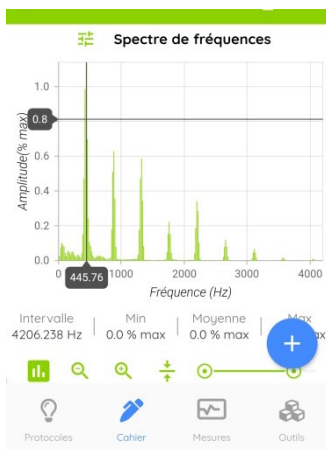
On constate que le spectre d'un son pur ne contient qu'un seul pic, alors que celui d'un son complexe en contient plusieurs (le fondamental et les harmoniques).

En 1822, Joseph Fourier montre que tout signal périodique de fréquence  $f_1$  (c'est la fréquence du fondamental) peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquence  $f_n$  (ce sont les fréquences des « harmoniques ») multiples de  $f_1$  :  $f_n = n \times f_1$

Physiologiquement, un son est donc caractérisé par

- son niveau sonore, lié à l'amplitude de l'onde ;
- sa hauteur (grave-aigu) liée à la fréquence de l'onde (celle du fondamental pour un son complexe) ;
- et son timbre, lié à la complexité de l'onde (richesse des harmoniques).

## Exemples de mesures



**Exemple d'écrans de l'application FizziQ**  
**La 3 au piano (à gauche) puis un La4 (au milieu). A droite, une partie du document pdf généré à partir du cahier d'expérience.**

Ici, on pourrait en déduire :

- Plus une note est aiguë (La 4 ici plus aiguë que La3... ça s'entend parfaitement à l'oreille), plus sa fréquence (en réalité la fréquence de sa « fondamentale ») est élevée : c'est la réponse attendue au défi, preuves à l'appui !
- Il y a une relation simple entre les fréquences affichées dans le spectre (voir ci-dessus :  $f_n = n \times f_1$ )
- Les sons sont plus riches quand ils possèdent plus d'harmoniques, on dit également qu'ils sont complexes : le « timbre » est différent selon le nombre et l'amplitudes des différentes fréquences composant une note.

La prise en main de l'application FizziQ est très intuitive. Sur l'écran ci-dessus, vous voyez que l'on peut enregistrer en jouant différentes notes au piano. L'élève peut ensuite, à l'aide de curseur en dessous du graphique enregistré, changer la plage d'observation en changeant les minimum et maximum sur les axes. Cela permet de ne garder que la partie des mesures qui nous intéresse pour conclure. Ils peuvent également supprimer les graphiques qui ne leur semblent pas pertinents, les changer de position les un par rapport aux autres...

Les élèves peuvent ensuite envoyer leur compte rendu (le cahier d'expérience) par l'outil de leur choix en créant un document pdf. Ils peuvent auparavant y ajouter une photo de leur protocole d'expérience, des commentaires et des conclusions. Ils peuvent également renommer tous les graphiques par un simple « clic » sur la partie à modifier...

## Important (sur tous les niveaux) : Précisions des mesures en sciences :

Le résultat d'une mesure est forcément un peu différent de la vraie valeur car une mesure n'est jamais parfaite.

Elle dépend non seulement de la personne qui a fait les mesures mais surtout de l'appareil de mesure lui-même (vous pouvez le constater en comparant les mesures prises avec différents appareils).

Répétée, la même mesure donne des valeurs proches mais différentes. Pour s'approcher de la vraie valeur, on calcule souvent la valeur moyenne.

## A retenir

La sensation auditive d'aigu ou de grave dépend de la fréquence du son qui se mesure en hertz (Hz). Celle-ci correspond à la rapidité des va-et-vient de la surface vibrante de la source.

Un objet produisant un son est appelé une **source sonore**.

## Prolongements possibles :

- Mesurer les limites du spectre audible d'une personne (en utilisant un synthétiseur de fréquence, par exemple), les comparer entre différents élèves et entre des personnes d'âges différents (les hautes fréquences sont de moins en moins bien perçues avec l'âge, il peut être facile de faire une lecture de document par exemple sur le « Mosquito », marque déposée d'un dispositif de harcèlement acoustique qui émet des sons à très haute fréquence destinés à disperser les groupes d'adolescents...).
- Défi sur « son pur- son complexe » autour des « voyelles » chantées. (nécessité d'employer le « spectre audio » pour travailler des notions plus complexes : timbre, hauteur, fondamentale, harmonique ... )
- Faire accorder un instrument (guitare par exemple) en fournissant une table de correspondance des notes en fonction de la fréquence du fondamental
- Réaliser un instrument (type flûte de pan ou instrument à cordes)
- Etude des différentes gammes, des notes (lien avec histoire de la musique possible)
- Vérifier que certaines fréquences se propage différemment à travers les « isolants » : en effet, un son grave (basse fréquence) est moins atténué à travers une paroi simple que les son aigu , ce questionnement peut être mené en lien avec le défi « niveau sonore ». On peut par exemple produire un son grave (dans « les outils » de FizziQ) à un certain niveau sonore et regarder quelle est l'efficacité d'un obstacle en bois sur sa propagation, puis comparer (à niveau sonore émis identique) avec un son beaucoup plus aigu.

## Programmes officiels du cycle 4

### Signaux

Caractériser différents types de signaux (lumineux, sonores, radio...). Utiliser les propriétés de ces signaux.

### *Signaux sonores*

Notion de fréquence : sons audibles, infrasons et ultrasons.

Ex : Les exemples abordés privilégient les phénomènes naturels et les dispositifs concrets

---

## Auteur

Aline CHAILLOU

## Remerciements

Christophe CHAZOT, Antoine HUPELIER

En partenariat avec Trapeze.digital



## Date de publication

Novembre 2020

## Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



*Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.*

## Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75 006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

Site : [www.fondation-lamap.org](http://www.fondation-lamap.org)

