

Le timbre d'un instrument

Défi

Education musicale et Physique /
Son

Collège / Lycée



Mise en garde : Nous insistons sur le fait que cette ressource pédagogique est proposée dans le but d'être relue et testée dans un contexte de classe. Ce n'est pas la version définitive qui apparaîtra sur le site de la Fondation *La main à la pâte*. Suite à votre test, merci de nous faire part de vos remarques en nous retournant la fiche d'observation* complétée. Nous vous demandons également de ne pas diffuser ce document pour un autre usage que le test lui-même.

**disponible en téléchargement dans l'espace « Participez / Testez nos nouvelles ressources ! » du site*

Durée du défi	30 / 50 minutes
Matériel	Téléphone ou tablette avec l'application FizziQ
Phénomènes ou notions approchés	Timbre d'un son
Lexique	Son, fréquence, harmonique, musique, timbre d'un son, instrument

Défi lancé aux élèves

Trois amis musiciens accordent leurs instruments à l'aide d'un diapason La3 et discutent :

- Le hautbois : « J'ai le son le plus riche ! »
- Le guitariste : « Sûrement mais moi j'ai le son le plus pur ! »
- Le pianiste : « Ecoutez, c'est moi pour qui le La3 est le plus pur ! »

A votre avis, qu'est-ce que cela signifie ? Pour le comprendre, vous pouvez utiliser l'application FizziQ pour écouter les sons de ces trois amis (piano 1, hautbois, guitare) dans la bibliothèque de sons de l'onglet « Outils » et pour visualiser les caractéristiques de ces sons :

- leur amplitude,
- le spectre de fréquences des sons.

A la fin de ce document, vous trouverez différentes aides (pédagogiques et scientifiques) à distribuer (ou pas) à vos élèves en fonction des objectifs pédagogiques de votre séance.

Réalisation du défi

Avant de répondre au défi....

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), à l'aide de la fiche en annexes si les élèves ne sont pas déjà familiers avec l'utilisation de l'application.

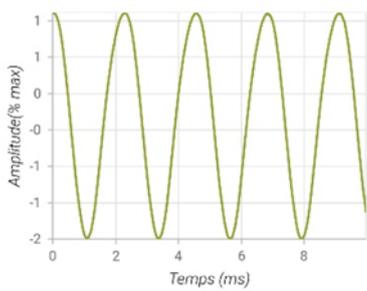
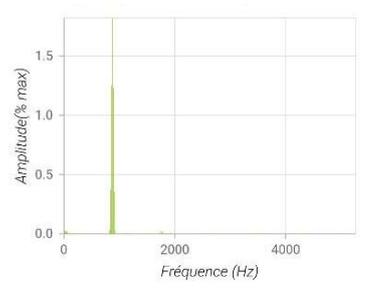
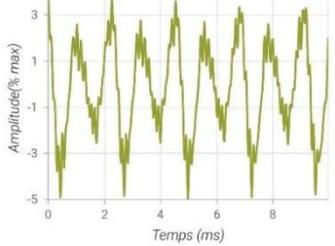
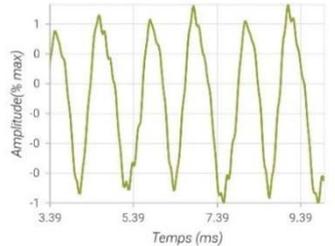
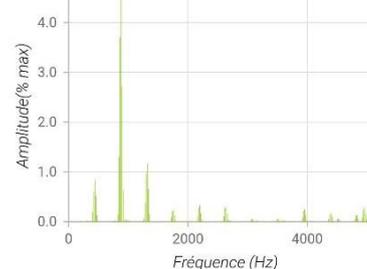
Vous pouvez guider les élèves en les invitant à comparer les mesures du diapason La 3 (dans la bibliothèque de sons) avec celles des instruments et à souligner les points communs et les différences observées.

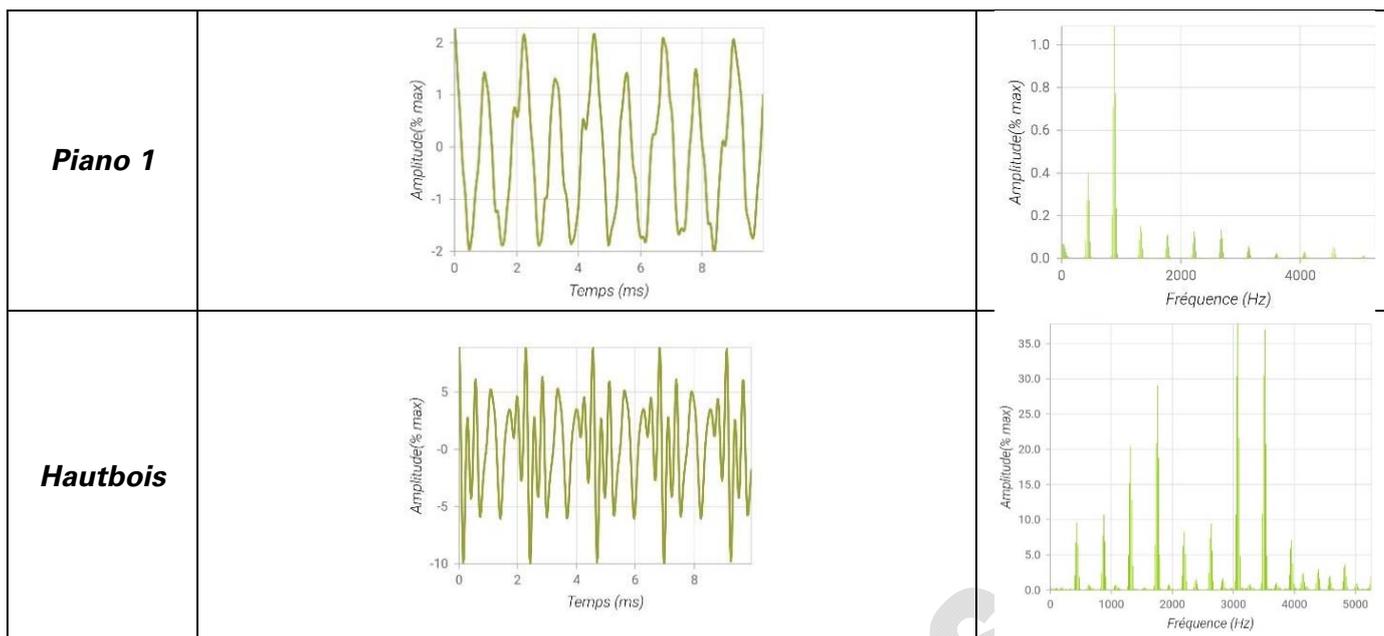
Points de vigilance :

- Vérifier que le volume des sons du téléphone est bien activé et assez audible.
- Faites attention à ce que les groupes d'élèves soient suffisamment espacés.
- Rappelez aux élèves de nommer les spectres dans le cahier d'observations car ils ont tendance à multiplier les mesures mais ne se souviennent pas toujours ce qu'ils ont fait !
- **ATTENTION** : Apple ne permet pas d'utiliser en même temps le haut-parleur (émettant le son) et le microphone (utilisé pour enregistrer et analyser le son) du téléphone. Les élèves utilisant des **iPhones** doivent donc **utiliser 2 téléphones** : un pour émettre le son à étudier, l'autre pour réaliser les mesures.

Exemples de mesures

En étudiant les sons pré-enregistrés dans la bibliothèque de sons de l'onglet « Outils » (diapason La 3, Guitare, Piano 1 et Hautbois), voici ce que l'on observe avec les appareils de mesures « Amplitude » (donnant l'oscillogramme du son) et « Spectre de fréquence » :

Instrument	Oscillogramme (Amplitude)	Spectre de fréquences
Diapason La 3	 <p>Amplitude(% max)</p> <p>Temps (ms)</p>	 <p>Amplitude(% max)</p> <p>Fréquence (Hz)</p>
Guitare	 <p>Amplitude(% max)</p> <p>Temps (ms)</p> <p>a) début de l'enregistrement</p>  <p>Amplitude(% max)</p> <p>Temps (ms)</p> <p>b) fin de l'enregistrement</p>	 <p>Amplitude(% max)</p> <p>Fréquence (Hz)</p>



 **Fréquence Fondamentale**

0.0 s	Diapason la3	440 Hz
18.6 s	Guitare	441 Hz
30.3 s	Hautbois	439 Hz
46.7 s	Piano 1	448 Hz

Remarque : en mesurant la fréquence fondamentale de ces 4 sons, on constate qu'ils sont tous à 440 Hz, ce qui correspond bien à la fréquence d'un La3.

Conclusion

Message à emporter

Le son émis par le diapason est un son pur, il émet une vibration sinusoïdale et il n'y a qu'un seul pic (c'est-à-dire, une seule fréquence) dans le spectre de fréquences de ce son. Les autres sons sont des sons complexes.

Le timbre d'un son est la sensation auditive liée à la forme de son signal.

La notion de timbre renvoie à la qualité et à la richesse du son : on parle du timbre d'un instrument de musique.

Le timbre est souvent considéré comme une signature caractérisant la source sonore, une sorte d'« empreinte sonore » : on reconnaît un instrument (ou une voix) par son timbre.

Remarque : L'Association américaine de normalisation (American Standards Association) donne du timbre la définition suivante : « le timbre est l'attribut de la sensation auditive qui permet à l'auditeur de différencier deux sons de même hauteur et de même intensité et présentés de façon similaire ».

Prolongements possibles

- Voir les autres défis proposés sur <https://www.fondation-lamap.org/fizziq>
- **Défi** : Réaliser une manipulation similaire (analyse spectrale) avec différents instruments de musique et ainsi comparer différentes notes (et donc fréquences fondamentales). On pourrait par exemple demander aux élèves les plus rapides ou lors d'un travail à la maison de dire si le musicien ayant la flûte ou le « piano 2 » ont bien accordé leur instrument : il se trouve que la flûte est un La 4 (à 880 Hz) et que le piano 2 est un La 2 (à 220 Hz). Ce prolongement peut être l'occasion d'introduire la notion de gamme et d'octave puisque les élèves auront ainsi des instruments jouant tous des « La » mais de différentes octaves.
- **Défi** : Accorder une guitare avec un diapason par exemple à l'aide de FizziQ et d'un tableau de correspondance entre la fréquence attendue de chaque corde à vide d'une guitare (et les notes jouées, par exemple).
- **[Enseignement scientifique / Lycée]** Travail sur les gammes et la culture musicale : amorcer le travail sur la notion d'harmonique et de sons harmonieux (travail sur les fréquences – lien avec les mathématiques). Travail sur les différentes fréquences puis, avec un apport historique, sur la gamme pythagoricienne, la quinte du loup, la gamme tempérée et sur des notions de musique à lier avec les fréquences étudiées : octave, tierce, quinte...
- **[Enseignement scientifique / Lycée]** Montrer l'évolution de la manière d'accorder les instruments selon les gammes employées (en lien avec l'existence de diapasons différents).
- **[Education musicale]** Travail sur l'aspect culturel de la musique : les shrutis utilisés en Inde, la musique orientale avec ses 24 notes par gamme.

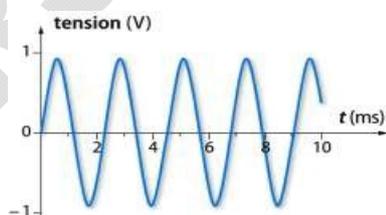
Aides

Ces aides sont à destination des enseignants ou des élèves. Vous pouvez envisager différentes manières de vous en servir :

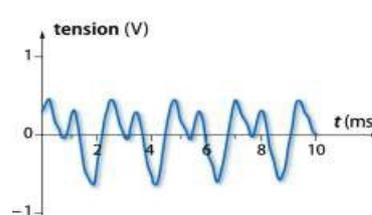
- Les « lire » aux élèves (en les reformulant éventuellement) au fur et à mesure de leur expérimentation.
- Les imprimer, les découper et les distribuer selon le besoin (par groupe par exemple).

Lien avec les sciences

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



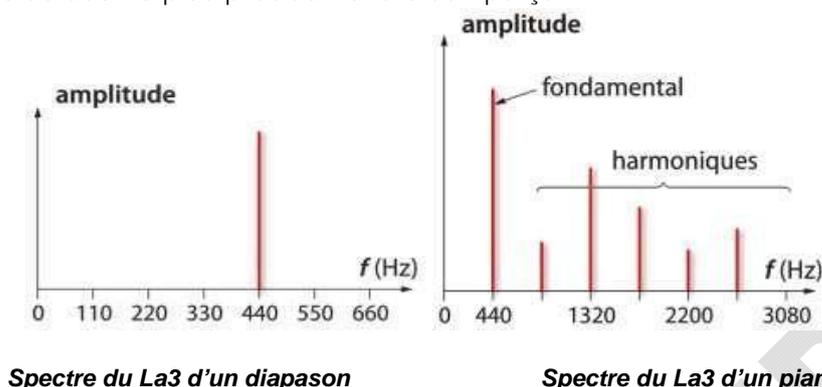
Signal obtenu avec le La3 d'un piano

Un son peut être pur ou complexe.

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).

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.



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 d'intensité sonore (L, en décibel), 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 forme du signal sonore et à la complexité de l'onde (richesse des harmoniques).

Liens vers quelques sites utiles et notice

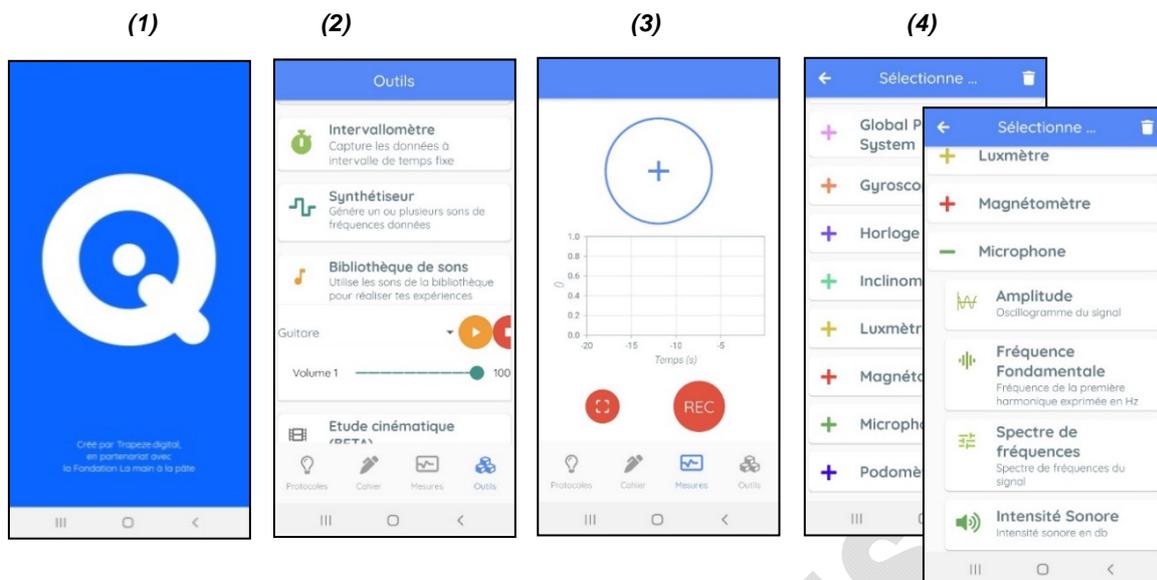
- <https://fondation-lamap.org/preparez-votre-classe/themes-pedagogiques-second-degre/application-fizziq> : Vous retrouverez ici les différents documents pédagogiques proposés en lien avec l'utilisation de l'application FizziQ, notamment des défis pour les élèves que vous pouvez adapter en fonction de 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.

Guidage pour les élèves (selon besoin) :

Ces documents pourront être distribués aux élèves pour gagner du temps s'ils sont bloqués, s'ils ne connaissent pas ou ne sont pas à l'aise avec l'application, et en particulier pour les aider à observer précisément les spectres obtenus pour en tirer des conclusions.

----- ✂ -----

Document 1 : Utilisation de FizziQ



- Ouvre l'application FizziQ **(1)**.
- Dans l'onglet « Outils » **(2)**, tu peux écouter le son des différents instruments, enregistrés dans la « Bibliothèque de sons » (pour ce défi : Diapason La 3, Guitare, Piano 1 et Hautbois).
- Pendant que tu écoutes un son, tu peux effectuer différentes mesures dans l'onglet « Mesures » **(3)**, en cliquant sur le  bouton puis en sélectionnant le capteur « Microphone » **(4)**.
- Tu peux enregistrer l'**Amplitude** d'un son au cours du temps : cette mesure est appelée « oscillogramme ». Le signal observé pour différents sons est-il toujours régulier ? Quelles sont les différences et les similitudes ?
- Tu peux également mesurer le nombre de répétitions d'un signal sonore par seconde (c'est la fréquence du son) en utilisant l'appareil de mesure « **Fréquence fondamentale** ».
- Enfin, tu peux utiliser l'instrument de mesure appelé « **Spectre de fréquences** » du son : le graphique représente l'ensemble des fréquences qui composent un son. Comment interprètes-tu les différences observées en comparant les spectres de fréquences pour les différents instruments ?

Document 2 : Diapason : définition du Larousse

nom masculin,

- Note dont la fréquence sert de référence pour l'accord des voix et des instruments.
 - Appareil producteur de cette note.
 - Oscillateur à deux branches en forme de U, vibrant à une fréquence stable
-

Document 3 : Histoire du diapason Wikipédia (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Diapason>)

On sait que la hauteur du diapason a beaucoup varié dans les siècles passés, et d'un lieu à l'autre. À défaut de diapason: la tonalité d'invitation à numéroter dutéléphonefixeenFrance a une fréquence de 440 Hz correspondant au La3 moderne.

Avant la normalisation de 1953, le « La3 ou La de référence » a pris toutes sortes de valeurs aussi arbitraires qu'imprévisibles.

Document 4 : Fréquences de quelques notes de musique

Note	Fréquence (Hz)	Note	Fréquence (Hz)
Si4	988	Si3	494
La4	880	La3	440
Sol4	784	Sol3	392
Fa4	698	Fa3	349
Mi4	659	Mi3	330
Ré4	587	Ré3	294
Do4	523	Do3	262

Auteurs

Pauline BACLE, Aline CHAILLOU

Remerciements

Antoine HUPELIER, Emmanuelle RUELLE

Cette ressource a été produite avec le soutien de CGI et de la Fondation Sciences Éducation Solidarité

CGI



SCIENCES
ÉDUCATION
SOLIDARITÉ

En partenariat avec Mediachimie et Trapèze.digital

FizziQ

Date de publication

[En cours d'écriture]

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

 **FONDATION**
La main à la pâte
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE