

Période et fréquence

Défi scientifique

Physique / son
Collège / lycée

Durée du défi	30 à 50 minutes
Matériel	Téléphone ou tablette avec l'application Fizziq (et selon les choix pédagogique : diapasons, instruments de musique type flûte, guitare...)
Phénomènes ou notions approchés	Comment définir les notions de période et de fréquence d'un signal : exemple d'un signal sonore pur (le diapason)
Lexique	Son, fréquence, période, harmonique, musique, timbre d'un son, Education musicale, enseignement scientifique au lycée

Défi lancé aux élèves

« En fouillant dans le grenier de ses grands-parents, Chloé découvre une petite boîte très ancienne qui contient trois diapasons. / Sur le diapason le plus ancien est écrit "Mozart", sur un autre "Philharmonic Pitch" et sur le plus récent "La3". En faisant sonner ces 3 diapasons, Chloé est surprise.... Ils n'ont pas l'air de produire la même note. Aidez la à comprendre d'où vient cette différence de perception et d'où peuvent venir (lieu et époque) chacun de ces diapasons. Vous pourrez pour cela utiliser les différents appareils de mesures du microphone de « FizziQ »

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

ATTENTION : Les Phones ne permettent pas d'écouter et de jouer un son en même temps, les élèves utilisant des tablettes ou téléphone Apple doivent donc **travailler avec les fichiers sons qui sont fournis** avec ce défi et les écouter sur un ordinateur par exemple **OU utiliser 2 téléphones** (un pour émettre le son à étudier, l'autre pour réaliser les mesures). Par contre il est possible d'écouter les sons des 3 diapasons sur les téléphones mais **il n'est pas possible de les analyser en même temps que le son du diapason est « joué » sur le même téléphone.... Cette fonctionnalité n'est pas disponible sur Apple.**

Prérequis éventuels

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

Il semble utile d'avoir préalablement réalisé l'un des autres défis proposés : « niveau sonore » ou « son grave ou aigu » afin d'avoir une meilleure compréhension globale de l'application FizziQ et du phénomène étudié ici (et ne pas ajouter la difficulté conceptuelle à celle technique d'une première prise en main).

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).

Outils :

Oscillogramme sonore (Microphone-amplitude)

Un oscillogramme donne une représentation temporelle d'un signal en mesurant les variations de son intensité (ou amplitude) dans le temps.

Les signaux périodiques et non périodiques peuvent être représentés par un oscillogramme, mais seuls ceux qui présentent une périodicité auront une représentation stable dans le temps.

Remarque

Pour créer l'oscillogramme, le smartphone enregistre le signal sur des petits intervalles de temps, puis synchronise ces enregistrements de façon à démarrer la séquence toujours au même endroit de celle-ci. Par exemple il peut débiter la séquence quand le maximum est atteint.

Précision

L'échelle de temps de l'oscillogramme est de 10 millisecondes. L'amplitude est exprimée en pourcentage de l'amplitude maximum qu'est capable de détecter le microphone.

Fréquence fondamentale (Microphone-fréquence fondamentale)

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 fréquences. FizziQ donne la fréquence du fondamental pour des fréquences comprises entre 50 Hz et 5000 Hz environ.

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 la fréquence du « fondamental »

Spectre de fréquences (Microphone-spectre)

Contrairement au fréquencemètre qui ne donne que la fréquence fondamentale, 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 (voir défi « niveau sonore »).

Points de vigilance:

- Vérifier que le volume des sons du téléphone est bien activé (c'est le volume des « médias » qui doit être au maximum ou assez audible).
- Pour les utilisateurs de l'application **sur Apple** (iPhone par exemple), il faut donc **travailler avec les fichiers sons qui sont fournis avec ce défi ou utiliser 2 téléphones (un pour « jouer » le son, et l'autre pour faire les mesures)** à partir du moment où vous souhaitez étudier les sons avec les appareils de mesure. En effet, Apple ne permet pas d'utiliser en même temps le haut-parleur du téléphone (émettant le son) et le microphone (utilisé pour enregistrer et analyser le son).
- Contrairement à l'utilisation du fréquencemètre qui mesure et affiche en continu la valeur de la fréquence du fondamental, le spectre audio prend une seule mesure du son à l'instant où l'utilisateur appuie sur « REC ».Rappelez leur qu'ils peuvent mettre des titres à leur enregistrements afin de se souvenir « quel diapason » était enregistré par exemple.

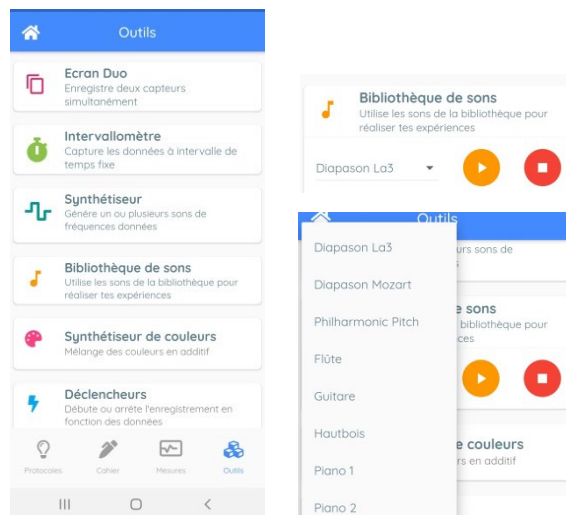
Exemples de mesures

Les valeurs des fréquences attendues sont :

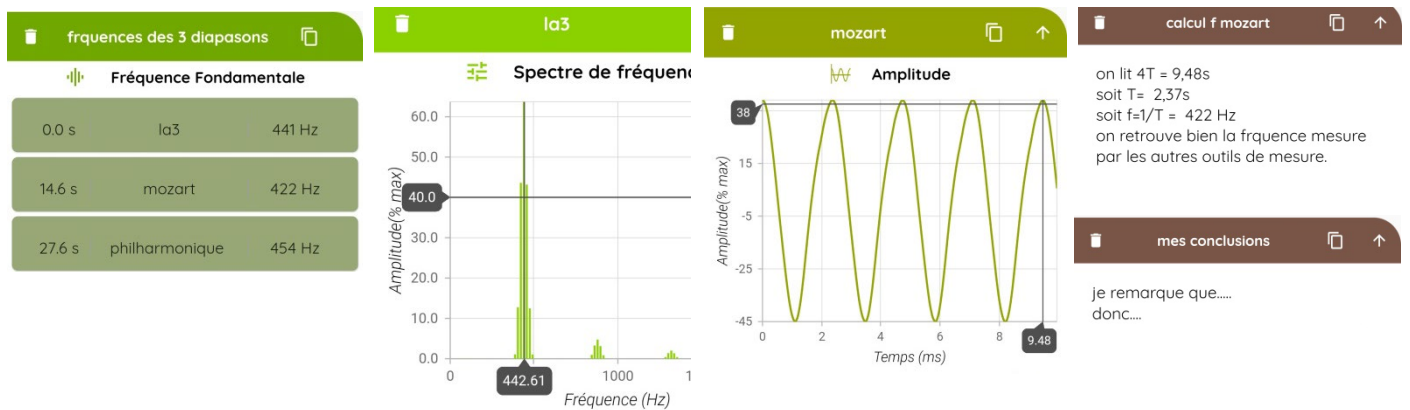
$f(la3) = 440 \text{ Hz}$

$f(\text{Mozart}) = 422 \text{ Hz}$

$f(\text{philharmonic Pitch}) = 454 \text{ Hz}$



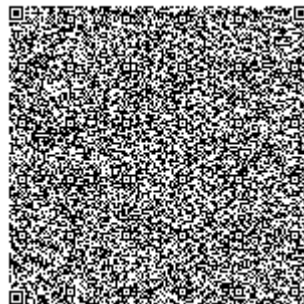
Ouvrir les sons préenregistrés des 3 diapasons de Chloé en allant dans les « Outils » (onglet en bas à droite) puis « bibliothèque de sons », ou, pour iPhone, ouvrir les fichiers son fournis sur le site de <https://www.fondation-lamap.org/fizziq> et écouter ce son à partir d'un autre téléphone, ou d'un ordinateur



3 types de mesures permettent d'obtenir la fréquence des diapasons :
Mesure de la fréquence fondamentale, affichage du spectre sonore (comme ce sont des sons purs, une seule fréquence apparait) et affichage de l'oscillogramme sonore qui permet de mesurer la période et d'en déduire la fréquence.

Exemple de document pour les élèves

TP Son - Les diapasons de Chloé

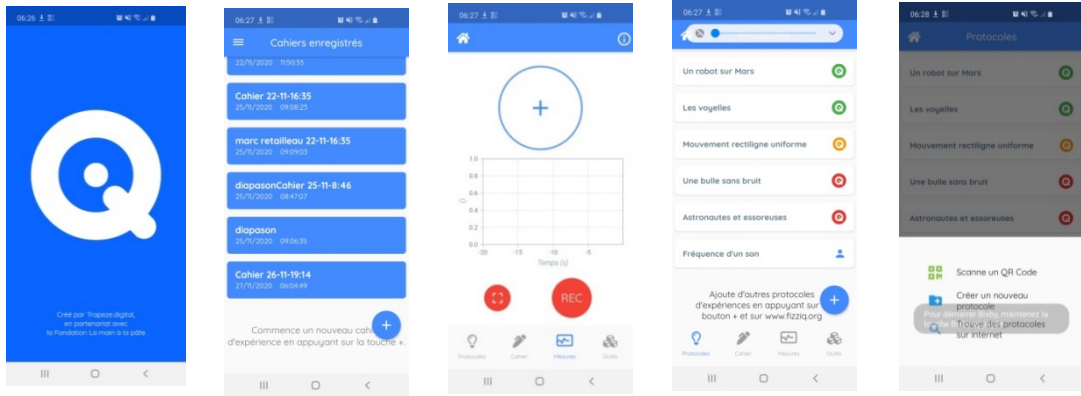


Ouvre FizziQ, Commence un nouveau cahier d'expérience (+ en bas à droite), clique sur « protocole » en bas à gauche , puis « ajoute d'autres protocoles... » et là... sélectionne « scanne un QR Code »... Tu scannes le QR code ci-dessus et c'est parti !!!

ATTENTION : Les Phones ne permettent pas d'écouter et de jouer un son en même temps.

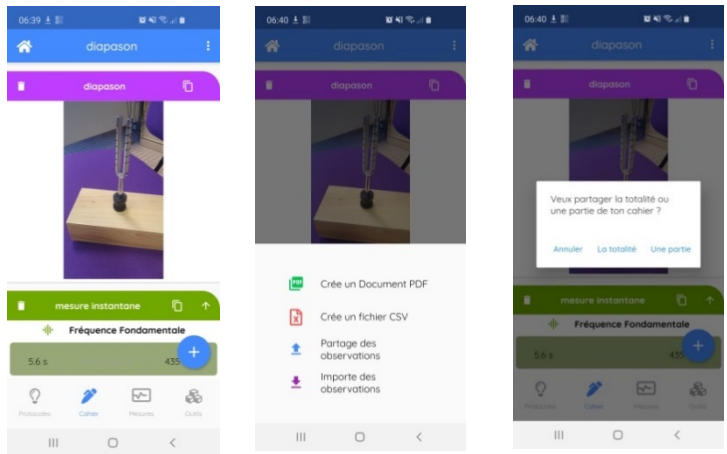
Si tu as un iPhone, il faut

- travailler avec les fichiers sons qui sont fournis avec ce défi et les écouter sur un ordinateur par exemple
- OU
- utiliser 2 téléphones (un pour émettre le son à étudier, l'autre pour réaliser les mesures).



J’attends ton compte rendu. Il doit m’être envoyé par mail au plus tard la veille du prochain cours !

ATTENTION : Renomme bien ton cahier et les différentes parties afin qu’on comprenne ce que tu fais et qui tu es! Si tu as des questions, envoie-les-moi sans attendre. Tu peux également me partager une partie de ton cahier si tu as des questions pratiques ou techniques (illustration ci-dessous) :



Aides

Doc1 : 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

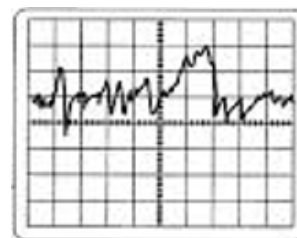
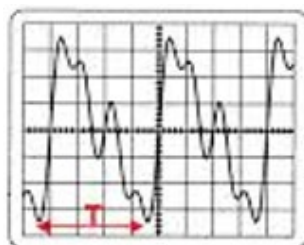
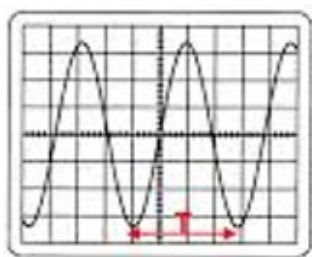
Doc 2 : Période et fréquences

Un signal périodique est la répétition d'un motif élémentaire. La période, notée T, est la durée d'un motif élémentaire. Un son musical est périodique alors qu'un bruit ne l'est pas.

La fréquence, notée f, est le nombre de périodes par seconde. Elle s'exprime en Hz. Elle correspond au nombre de motifs par seconde.

Relation entre période et fréquence :

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



Son pur, signal périodique sinusoïdal

Son complexe, périodique, non sinusoïdal

Son complexe (Bruit) : non périodique

Doc 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 du téléphone fixe en France 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.

Doc 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

Guidage pour les élèves selon besoin :

Ce « guidage » n'est pas fait pour être distribué aux élèves mais plutôt pour vous proposer des pistes quand les élèves sont bloqués (ce qui est peu probable car ils sont très à l'aise avec l'application) ou pour les aider à observer précisément les spectres obtenus pour en tirer des conclusions.

- A l'aide des « outils » de FizziQ, utilise le son du diapason enregistré dans la « bibliothèque de sons »
- Pendant que tu l'écoutes, enregistre son Amplitude au cours du temps (c'est son « oscillogramme »)
- Analyse le graphique. Que constates-tu ? Le signal est-il régulier ? Peux-tu dire qu'il est « périodique » ?
- Mesure le plus précisément possible la durée d'un signal : c'est ce qu'on appelle la période, elle se note T et s'exprime en secondes (s)
- Comment peux-tu gagner en précision sur cette mesure ?

(il est possible qu'il faille guider les élèves sur cette partie afin qu'ils aient l'idée de mesurer la durée de plusieurs « répétitions »... c'est là un moyen très simple de travailler dès le plus jeune âge sur la précision des mesures en sciences !)

- Maintenant, utilise le son du hautbois par exemple. Que constates-tu ? Quelles sont les différences ? Les similitudes ?
- Que peux-tu en conclure ?
- La fréquence de ce signal est le nombre de répétitions du signal par seconde, elle s'affiche quand on utilise l'appareil de mesure « fréquence fondamentale » de l'application FizziQ : mesure la fréquence fondamentale du diapason puis du Hautbois. Que constates-tu ?
- Voici différentes relations entre la période T et la fréquence fondamentale f, choisis, en justifiant, celle qui est juste : $f = 10 \cdot T$, $f = 1/T$, (... autres formules selon
- Afin de vérifier, tu peux renouveler l'expérience avec autant d'instruments (pré-enregistrés ou réels !) que tu le souhaites...

Texte « QR-Code »

Ce texte est celui qui a été utilisé pour créer le QR-Code dans le document pour les élèves, il est modifiable très simplement et sur Internet vous trouverez des « générateurs de QRCode », gratuits qui vous permettront de générer votre propre QR Code si vous souhaitez modifier le protocole proposé !)

FizziQ//Chloé et les diapasons//Un diapason sert à accorder un instrument mais ont-ils tous les mêmes caractéristiques?//En fouillant dans le grenier de ses grands-parents, Chloé découvre une petite boîte très ancienne qui contient trois diapasons.//Sur le diapason le plus ancien est écrit "Mozart", sur un autre "Philharmonic Pitch" et sur le plus récent "La3".//Sur FizziQ, tu peux retrouver les enregistrements de ces diapasons dans la Bibliothèque de Sons de l'onglet Outils. Ecoute les, que constates-tu ?//Quelles mesures peux-tu réaliser pour différencier ses sons ?//Pour l'un des appareils de mesure tu as sûrement besoin de ce rappel: un signal périodique est la répétition d'un motif élémentaire. La période, notée T (en seconde), est la durée d'un motif élémentaire. Un son musical est périodique alors qu'un bruit ne l'est pas. La fréquence, notée f, est le nombre de périodes par seconde. Elle s'exprime en Hz. La relation entre période et fréquence est : $f(\text{en Hz}) = 1/T(\text{en s})$.//Effectue au moins deux types de mesures différentes (il y en a 3 possibles avec

FizziQ) pour comparer les fréquences de chacun des diapasons et enregistre les informations dans ton cahier d'expérience. Tu pourras créer un Tableau pour rassembler tes résultats.//Rédige ensuite une conclusion qui te permettra de présenter à Chloé ses 3 diapasons, d'un point de vue à la fois scientifique et historique, tu peux pour cela effectuer des recherches et te servir des informations suivantes.//Les diapasons ont été inventés au XVIIIème siècle et leurs fréquences ont beaucoup évoluées avec le temps.// Au XIXème siècle, on accordait souvent en Angleterre les pianos avec le diapason « Philharmonic Pitch ».//Ce n'est qu'au milieu du XXème siècle que les instances internationales se sont accordées à définir la fréquence du La qui est maintenant utilisée dans le monde entier.//Chloé connaît maintenant mieux, grâce à toi, l'origine de sa découverte!

A retenir

Le son émis par le diapason est un son pur, il émet une vibration sinusoïdale.

Les autres sons sont des sons complexes, leur vibration n'est pas sinusoïdale mais peut être périodique.

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.

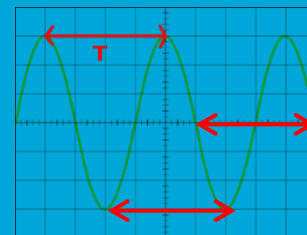
Pour déterminer la fréquence d'un son périodique, il faut :

-mesurer la période T du signal (plus petite durée au bout de laquelle le phénomène se reproduit identique à lui-même)-

-calculer la fréquence f (en Hz) à l'aide de la relation :

$$f = \frac{1}{T}$$

Hz → f T → s



Remarques :

- Pour gagner en précision, on peut mesurer la durée de plusieurs répétitions
- La fréquence correspond au nombre de répétitions en 1 s

Prolongements possibles :

- Voir les autres défis proposés sur <https://www.fondation-lamap.org/fizziq>
- Possibilité de réaliser une manipulation similaire (analyse spectrale) avec différents instruments de musique et ainsi comparer le timbre d'une même note réalisé avec les différents instruments.
- Créer un instrument (il existe des ressources académiques- par exemple sur l'académie d'Orléans-Tours- pour réaliser une kalimba à l'aide de baguettes chinoises par exemple, une manière originale de réutiliser les connaissances des élèves et développer leurs compétences transversales !
- 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 jouée par exemple).
- Travailler sur le timbre (voir défi « son pur – son complexe »).
- Programme d'enseignement scientifique au 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) : travaux sur les différentes fréquences puis, avec un apport historique, travail sur la gamme pythagoricienne, la quinte du loup, la gamme tempérée et travail sur des notions de musique à lier avec les fréquences étudiées : octave, tierce, quinte...

- Enseignement scientifique au lycée: montrer l'évolution de la manière d'accorder les instruments selon les gammes employées (lien avec existence de diapasons différents).
- En lien avec un enseignant d'éducation musicale ou de musique : travail sur l'aspect culturel de la musique : les shrutis utilisés en Indes ou la musique orientale avec ses 24 notes par gamme.

Programme officiel

Éducation musicale Cycle 3

Par le travail de la perception, celui de l'écoute de la musique, les élèves développent leurs capacités à percevoir des caractéristiques plus fines et des organisations plus complexes de la musique ; ils apprennent à identifier des relations, des ressemblances et des différences entre plusieurs œuvres. Manipulation d'objets sonores à l'aide d'outils numériques appropriés.

Éducation musicale Cycle 4

« Culture et création artistiques », « Sciences, technologie et société », en lien avec la technologie, la physique-chimie, les mathématiques, le français, les arts plastiques. L'impact des technologies et du numérique sur notre rapport à l'art ; aux sons, à la musique, à l'information.

Sciences physiques Cycle 4 et Seconde

Signaux sonores : Notion de fréquence : sons audibles, infrasons et ultrasons.

Croisements entre enseignements : En lien avec l'éducation musicale, Information et communication : signaux sonores (émetteurs et récepteurs sonores : micro...) signaux lumineux, signaux électriques.

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

