

LE SON : DÉCOUVERTE DE SES CARACTÉRISTIQUES

Au cours de cette activité, les élèves revisitent tout d'abord quelques points du programme de seconde en lien avec la sous-partie «émission et perception d'un son» grâce au visionnage d'un petit film assorti d'un questionnaire.

Puis, une deuxième partie expérimentale permet de situer sur un axe gradué en fréquences, les sons audibles, les infrasons et les ultrasons. Cette activité permet également de discerner les différentes hauteurs des sons audibles.

Ensuite, une partie expérimentale permet d'insister sur la distinction entre fréquence et intensité sonore.

Enfin, les élèves resituent le lien entre fréquence et note jouée par un instrument par l'intermédiaire de l'enregistrement d'un son puis d'une analyse sonore.

Thème

Analyser et diagnostiquer

Partie

Les ondes sonores dans le processus de l'audition

Question

Quelles sont les caractéristiques d'un son ?

Notions et contenus

Fréquence et hauteur d'un son -- Sons audibles -- Niveau d'intensité sonore (dB)

Connaissances et capacités exigibles

Connaître le domaine des fréquences audibles pour l'oreille humaine. Situer les ultrasons et les infrasons. Distinguer les sons graves, médiums et aigus. Réaliser et exploiter un enregistrement sonore pour déterminer les caractéristiques d'un son.

Compétence(s) dominante(s) de la démarche scientifique

S'approprier – réaliser – communiquer

Type d'activité

Démarche d'investigation documentaire et expérimentale.

Durée estimée : 1h25

Mots clés

Fréquence ; hauteur ; sons audibles ; niveau d'intensité sonore

Fiche professeur : Découverte des caractéristiques du son

Type d'activité et démarche pédagogique

Démarche d'investigation.

Situation de l'activité dans la progression

Séance d'ouverture du thème, en groupe.

Pré requis de la classe de seconde

- Émission et propagation d'un son.
- Vitesse de propagation d'un signal sonore.
- Fréquence, hauteur.
- Amplitude, intensité sonore, niveau d'intensité sonore.
- Échelle de niveaux d'intensité sonore.

Conseils de mise en œuvre

Matériel : Par groupe : haut-parleur, GBF, fils, sonomètre, 2 diapasons différents.

Nature et support de la production attendue

Écrit collaboratif.

Fiche élève : Quelles sont les caractéristiques d'un son ?

Objectifs

- Tracer expérimentalement un axe de fréquences et étudier la relation entre fréquence et niveau sonore.
- Enregistrer et exploiter le son produit par un instrument pour mettre en évidence les propriétés des sons.
- Écrire un compte rendu scientifiquement rigoureux, en collaboration avec les autres membres du groupe.

Les différentes caractéristiques d'un son

Les différents sons

Il existe 3 grandes catégories de sons :

- les sons audibles, perceptibles par l'oreille humaine. Parmi les sons audibles, on distingue trois hauteurs de sons : les sons graves, les sons mediums et les sons aigus ; les fréquences des sons mediums sont approximativement comprises entre 1 000 et 3 000 Hertz ;
- les infrasons qui permettent notamment aux éléphants de communiquer à grande distance, grâce à leur petite fréquence ; l'homme ne les entend pas ;
- les ultrasons, qui permettent par exemple à la chauve-souris ou au dauphin de se repérer dans leur milieu de vie caractérisé par l'absence de lumière.

Vous disposez d'un GBF et de plusieurs types de haut-parleurs.

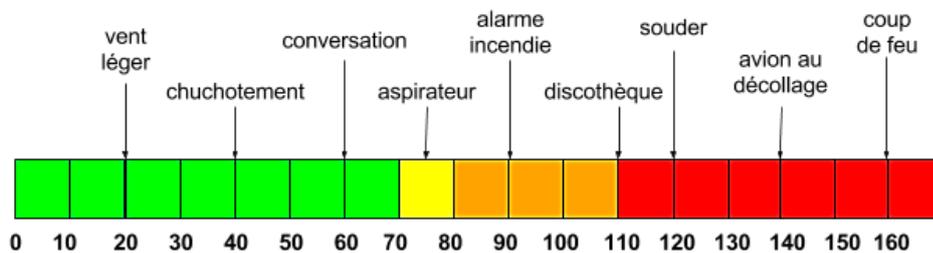
Retrouvez éduscol sur



Consigne

Placer les termes soulignés sur un axe gradué en fréquence. On précisera les limites de chaque domaine. Dans le compte rendu devront figurer :

- le principe de résolution ;
- le protocole de l'expérience ;
- une conclusion présentée sous la forme indiquée dans la consigne.

Fréquences et intensité sonore**Document 1 : échelle de niveaux d'intensité sonore (dB)****Échelle d'intensité en décibels (dB)**

- Niveau sonore reposant
- Niveau sonore fatigant
- Niveau sonore pénible
- Niveau sonore douloureux

La sensation auditive est liée à l'intensité des sons reçus et à leur fréquence. L'oreille est un récepteur acoustique très sensible qui détecte des sons dans une gamme d'intensité acoustique I très large (de $10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$, c'est le seuil d'audibilité, à environ 10^2 W.m^{-2} , c'est le seuil de douleur).

Comme ces valeurs sont difficiles à manipuler, on préfère utiliser le niveau d'intensité acoustique L , qui est mesuré en dB par un **sonomètre**.

Avec le même matériel que précédemment, complété par un sonomètre et un voltmètre, proposer une expérience permettant de répondre à la question suivante :

Existe-t-il une relation entre la fréquence d'un son et son intensité sonore ?

Remarques

- Le volume du son émis par le haut-parleur ne peut être changé qu'en faisant varier l'amplitude de sortie du signal du GBF, mesurée par un voltmètre.
- Les Haut-Parleurs qui sont à votre disposition ont un fonctionnement optimal entre 300 et 2 500 Hz.

Compte rendu

- Énoncer des hypothèses quant à la question posée.
- Rédiger le protocole à suivre afin de tester les hypothèses énoncées.
- Conclure en fournissant une réponse argumentée à la question posée.

Retrouvez éducol sur



Étude d'un son particulier

Pour cette partie, vous réaliserez un compte-rendu sous forme numérique.

À l'aide des documents 2 et 3, répondre aux questions suivantes :

1. En utilisant le microphone et l'ordinateur, enregistrer le son produit par deux instruments (diapason, guitare...). Visualiser chaque signal avec le logiciel Audacity. Pour chaque signal, effectuer une copie d'écran à placer sur le compte-rendu (4 ou 5 périodes devront apparaître sur la courbe).
2. En utilisant le logiciel Audacity, déterminer la période de chaque signal. Une copie d'écran est attendue pour justifier la démarche utilisée.
3. En déduire la note jouée par chaque instrument.
4. Indiquer les caractéristiques du signal qui permettent de déterminer quel est le son le plus aigu ?

Documents

Document 2 : Fiche d'utilisation du logiciel Audacity

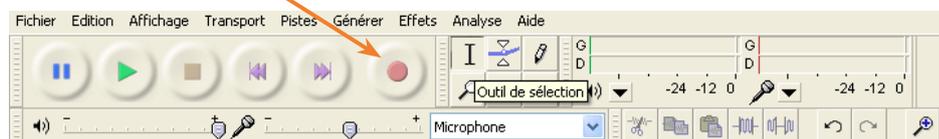
Présentation du logiciel Audacity

Audacity est un logiciel libre téléchargeable gratuitement sur internet.



Ce logiciel permet d'obtenir très rapidement et très facilement le spectre en fréquence d'un fichier audio.

Audacity peut lire des fichiers .mp3 et .wav, il permet l'enregistrement d'un fichier audio en cliquant sur l'icône :



On peut également ouvrir un fichier audio préalablement enregistré :

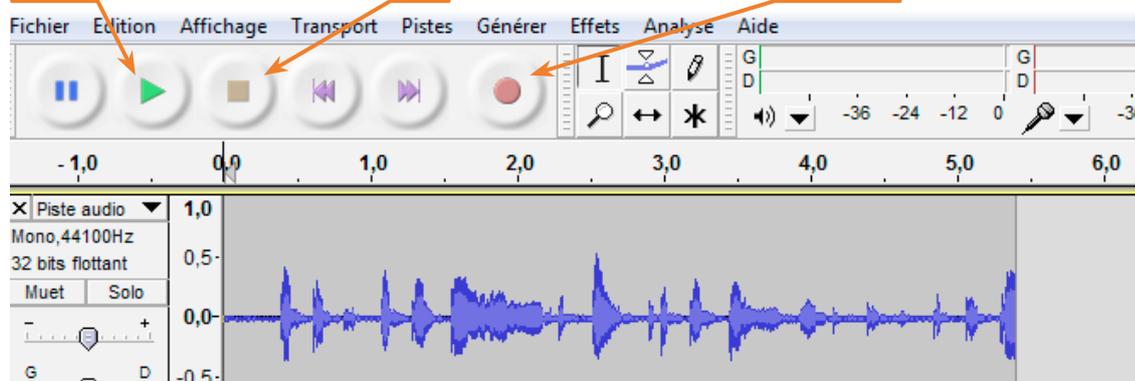
Fichier => Ouvrir (ou ctrl O)

Enregistrement d'un son

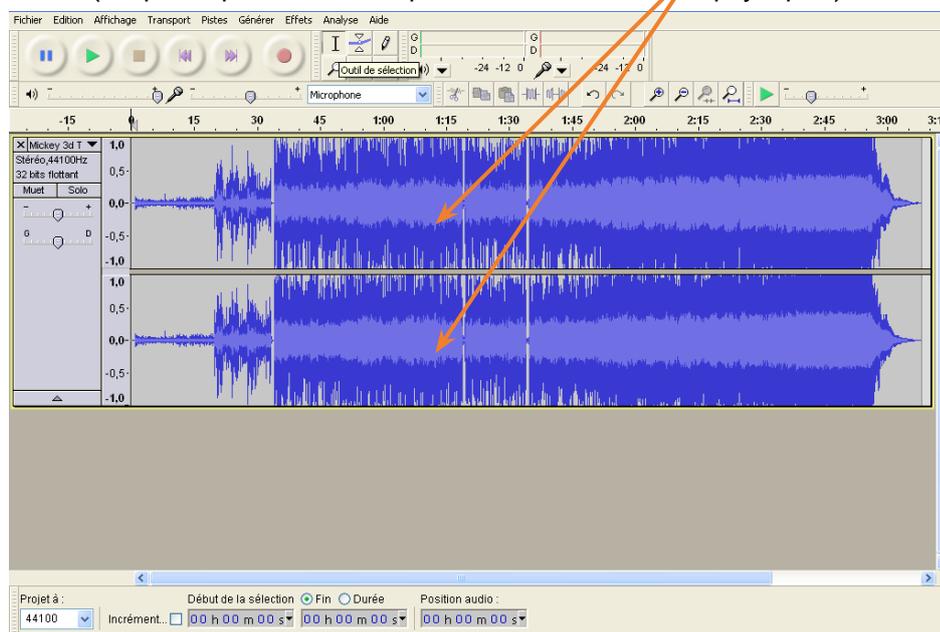
Lecture de l'enregistrement

Arrêt de l'enregistrement

Démarrage de l'enregistrement

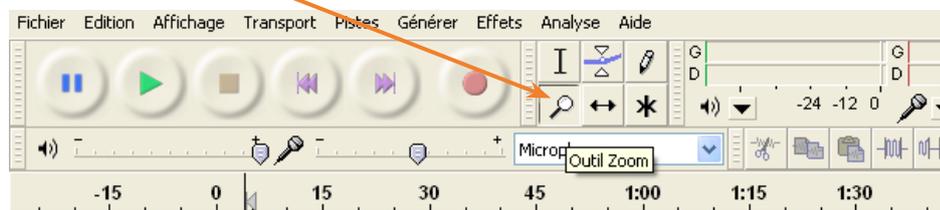


Le fichier actif apparaît sous la forme amplitude = $f(t)$, en **deux pistes** car s'il s'agit d'un fichier stéréo (ce qui est peu utile en ce qui concerne les sciences physiques).

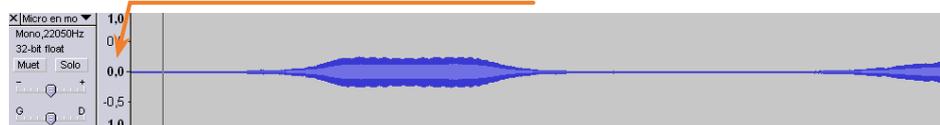


Fonctionnalités du logiciel

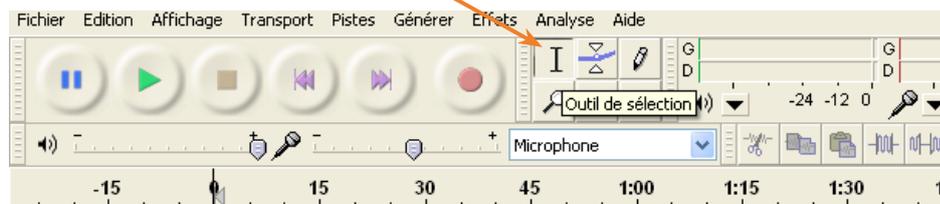
- Pour annuler un enregistrement, aller dans le Menu **Edition / annuler enregistrement**.
- L'outil **zoom** permet de modifier l'échelle des temps (axe des abscisses), en + sans appui sur la touche, en – avec appui sur la touche.



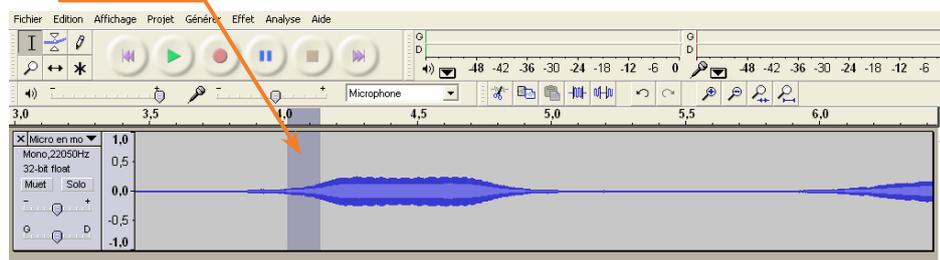
- Il est possible de dilater l'échelle verticale en plaçant la souris sur la **partie gauche de l'enregistrement**.



- En cliquant sur l'outil de **sélection**, il est possible de choisir une portion de l'enregistrement.



- Comme ceci



Cette portion peut être traitée pour en obtenir **le spectre en fréquence** : menu « analyse », sous menu « tracer le spectre ».

Le choix du nombre de points peut améliorer l'allure du spectre (4096 semble un bon compromis.), les trois autres choix par défauts : spectre, Hamming window et **fréquence linéaire** conviennent pour la plupart des situations.

Document 3 : Notes et fréquences

La gamme tempérée

Il existe une quantité de systèmes de gammes et/ou de tempéraments distincts : le système pythagoricien, la gamme de Zarlino, les tempéraments mésotoniques, les tempéraments inégaux, la gamme tempérée, etc.

Contrairement aux autres systèmes, la gamme tempérée est caractérisée par la division de l'octave en douze demi-tons parfaitement égaux.

Fréquence de référence

La fréquence du la_3 est fixée à 440 Hz.

Octaves

Le rapport des fréquences de deux notes à l'octave est de 2.

« Monter d'une octave » équivaut à « multiplier la fréquence par 2 ». Par exemple, fréquence du $la_3 = 440$ Hz ; fréquence du $la_4 = 880$ Hz ; fréquence du $la_5 = 1\ 760$ Hz ; etc.

« Descendre d'une octave » équivaut à « diviser la fréquence par 2 » : fréquence du $la_2 = 220$ Hz ; fréquence du $la_1 = 110$ Hz.

Table des fréquences en hertz

Note	Octave				
	1	2	3	4	5
Do	65,4064	130,813	261,626	523,251	1046,50
Do# Ré ^b	69,2957	138,591	277,183	554,365	1108,73
Ré	73,4162	146,832	293,665	587,330	1174,66
Ré# Mi ^b	77,7817	155,563	311,127	622,254	1244,51
Mi	82,4069	164,814	329,628	659,255	1318,51
Fa	87,3071	174,614	349,228	698,456	1396,91
Fa# Sol ^b	92,4986	184,997	369,994	739,989	1479,98
Sol	97,9989	195,998	391,995	783,991	1567,98
Sol# La ^b	103,026	207,652	415,305	830,609	1661,22
La	110,000	220,000	440,000	880,000	1760,00
La# Si ^b	116,541	233,082	466,164	932,328	1864,66
Si	123,471	246,949	493,883	987,767	1975,53

Éléments de correction de l'activité

Les différentes caractéristiques d'un son

1) Les différents sons

Les élèves utilisent un HP pour émettre un son. Ils utilisent le GBF pour faire varier la fréquence du signal.

Ils constatent déjà que le son devient plus aigu quand la fréquence augmente. Les limites étant données dans l'énoncé, ils en déduisent que les sons graves ont une borne haute à 1 000 Hz, les sons médiums sont donc entre 1 000 et 3 000 Hz ; quant aux sons aigus, ils se situent dans une gamme de fréquence supérieure à 3 000 Hz.

En baissant la fréquence et en choisissant un HP de BP adéquate, ils arriveront dans une zone de fréquence inaudible, les Infrasons (d'après l'énoncé qui précise que les infrasons ont une petite fréquence), en dessous de 20 Hz approximativement.

En augmentant la fréquence, ils constatent qu'ils arrivent dans des zones de fréquence inaudibles. Il sera alors bon d'utiliser un autre HP pour vérifier si cet état de fait est lié à la fréquence du signal ou à la Bande Passante du HP.

Retrouvez éduscol sur



Ils auront aussi à constater qu'ils n'ont pas la même sensibilité auditive à haute fréquence ; certains n'entendront plus à 15 000 Hz quand d'autres entendront jusqu'à 18 000 Hz.

En tout cas, ils auront à positionner une limite haute en fréquence au-delà de laquelle on parlera d'US.

Les attentes du compte-rendu

Que les élèves expliquent comment ils vont résoudre le problème.

Qu'ils présentent les expériences ci-dessus en quelques lignes. Un schéma de montage est attendu. Des observations doivent apparaître sur le compte-rendu (sons audibles, inaudibles, aigus ou non...) au fur et à mesure qu'ils font varier la fréquence.

Enfin, en conclusion, on attend le respect de la consigne de départ sur la forme :

20 Hz	1 000 Hz	3 000 Hz	20 000 Hz	Fréquence en Hertz
Infrasons	Sons graves	Sons médiums	Sons aigus	Ultrasons

2) Fréquences et Intensités sonores

Lors des hypothèses, on peut penser que les élèves diront que l'intensité sonore dépend de la fréquence, car les fréquences hautes sont moins agréables à l'oreille que les fréquences basses. Ils assimilent ainsi ressenti auditif et intensité sonore, et c'est justement cette conception qu'on cherche à combattre ici.

Pour le protocole, on attend que soit précisé que :

- l'intensité sonore sera mesurée avec un sonomètre
- les valeurs de fréquences seront lues sur le GBF
- l'amplitude du signal doit rester constante pour qu'elle n'influe pas sur l'intensité sonore. Cela sera réalisé grâce à un voltmètre branché aux bornes du GBF.

Il sera peut-être bon de prévoir des aides ponctuelles, notamment pour souligner l'existence de ces trois paramètres et la nécessité d'en garder un constant afin de mesurer l'influence de la fréquence sur l'intensité sonore. Le niveau sonore est mesuré en faisant varier la fréquence, l'amplitude du signal restant constante.

Un schéma du montage est attendu (GBF avec voltmètre à ses bornes, relié à un HP) ; un sonomètre mesure le niveau sonore.

On peut également attendre des élèves qu'ils précisent que le sonomètre doit garder une place fixe par rapport au HP, dans le but de ne pas intégrer un autre paramètre variable.

On pourra indiquer aux élèves qu'un bilan sous forme de tableau peut être intéressant :

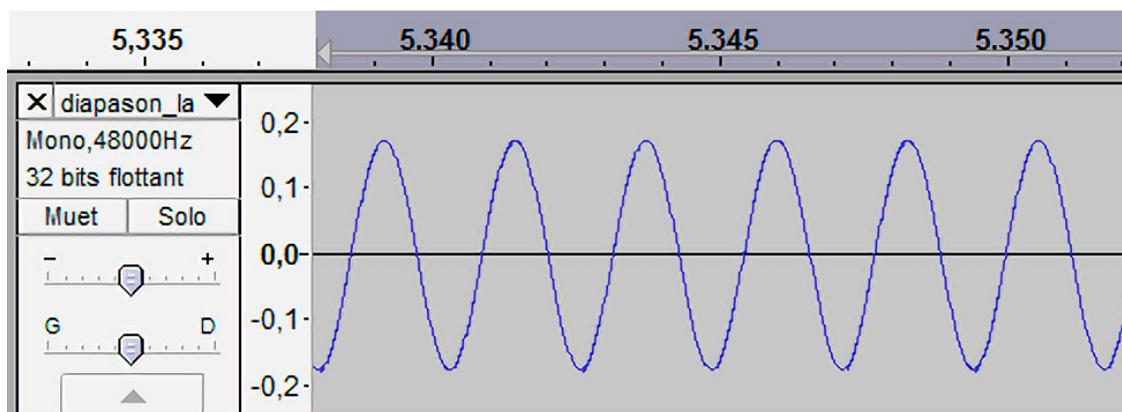
Fréquence (Hz)	300	400	...	1 000	...	2500
Tension sortie du GBF (V)	0,07	0,07		0,07		0,07
Niveau acoustique (dB)	80	81		80		80

Conclusion

- D'après les mesures réalisées, les élèves doivent arriver à la conclusion (contre-intuitive) que la fréquence n'influe pas sur l'intensité acoustique.
- En dépassant la BP du HP (environ 300 à 2 500 Hz), on se rend compte que le niveau acoustique s'effondre, alors que la tension de sortie du GBF reste constante.
On peut alors préciser que cela est lié à la zone de fréquences dans laquelle le HP n'a pas un fonctionnement « optimal » (cf énoncé).

3) Etude d'un son particulier

1°) Chaque élève travaille sur 4 ou 5 périodes de la courbe :



2°) Grâce aux outils d'Audacity, les élèves mesurent une période (sur une période ou plusieurs pour être plus précis).

3°) Ils calculent alors la fréquence à partir de la période mesurée précédemment (attention aux unités). Ils en déduisent la note à l'aide de la fiche fournie.

4°) Ils doivent ainsi vérifier que le son le plus aigu a la période la plus petite et la fréquence la plus élevée (donc l'octave la plus grande en cas de même note) ; on retrouve ainsi les conclusions d'une analyse des deux sons « à l'oreille ».