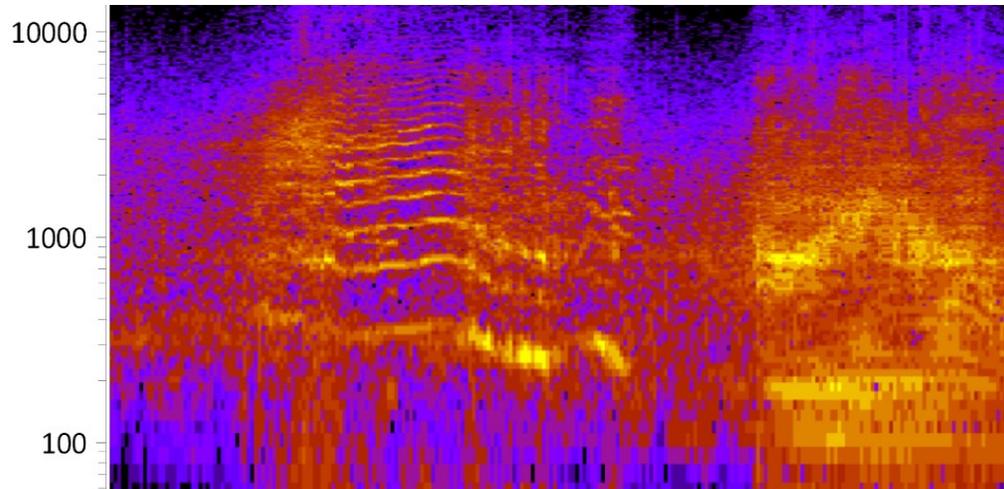
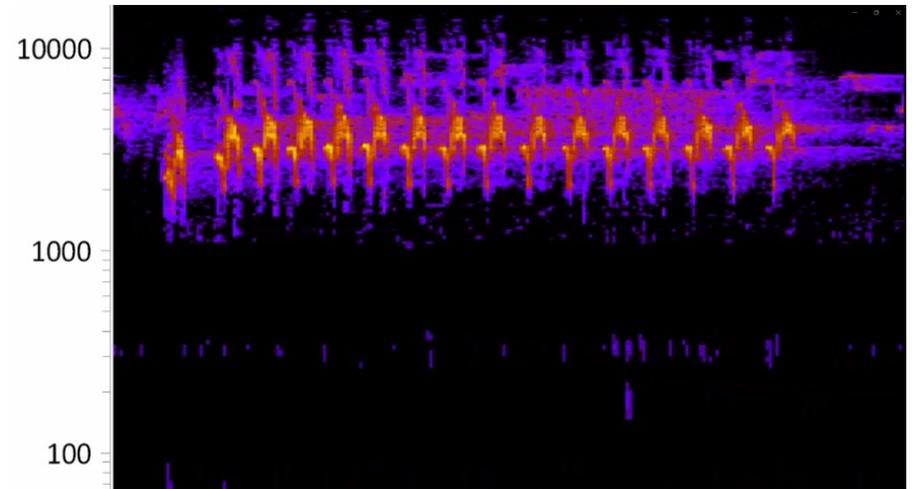


Atelier expérimental sur le son



[lien](#)



[lien](#)

Observer, expérimenter, mesurer, ... en classe de 4°

PLAN DE L'ATELIER

1. Introduction

1. le son, la vitesse du son
2. la fréquence, sons et ultrasons : quelle est la plus haute fréquence que l'on entend ?
3. le niveau sonore : les décibels, les risques pour l'oreille

[essai](#)

[essai](#)

2. Représentations du son :

1. en fonction du temps
2. en fonction de la fréquence : le spectre
3. en fonction du temps et de la fréquence : le spectrogramme ou sonagramme

[essai 3](#)

3. Analyse des sons

avec quels outils ?

1. étude de différents sons (sonagramme)

1. musique, chants d'oiseaux
2. (option) la réverbération dans une salle
3. (option) mesure d'une distance par décalage de temps entre une onde et son écho

[essai 4](#)

[exercice 5](#)

[essai 6](#)

[exercice 7](#)

2. reconnaissance des oiseaux par leur chant

planches et ressources : <http://onvaessayer.org?app=atelierSon>

[exercice 8](#)

PLAN DE L'ATELIER <http://onvaessayer.org?app=atelierSon>

1. Introduction <http://onvaessayer.org?video=atelierSon1>
 1. le son, la vitesse du son
 2. la fréquence, sons et ultrasons : quelle est la plus haute fréquence que l'on entend ?
 3. le niveau sonore : les décibels, les risques pour l'oreille
2. Représentations du son : <http://onvaessayer.org?video=atelierSon2>
 1. en fonction du temps
 2. en fonction de la fréquence : le spectre
 3. en fonction du temps et de la fréquence : le spectrogramme ou sonagramme
3. Analyse des sons
avec quels outils ?
 1. étude de différents sons (sonagramme)
 1. musique, chants d'oiseaux
 2. (option) la réverbération dans une salle
 3. (option) mesure d'une distance par décalage de temps entre une onde et son écho
 2. reconnaissance des oiseaux par leur chant <http://onvaessayer.org?video=atelierSon3>

PRÉPARATION : DISPOSITIF RÉDUIT, 1° PARTIE

- animateur/enseignant
 - un PC avec
 - accès internet, vidéo projecteur et Haut Parleur
 - partage d'écran du smartphone, par exemple avec "Vysor"
 - Option : "audacity" logiciel d'analyse du son
 - une enceinte bluetooth, une bougie et un entonnoir
 - un smartphone avec
 - sonomètre ou une appli sonomètre : Sound meter (playstore)



Option



PRÉPARATION : DISPOSITIF COMPLET

- animateur/enseignant
 - un PC avec
 - accès internet, vidéo projecteur et Haut Parleur
 - partage d'écran du smartphone, par exemple avec "Vysor"
 - Option : "audacity" logiciel d'analyse du son
 - une enceinte bluetooth, une bougie et un entonnoir
 - un smartphone avec
 - sonomètre ou une appli sonomètre : Sound meter (playstore)
 - appli birdNet ou merlin bird (reconnaissance des oiseaux)
 - analyseur de son : audio spectrum analyzer (ou spectroid)
 - Option : générateur de son : 'frequency sound generator' ou 'function generator'
- par groupe d'élèves (si vous les faites intervenir),
 - un smartphone avec la même configuration



Option ou
2° choix



ou



ou



ou



PRÉPARATION : MODE OPÉRATOIRE POUR LES ESSAIS

- récupérer le répertoire contenant les planches et les données (<http://onvaessayer.org?res=atelierSon>)
- lancer les essais depuis les planches en cliquant sur les liens
- les sons seront (sauf exceptions)
 - lus en local (répertoire "sons") ou sur internet (<https://onlinetonegenerator.com>)
 - et diffusés par le PC de l'animateur
- les séquences expérimentales délicates sont pré-enregistrées
 - il n'est pas indispensable d'installer audacity
- partager en vidéo le smartphone de l'animateur (avec [Vysor](#) ou équivalent)
- les smartphones 'élèves' ont un analyseur  et un sonomètre 
 - Prérégler la gamme de fréquence affichée
 - vérifier la cohérence ou la calibration des applications sonomètres



vérifier avant l'atelier (sur le PC utilisé) :

- les liens vers les adresses internet et les fichiers locaux (répertoire sons)
- la lecture des vidéos (depuis libre office)

PRÉPARATION : MODE OPÉRATOIRE POUR LES ESSAIS

- récupérer le répertoire contenant les planches et les données (<http://onvaessayer.org?res=atelierSon>)
- lancer les essais depuis les planches powerpoint (liens)
- les sons seront (sauf exceptions)
 - lus en local (répertoire "sons") ou sur internet (<https://onlinetonegenerator.com>)
 - et diffusés par le PC de l'animateur
- les séquences expérimentales délicates sont pré-enregistrées
 - il n'est pas indispensable d'installer audacity
- le smartphone de l'animateur doit être affiché en visio (avec [Vysor](#) ou équivalent)
- les smartphones 'élèves' (si utilisés) ont un analyseur  et un sonomètre 
 - La gamme de fréquence affichée avec  doit avoir été définie
 - L'appli sonomètre  doit avoir été calibrée, même de façon approximative



à vérifier avant l'atelier (sur le PC utilisé) :

- les liens : accès à internet et présence des fichiers utilisés (pas seulement le fichier powerpoint)
- La lecture des vidéos (depuis powerpoint)
- la configuration du sonomètre et de l'analyseur (si les élèves expérimentent)

PLAN DE L'ATELIER

1. Introduction

1. le son, la vitesse du son
2. la fréquence, sons et ultrasons : quelle est la plus haute fréquence que l'on entend ?
3. le niveau sonore : les décibels, les risques pour l'oreille

[essai](#)

[essai](#)

2. Représentations du son :

1. en fonction du temps
2. en fonction de la fréquence : le spectre
3. en fonction du temps et de la fréquence : le spectrogramme ou sonagramme

[essai 3](#)

3. Analyse des sons

avec quels outils ?

1. étude de différents sons (sonagramme)
 1. musique, chants d'oiseaux
 2. (option) la réverbération dans une salle
 3. (option) mesure d'une distance par décalage de temps entre une onde et son écho
2. reconnaissance des oiseaux par leur chant

[essai 4](#)

[exercice 5](#)

[essai 6](#)

[exercice 7](#)

planches et ressources : <http://onvaessayer.org?app=atelierSon>

[exercice 8](#)

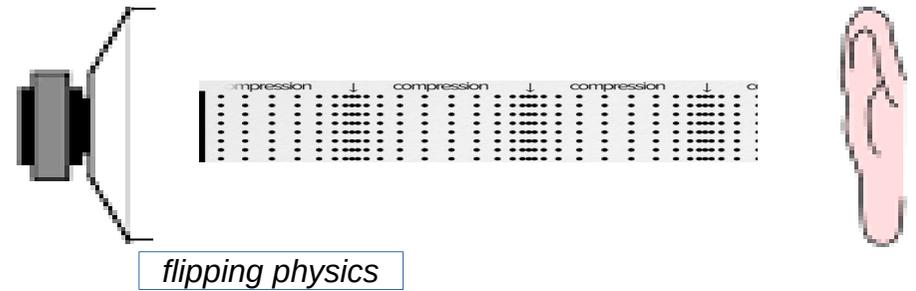
1. INTRODUCTION

- Le son est une vibration mécanique
 - la source peut être un haut parleur, une guitare, la voix, ...



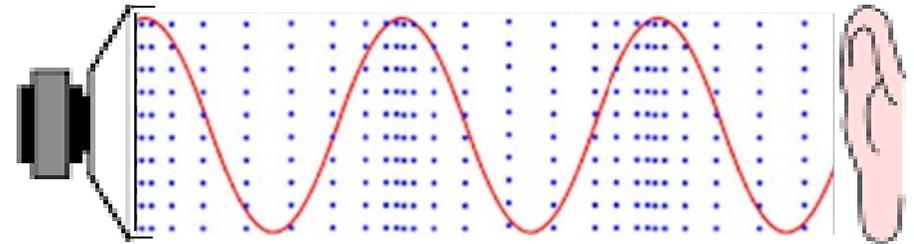
1. INTRODUCTION

- Le son est une vibration mécanique
 - la source peut être un haut parleur, une guitare, la voix
- cette vibration se propage à une vitesse qui dépend du milieu
 - 340 mètres/seconde dans l'air à 20°C
 - 1 500 mètres/seconde dans l'eau
 - jusqu'à 5 000 mètres/seconde dans un solide



1. INTRODUCTION

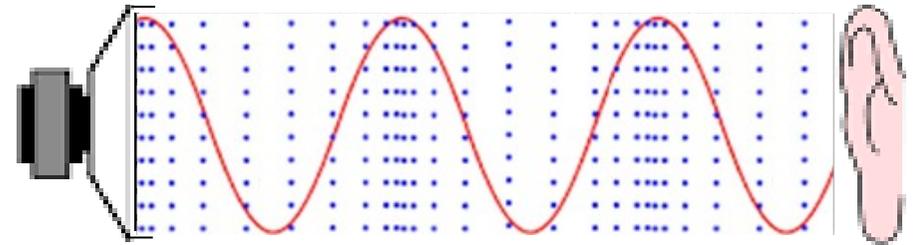
- Le son est une vibration mécanique
 - la source peut être un haut parleur, une guitare, la voix
 - cette vibration se propage à une vitesse qui dépend du milieu
 - 340 mètres/seconde dans l'air à 20°C
 - 1 500 mètres/seconde dans l'eau
 - jusqu'à 5 000 mètres/seconde dans un solide
- La **courbe** représente les variations de pression



1. INTRODUCTION

- Le son est une vibration mécanique
 - la source peut être un haut parleur, une guitare, la voix
- cette vibration se propage à une vitesse qui dépend du milieu
 - 340 mètres/seconde dans l'air à 20°C
 - 1 500 mètres/seconde dans l'eau
 - jusqu'à 5 000 mètres/seconde dans un solide

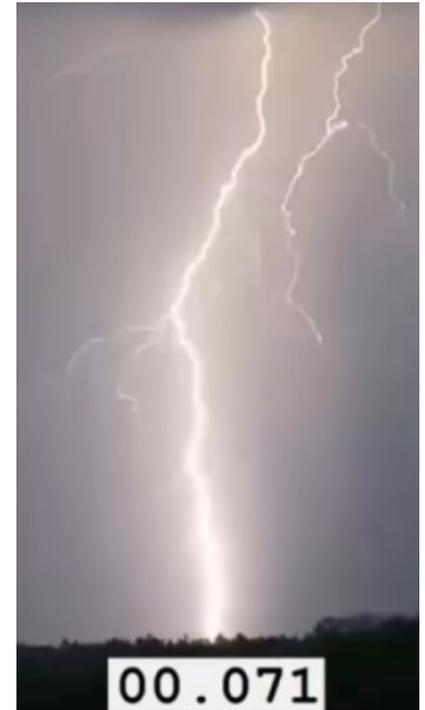
La **courbe** représente les variations de pression



- Questions
 - est-ce que c'est l'air qui se déplace à 340 m/s ?
 - est-ce que le son peut se propager dans le vide et pourquoi ?
 - le long d'une voie de chemin de fer, comment anticiper l'arrivée d'un train ?

1.1 LA VITESSE DU SON : EXERCICE

- **Exercice** : regardez la vidéo à droite
et calculez la distance à laquelle l'éclair est tombé
- **Protocole expérimental** :
 - si vous avez un smartphone utilisez un chronomètre, ou comptez de tête
 - commencez avec l'éclair, arrêtez au début du son
 - pour les experts : faites la moyenne de 3 mesures cohérentes
- **Discussion**
 - quel est le temps mesuré entre l'éclair et le son ?
 - Comment calculer la distance
sachant que la vitesse du son est de l'ordre de 340 m/s
la vitesse de la lumière 300 000 000 m/s



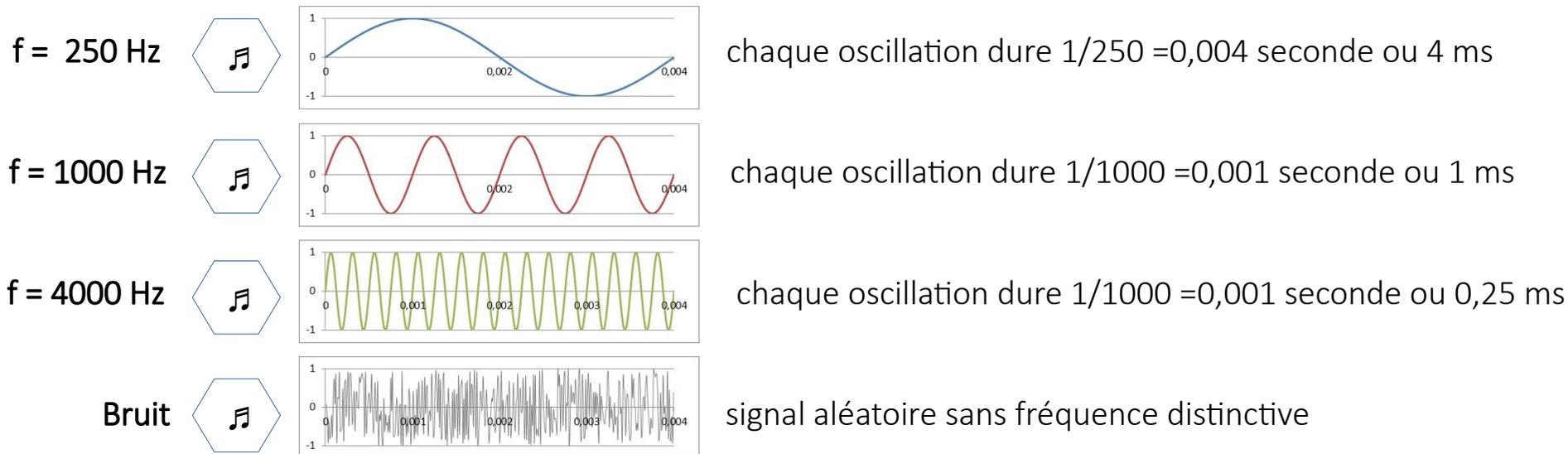
1.1 LA VITESSE DU SON : EXERCICE

- **Exercice** : regardez la vidéo à droite et calculez la distance à laquelle l'éclair est tombé
- **Protocole expérimental** :
 - si vous avez un smartphone utilisez un chronomètre, ou comptez de tête
 - commencer avec l'éclair, arrêter au début du son
 - pour les experts : faites la moyenne de 3 mesures cohérentes
- **Discussion**
 - quel est le temps mesuré entre l'éclair et le son ?
 - Comment calculer la distance sachant que la vitesse du son est de l'ordre de 340 m/s
la vitesse de la lumière 300 000 000 m/s
- **Travail de recherche**
 - Comment fonctionnent les capteurs de distance sur les petits robots programmables ?



1.2 LA FRÉQUENCE DU SON : GRAVES ET AIGUS

- La fréquence est le nombre de vibrations par seconde :

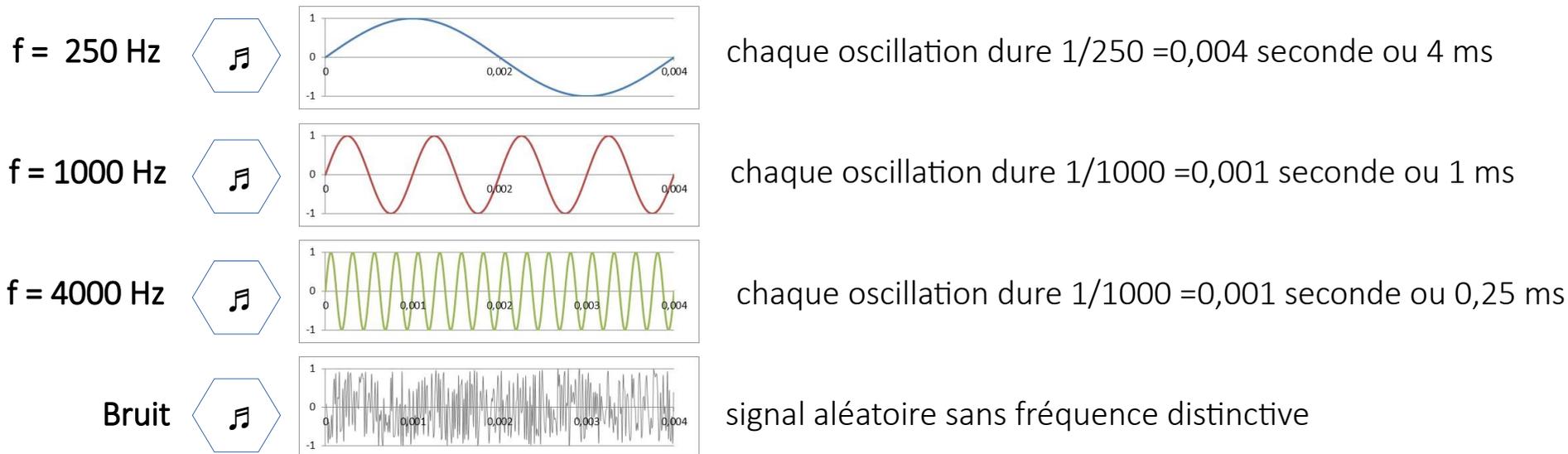


Exercice : Cliquer sur chaque haut parleur et écoutez l'onde correspondante

Question : voyez-vous un lien entre la fréquence et le fait qu'un son soit grave ou aigu ?

1.2 LA FRÉQUENCE DU SON : GRAVES ET AIGUS

- La fréquence est le nombre de vibrations par seconde :



Exercice : Cliquer sur chaque haut parleur et écoutez l'onde correspondante

Question : voyez-vous un lien entre la fréquence et le fait qu'un son soit grave ou aigu ?

1.2 LA FRÉQUENCE DU SON : GRAVES ET AIGUS, ULTRASONNS

- Les **sons** correspondent aux ondes acoustiques entre 20 Hz et 20 kHz, c'est la gamme des fréquences audibles par l'être humain
 - fréquences graves, de 20 à ~200 Hz,
 - fréquences moyennes de ~200 à ~2000 Hz
 - fréquences aigües de ~2000 à 20000 Hz

1.2 LA FRÉQUENCE : SONS GRAVES ET AIGUS, ULTRASONS

- Les **sons** correspondent aux ondes acoustiques entre 20 Hz et 20 kHz, c'est la gamme des fréquences audibles par l'être humain
 - fréquences graves, de 20 à ~200 Hz,
 - fréquences moyennes de ~200 à ~2000 Hz
 - fréquences aigües de ~2000 à 20000 Hz

essai 1

Émissions à
110, 220, 440,
880, 1760, 3520 Hz



<https://onlinetonegenerator.com/#generatorForm>

Exercice : cliquez à droite pour choisir et écouter différentes fréquences

1.2 LA FRÉQUENCE : SONS GRAVES ET AIGUS, ULTRASONS

- Les **sons** correspondent aux ondes acoustiques entre 20 Hz et 20 kHz, c'est la gamme des fréquences audibles par l'être humain
 - fréquences graves, de 20 à ~200 Hz,
 - fréquences moyennes de ~200 à ~2000 Hz
 - fréquences aigües de ~2000 à 20000 Hz
- Les **ultrasons** correspondent aux fréquences supérieures à 20kHz
Les infrasons correspondent aux fréquences inférieures à 20 Hz

essai 1

Émissions à
110, 220, 440,
880, 1760, 3520 Hz



<https://onlinetonegenerator.com/#generatorForm>

1.2 LA FRÉQUENCE : SONS GRAVES ET AIGUS, ULTRASONS

- Les **sons** correspondent aux ondes acoustiques entre 20 Hz et 20 kHz, c'est la gamme des fréquences audibles par l'être humain
 - fréquences graves, de 20 à ~200 Hz, essai 1
 - fréquences moyennes de ~200 à ~2000 Hz
 - fréquences aigües de ~2000 à 20000 Hz

- Les **ultrasons** correspondent aux fréquences supérieures à 20kHz
Les infrasons correspondent aux fréquences inférieures à 20 Hz

- Exercice : Quelles fréquences entendez-vous ? essai 2
- Discussion : les fréquences entendues dépendent de l'âge
elles sont différentes selon les animaux

Émissions à
110, 220, 440,
880, 1760, 3520 Hz



<https://onlinetonegenerator.com/#generatorForm>

Émissions à
21, 18, 15... 9 kHz

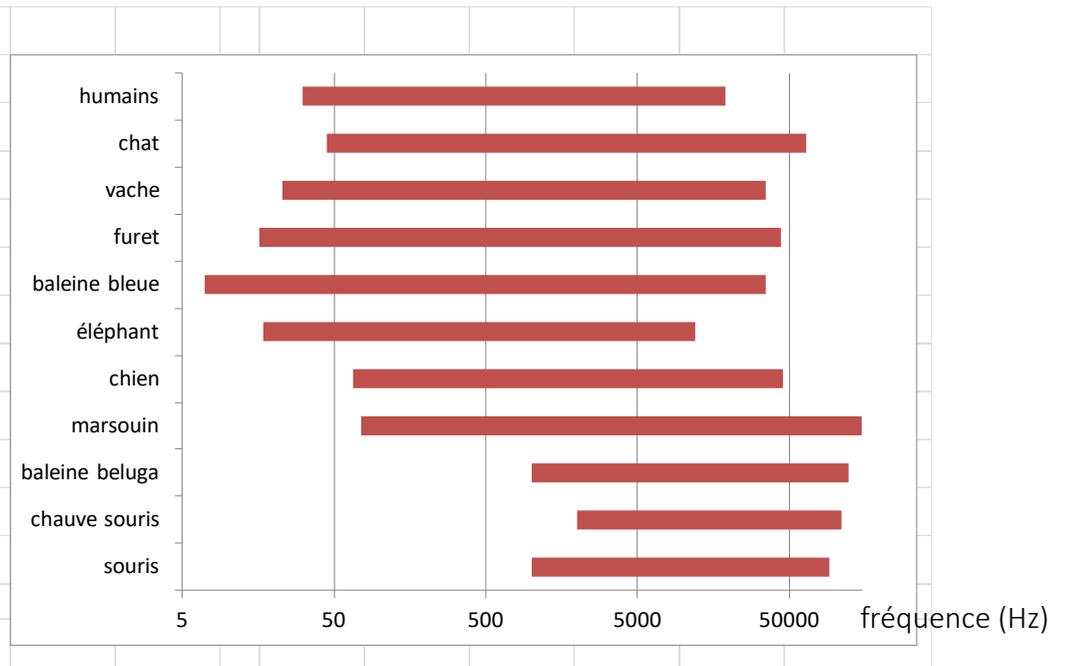


<https://onlinetonegenerator.com/hearingtest.html/#hearingTester>

1.2 SONS ET ULTRASONS : QUI ENTEND QUOI ?

Bandes de fréquences entendues par les animaux

	F min	F max
humains	31	19 000
chat	45	64 000
vache	23	35 000
furet	16	44 000
baleine bleue	7	35 000
éléphant	17	12 000
chien	67	45 000
marsouin	75	150 000
baleine beluga	1 000	123 000
chauve souris	2 000	110 000
souris	1 000	91 000

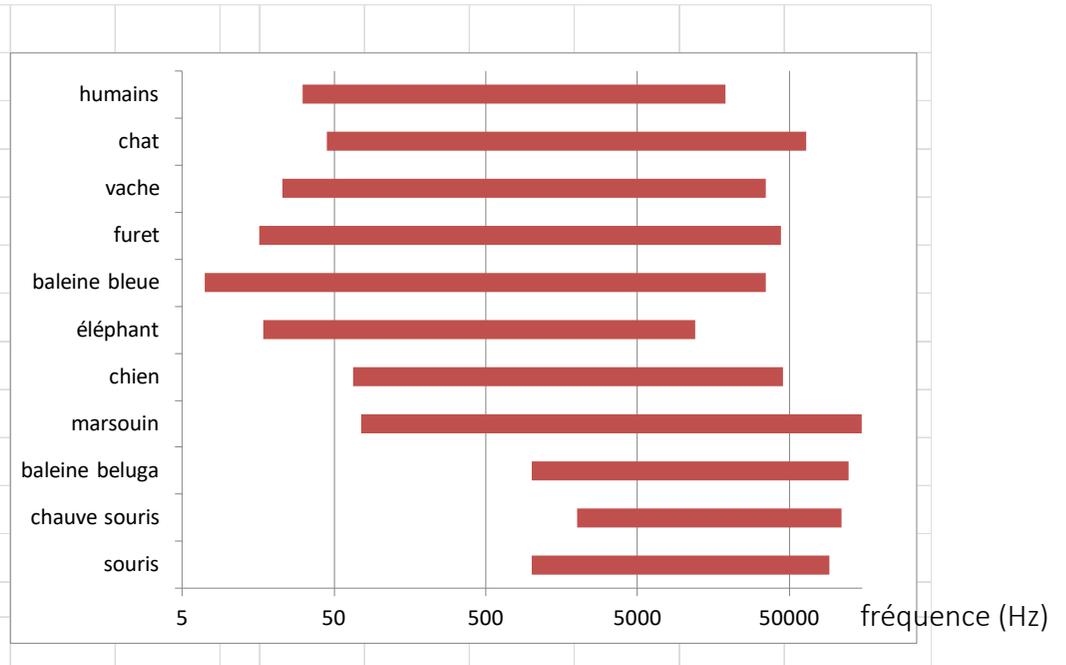


Source Wikipedia

1.2 SONS ET ULTRASONS : QUI ENTEND QUOI ?

Bandes de fréquences entendues par les animaux

	F min	F max
humains	31	19 000
chat	45	64 000
vache	23	35 000
furet	16	44 000
baleine bleue	7	35 000
éléphant	17	12 000
chien	67	45 000
marsouin	75	150 000
baleine beluga	1 000	123 000
chauve souris	2 000	110 000
souris	1 000	91 000



Questions :

quelles sont les 2 espèces qui entendent le mieux les ultrasons ?

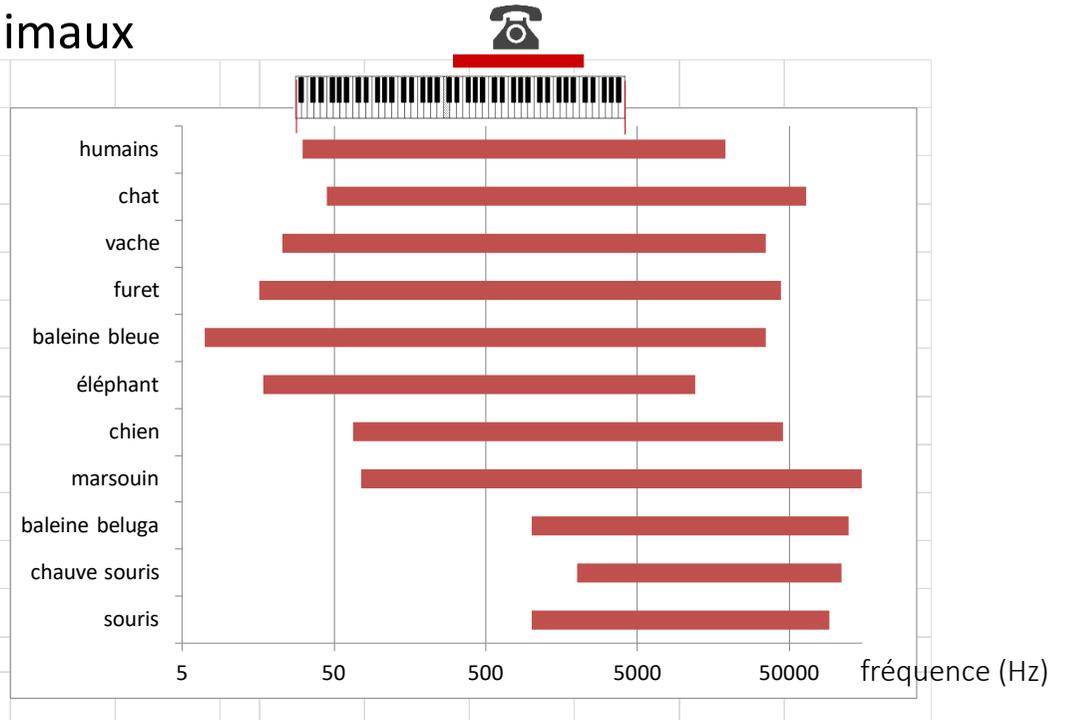
quelles sont les 2 espèces qui entendent le mieux les infra-sons ?

quelles sont les espèces capables d'entendre toutes les fréquences que l'homme entend ?

1.2 SONS ET ULTRASONS : QUI ENTEND QUOI ?

Bandes de fréquences entendues par les animaux

	F min	F max
humains	31	19 000
chat	45	64 000
vache	23	35 000
furet	16	44 000
baleine bleue	7	35 000
éléphant	17	12 000
chien	67	45 000
marsouin	75	150 000
baleine beluga	1 000	123 000
chauve souris	2 000	110 000
souris	1 000	91 000

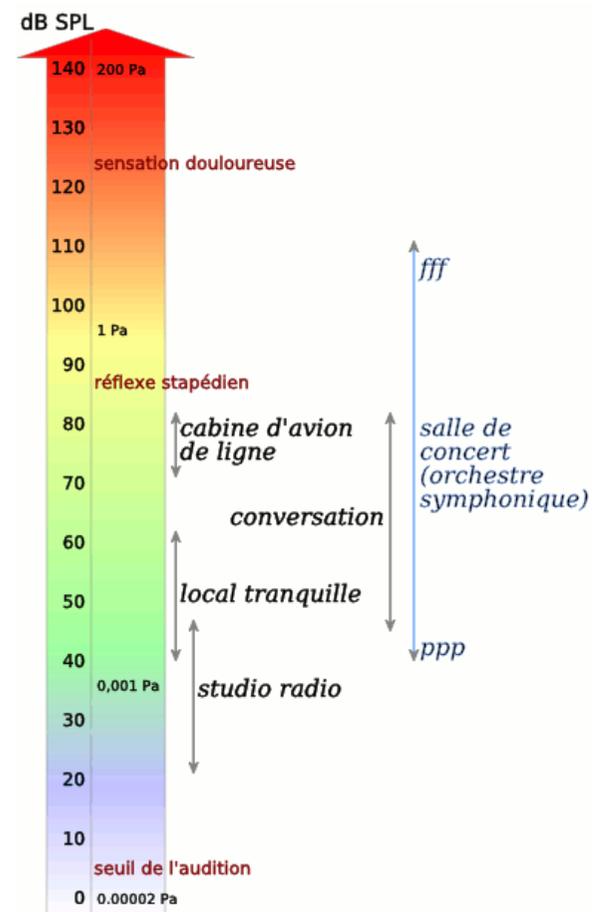


Question :

A-t-on besoin d'entendre entre 20 Hz et 20 000 Hz pour se comprendre ?

1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

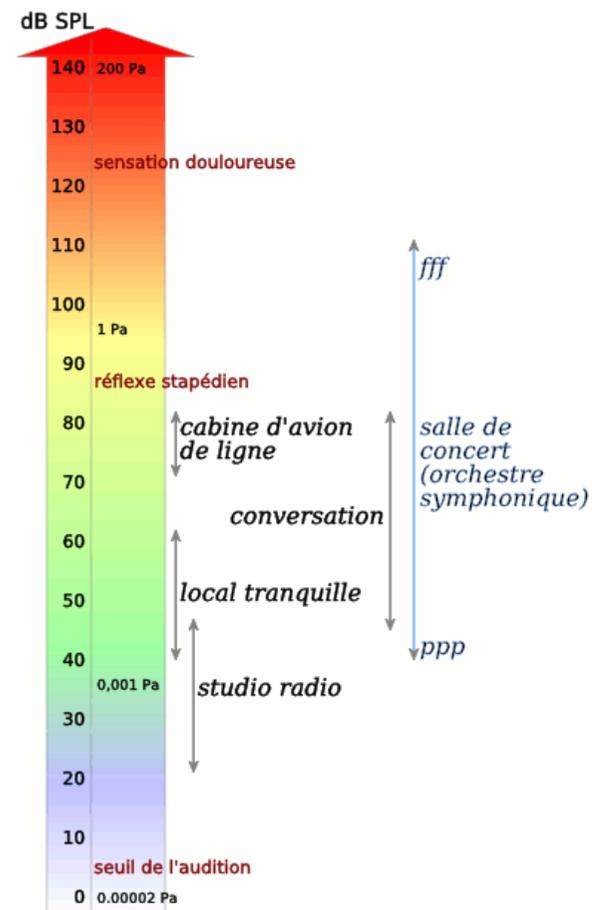
- le niveau sonore se mesure en décibels : dB



1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- le niveau sonore se mesure en décibels : dB
- Il est calculé à partir de la pression acoustique : pascal

exemple	niveau acoustique dB SPL	niveau acoustique en N/m ² ou pascal
avion à réaction à 50 m	140	200
seuil de la douleur	130	63,2
seuil d'inconfort	120	20,0
scie à ruban à 1m	110	6,3
musique disco à 1m du HP	100	2,0
camion diesel à 10 m	90	0,63
trottoir à 5 m de la circulation	80	0,20
aspirateur à 1M	70	0,063
conversation à 1m	60	0,020
bruit de fond dans une maison	50	0,0063
bibliothèque	40	0,0020
chambre pendant la nuit	30	0,00063
studio d'enregistrement	20	0,00020
bruissement d'une feuille	10	0,000063
seuil de détection de l'oreille	0	0,000020



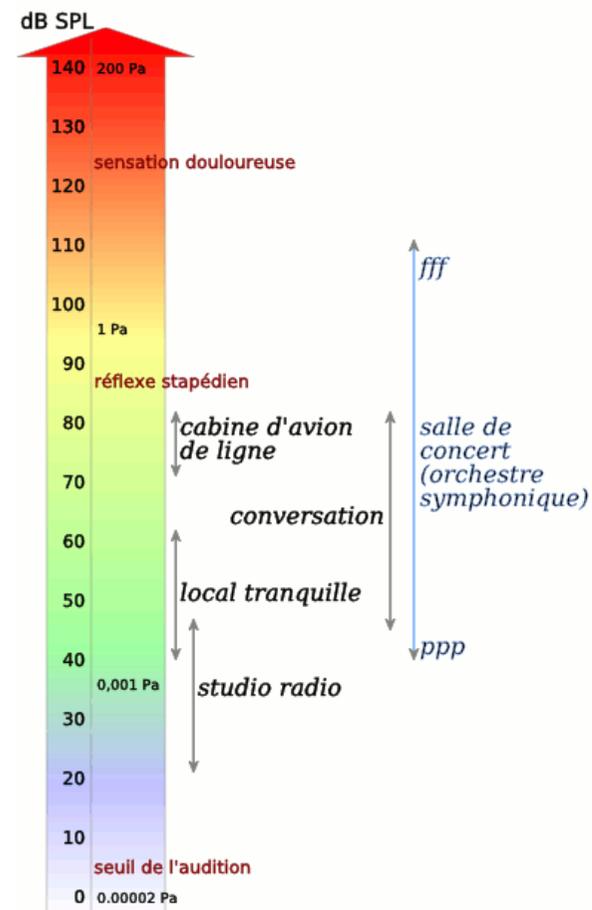
1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- le niveau sonore se mesure en décibels : dB
- Il est calculé à partir de la pression acoustique : pascal

- le niveau en dB augmente de 6 quand la pression acoustique double

+ 20 dB c'est x 10 en pascals

exemple	niveau acoustique dB SPL	niveau acoustique en N/m ² ou pascal
avion à réaction à 50 m	140	200
seuil de la douleur	130	63,2
seuil d'inconfort	120	20,0
scie à ruban à 1m	110	6,3
musique disco à 1m du HP	100	2,0
camion diesel à 10 m	90	0,63
trottoir à 5 m de la circulation	80	0,20
aspirateur à 1M	70	0,063
conversation à 1m	60	0,020
bruit de fond dans une maison	50	0,0063
bibliothèque	40	0,0020
chambre pendant la nuit	30	0,00063
studio d'enregistrement	20	0,00020
bruissement d'une feuille	10	0,000063
seuil de détection de l'oreille	0	0,000020



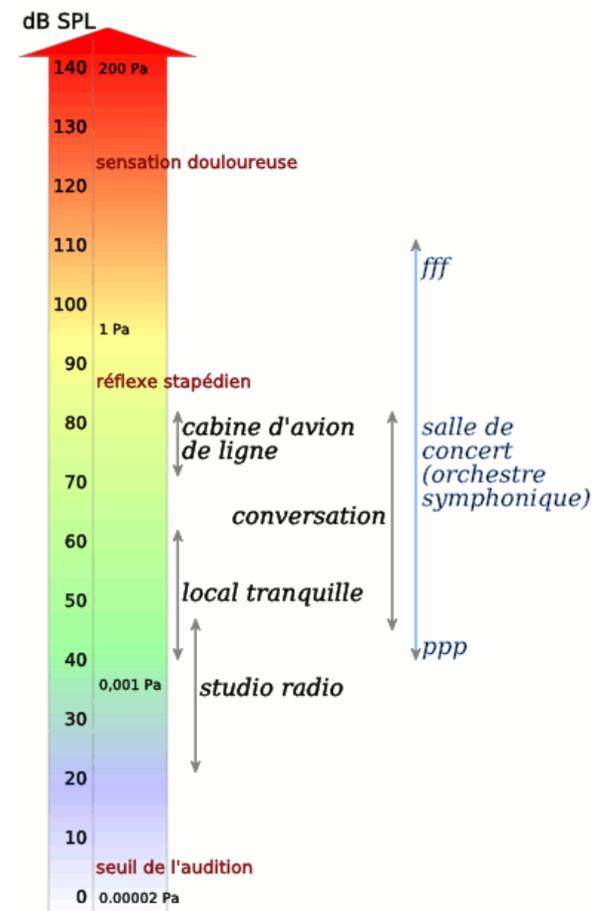
1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- le niveau sonore se mesure en décibels : dB
- Il est calculé à partir de la pression acoustique : pascal

- le niveau en dB augmente de 6 quand la pression acoustique double

+ 20 dB c'est x 10 en pascals
 + 40 dB c'est x 100 en pascals

exemple	niveau acoustique dB SPL	niveau acoustique en N/m ² ou pascal
avion à réaction à 50 m	140	200
seuil de la douleur	130	63,2
seuil d'inconfort	120	20,0
scie à ruban à 1m	110	6,3
musique disco à 1m du HP	100	2,0
camion diesel à 10 m	90	0,63
trottoir à 5 m de la circulation	80	0,20
aspirateur à 1M	70	0,063
conversation à 1m	60	0,020
bruit de fond dans une maison	50	0,0063
bibliothèque	40	0,0020
chambre pendant la nuit	30	0,00063
studio d'enregistrement	20	0,00020
bruissement d'une feuille	10	0,000063
seuil de détection de l'oreille	0	0,000020



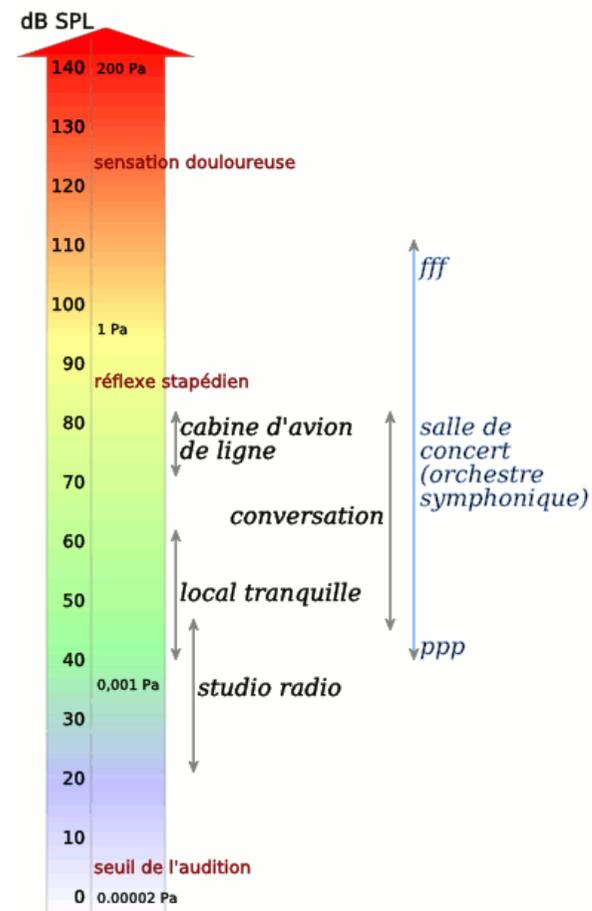
1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- le niveau sonore se mesure en décibels : dB
- Il est calculé à partir de la pression acoustique : pascal

- le niveau en dB augmente de 6 quand la pression acoustique double

+ 20 dB c'est x 10 en pascals
 + 40 dB c'est x 100 en pascals

exemple	niveau acoustique dB SPL	niveau acoustique en N/m ² ou pascal
avion à réaction à 50 m	140	200
seuil de la douleur	130	63,2
seuil d'inconfort	120	20,0
scie à ruban à 1m	110	6,3
musique disco à 1m du HP	100	2,0
camion diesel à 10 m	90	0,63
trottoir à 5 m de la circulation	80	0,20
aspirateur à 1M	70	0,063
conversation à 1m	60	0,020
bruit de fond dans une maison	50	0,0063
bibliothèque	40	0,0020
chambre pendant la nuit	30	0,00063
studio d'enregistrement	20	0,00020
bruissement d'une feuille	10	0,000063
seuil de détection de l'oreille	0	0,000020



- **Question**
 si le niveau de bruit augmente de 80 dB
 quel est le changement sur les variations de pression acoustique ?

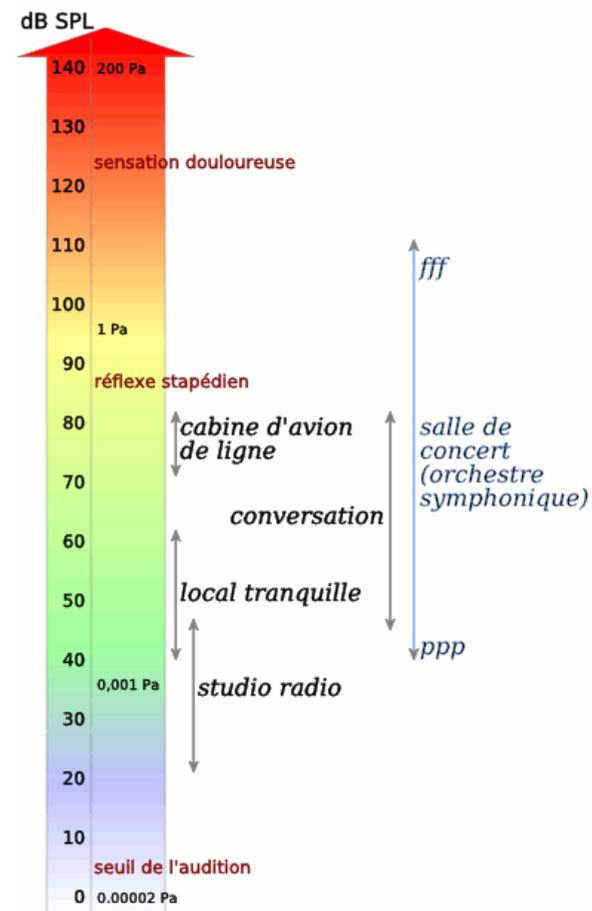
1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- le niveau sonore se mesure en décibels : dB
- Il est calculé à partir de la pression acoustique : pascal

- le niveau en dB augmente de 6 quand la pression acoustique double

+ 20 dB c'est x 10 en pascals
 + 40 dB c'est x 100 en pascals
 + 60 dB c'est x 1000 en pascals
 + 80 dB c'est x 10 000 en pascals
 +100 dB c'est x 100 000 en pascals

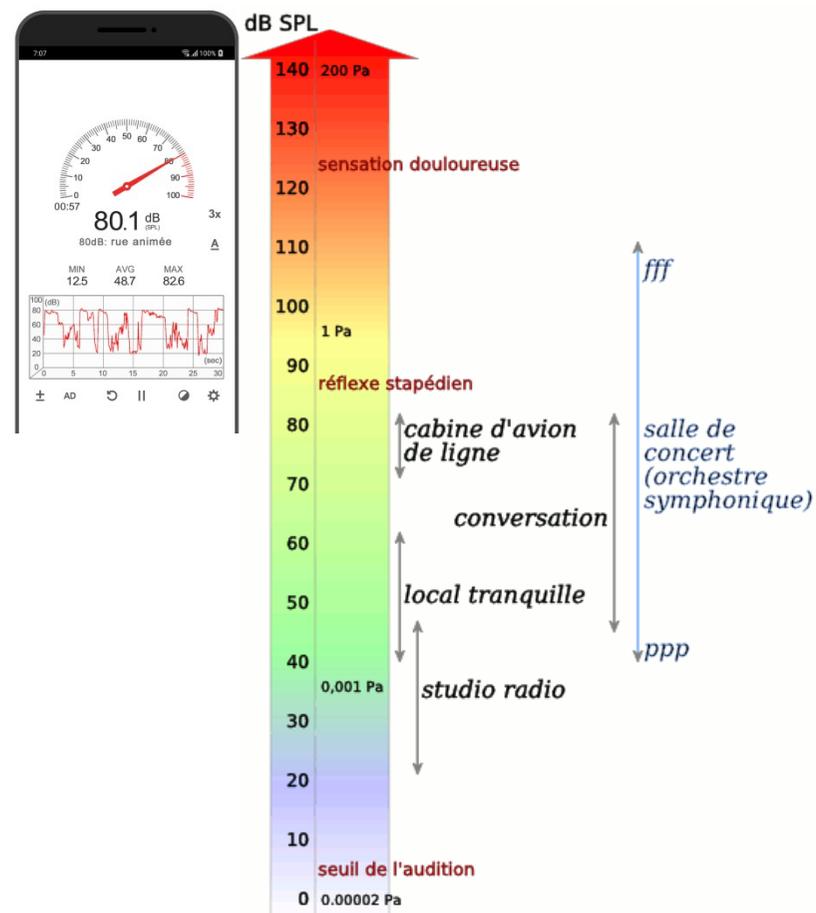
exemple	niveau acoustique dB SPL	niveau acoustique en N/m ² ou pascal
avion à réaction à 50 m	140	200
seuil de la douleur	130	63,2
seuil d'inconfort	120	20,0
scie à ruban à 1m	110	6,3
musique disco à 1m du HP	100	2,0
camion diesel à 10 m	90	0,63
trottoir à 5 m de la circulation	80	0,20
aspirateur à 1M	70	0,063
conversation à 1m	60	0,020
bruit de fond dans une maison	50	0,0063
bibliothèque	40	0,0020
chambre pendant la nuit	30	0,00063
studio d'enregistrement	20	0,00020
bruissement d'une feuille	10	0,000063
seuil de détection de l'oreille	0	0,000020



- **Question**
 si le niveau de bruit augmente de 80 dB
 quel est le changement sur les variations de pression acoustique ?

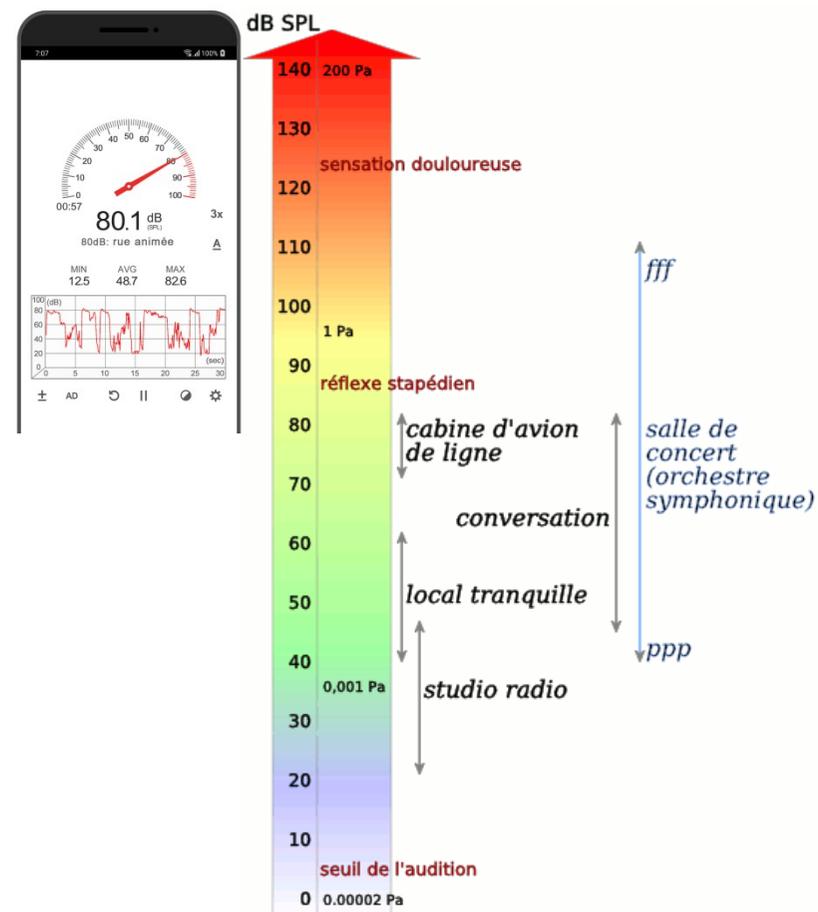
1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- **Exercice sur les niveaux de bruit courants**
 - avec une application 'sonomètre' (sound meter de abc apps) vous allez mesurer des niveaux de bruits courants



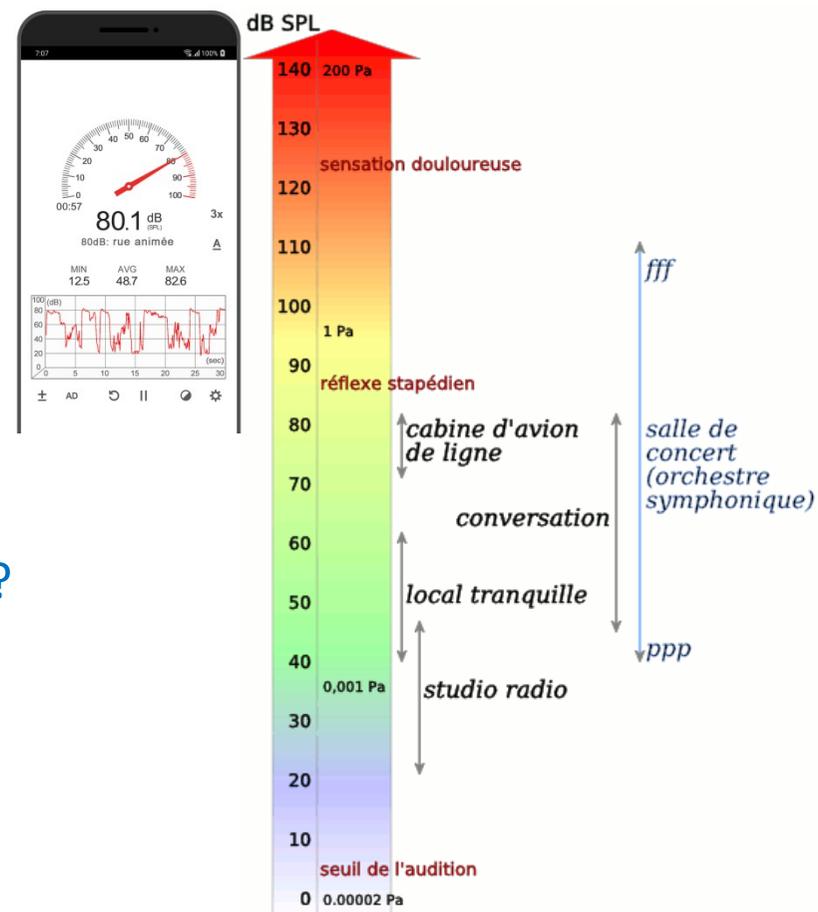
1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- **Exercice sur les niveaux de bruit courants**
 - avec une application 'sonomètre' (sound meter de abc apps) vous allez mesurer des niveaux de bruits courants
- **Expérience**
(l'application sonomètre doit avoir été calibrée)
 - mesurez le niveau de bruit dans la classe quand :
1.c'est calme, 2.une personne parle, 3.tout le monde parle.



1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- **Exercice sur les niveaux de bruit courants**
 - avec une application 'sonomètre' (sound meter de abc apps) vous allez mesurer des niveaux de bruits courants
- **Expérience**
(l'application sonomètre doit avoir été calibrée)
 - mesurez le niveau de bruit dans la classe quand :
1.c'est calme, 2.une personne parle, 3.tout le monde parle.
- **Questions**
 - quels sont les niveaux mesurés et les différences ?
 - quel niveau de bruit vous permet de travailler tranquillement ?



1.3 LE NIVEAU SONORE : LES RISQUES POUR L'OREILLE

• Exercice sur les niveaux de bruit courants

- avec une application 'sonomètre' (sound meter de abc apps) vous allez mesurer des niveaux de bruits courants

• Expérience

(l'application sonomètre doit avoir été calibrée)

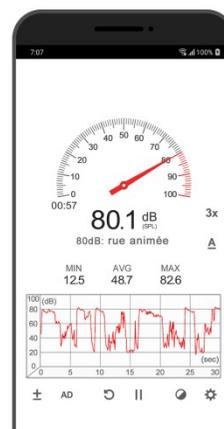
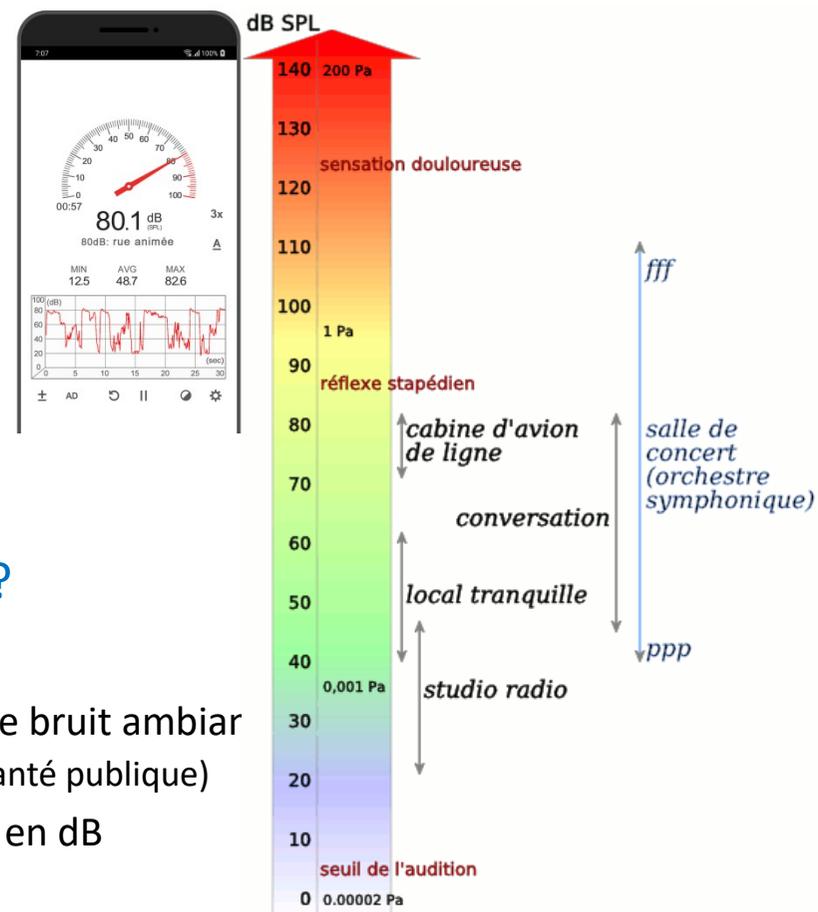
- mesurez le niveau de bruit dans la classe quand :
1. c'est calme, 2. une personne parle, 3. tout le monde parle.

• Questions

- quels sont les niveaux et les différences ?
- quel niveau de bruit vous permet de travailler tranquillement ?

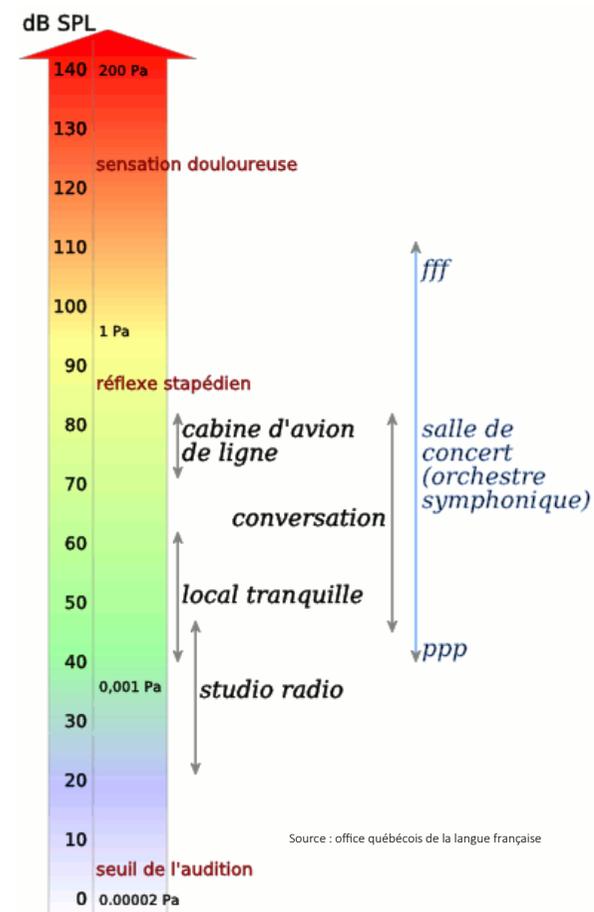
• Travail de recherche

- Il y a nuisance pour des voisins si un bruit émerge ou dépasse le bruit ambiant. Quelle est la limite en dB de ce dépassement ? (voir code de la santé publique)
- sur une journée de travail de 8h à partir de quel niveau moyen en dB considère-t-on qu'il y a danger pour la santé ? (voir INRS)



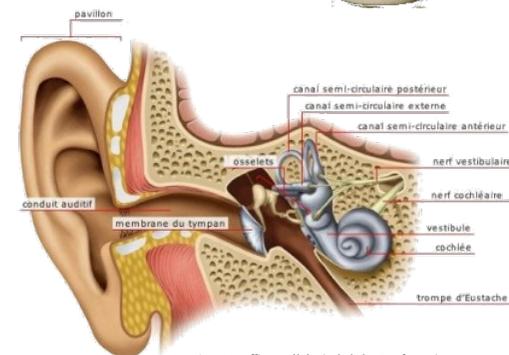
1.3 LES NIVEAUX ELEVES : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- **Exercice sur les niveaux dangereux pour la santé**
 - l'exposition prolongée à des niveaux de bruits intenses détruit peu à peu les cellules de l'oreille interne. Un bruit soudain très intense, peut entraîner une surdité brutale, totale ou partielle.



1.3 LES NIVEAUX ELEVES : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- **Exercice sur les niveaux dangereux pour la santé**
 - l'exposition prolongée à des niveaux de bruits intenses détruit peu à peu les cellules de l'oreille interne. Un bruit soudain très intense, peut entraîner une surdité brutale, totale ou partielle.
- **Expérience**
 - Placer une enceinte devant un entonnoir et une bougie allumée



Source : office québécois de la langue française

1.3 LES NIVEAUX ELEVES : LES RISQUES POUR L'OREILLE

- **Exercice sur les niveaux dangereux pour la santé**

- l'exposition prolongée à des niveaux de bruits intenses détruit peu à peu les cellules de l'oreille interne. Un bruit soudain très intense, peut entraîner une surdité brutale, totale ou partielle.

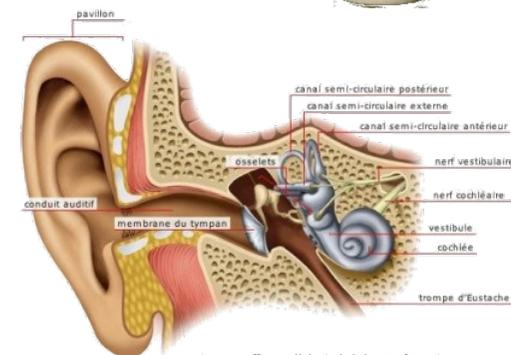
- **Expérience**

- Placer une enceinte devant un entonnoir et une bougie allumée et jouer un morceau avec des medium et des basses



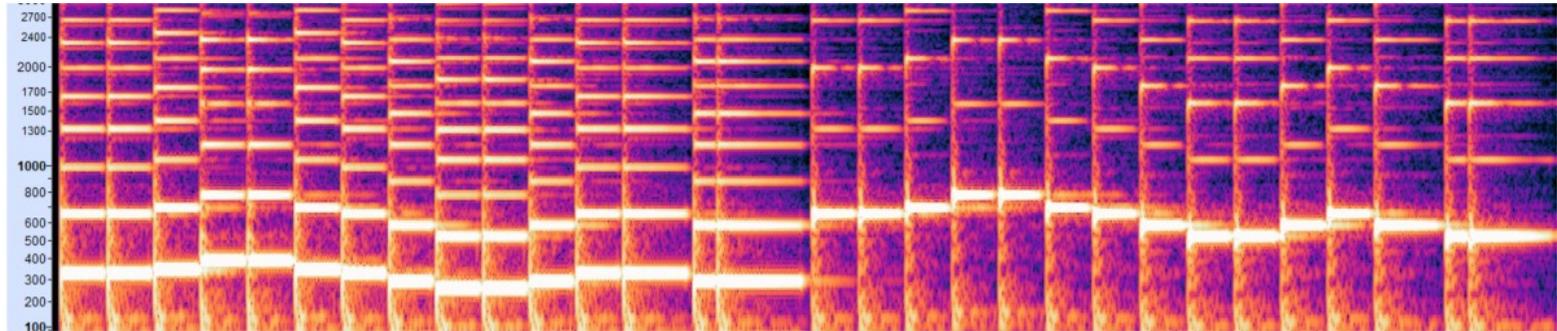
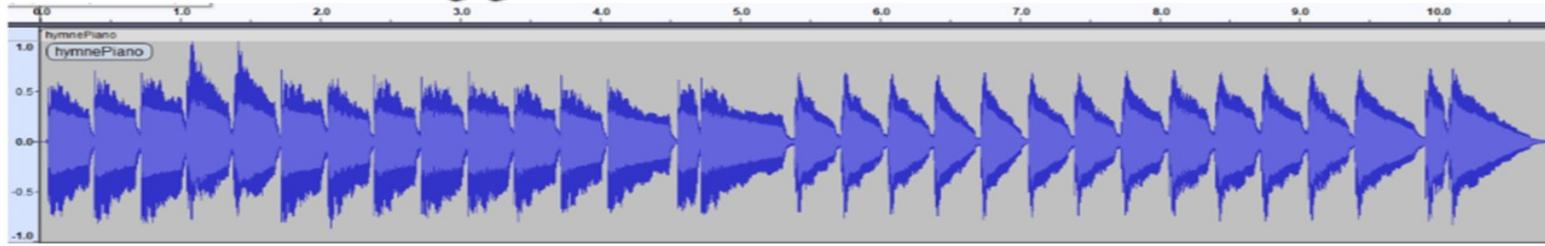
- **Travail de recherche :**

- en Europe, à partir de quel niveau (dBA) votre smartphone doit-il vous avertir par une alarme sur le niveau sonore ?
- chez les 15-17 ans, quel pourcentage déclare avoir ressenti des acouphènes (sifflement ou bourdonnements d'oreilles) suite à une écoute prolongée au casque ou aux écouteurs ?
- qu'est-ce que le réflexe tapédien ?



Source : office québécois de la langue française

Atelier expérimental sur le son- 2° partie

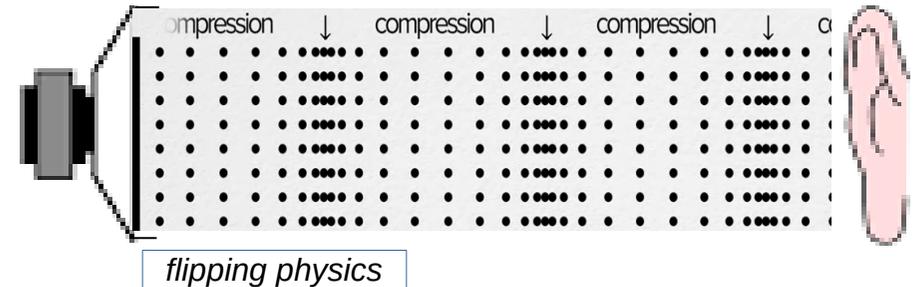


PLAN DE L'ATELIER <http://onvaessayer.org?app=atelierSon>

1. Introduction <http://onvaessayer.org?video=atelierSon1>
 1. le son, la vitesse du son
 2. la fréquence, sons et ultrasons : quelle est la plus haute fréquence que l'on entend ?
 3. le niveau sonore : les décibels, les risques pour l'oreille
2. Représentations du son : <http://onvaessayer.org?video=atelierSon2>
 1. en fonction du temps
 2. en fonction de la fréquence : le spectre
 3. en fonction du temps et de la fréquence : le spectrogramme ou sonagramme
3. Analyse des sons
avec quels outils ?
 1. étude de différents sons (sonagramme)
 1. musique, chants d'oiseaux
 2. (option) la réverbération dans une salle
 3. (option) mesure d'une distance par décalage de temps entre une onde et son écho
 2. reconnaissance des oiseaux par leur chant <http://onvaessayer.org?video=atelierSon3>

RAPPELS

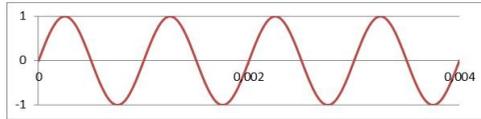
- le son est une vibration qui se propage à
 - 340 m/s dans l'air à 20°C
 - 1 500 m/s dans l'eau
 - jusqu'à 5 000 m/s dans un solide



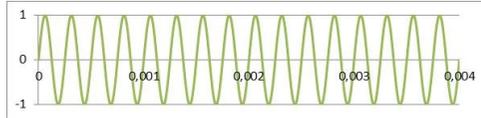
RAPPELS

- la fréquence est le nombre de vibrations par seconde

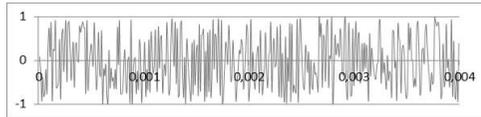
$f_1 = 1000$ Hz



$f_2 = 4000$ Hz



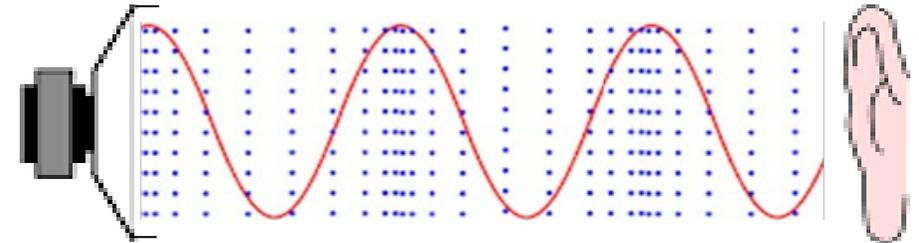
Bruit



signal aléatoire sans fréquence distinctive

- le son est une vibration qui se propage à

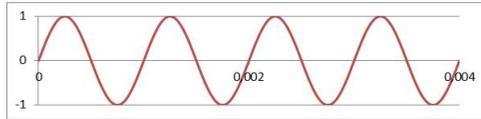
- 340 m/s dans l'air à 20°C
- 1 500 m/s dans l'eau
- jusqu'à 5 000 m/s dans un solide



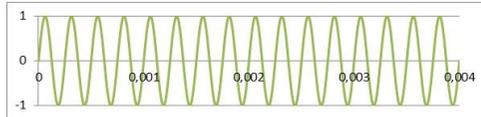
PERSPECTIVE :

- la fréquence est le nombre de vibrations par seconde

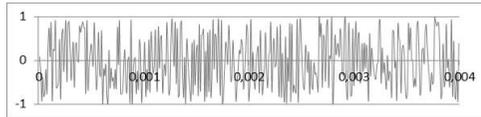
$f_1 = 1000 \text{ Hz}$



$f_2 = 4000 \text{ Hz}$



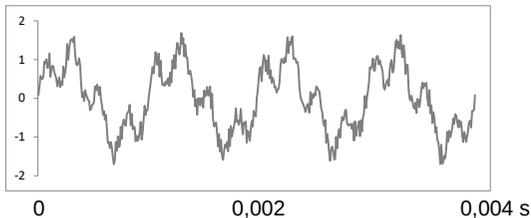
Bruit



signal aléatoire sans fréquence distinctive

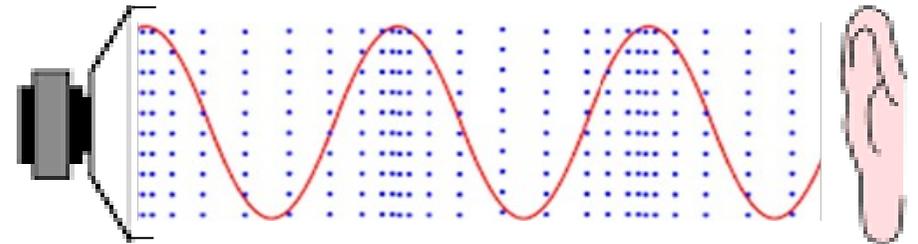
Son comme la somme de bruits et d'ondes à différentes fréquences

$1 \times s(f_1)$
 $+ 0,5 \times s(f_2)$
 $+ 0,3 \times \text{bruit}$



- le son est une vibration qui se propage à

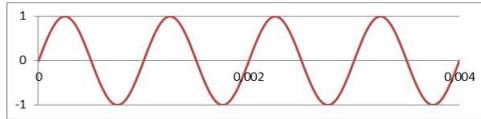
- 340 m/s dans l'air à 20°C
- 1 500 m/s dans l'eau
- jusqu'à 5 000 m/s dans un solide



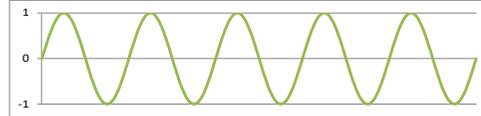
PERSPECTIVE

- exemple de l'accord parfait

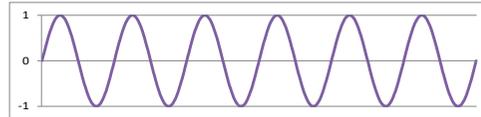
$f_1 = 1000$ Hz



$f_2 = 1250$ Hz



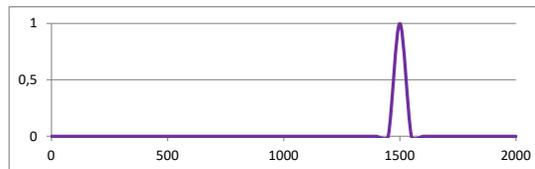
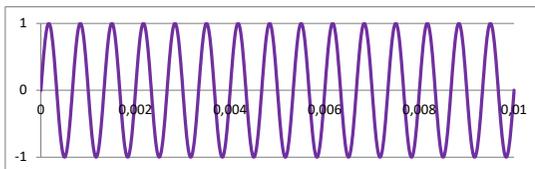
$f_3 = 1500$ Hz



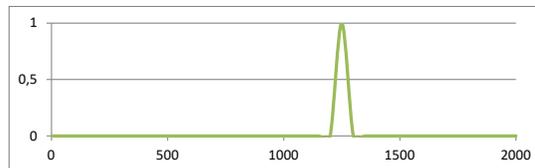
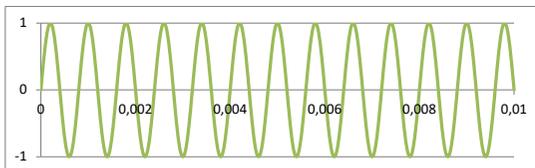
PERSPECTIVE

- exemple de l'accord parfait

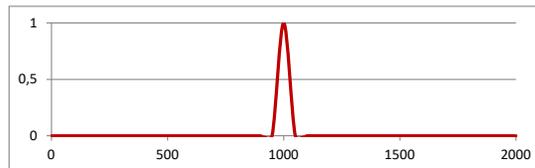
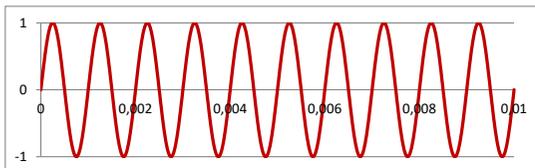
$f_1 = 1500$ Hz



$f_2 = 1250$ Hz



$f_3 = 1000$ Hz

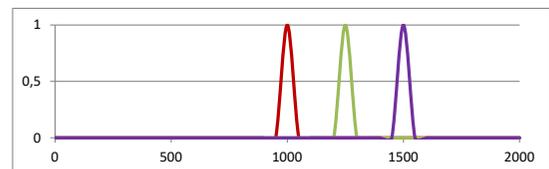
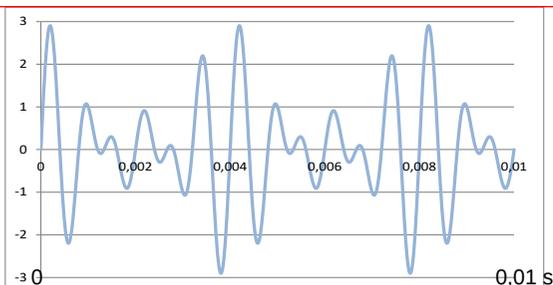


0 temps 0,01s

0 fréquence 2000Hz

accord parfait :

note f_1
+ tierce f_2
+ quinte f_3



0 fréquence 2000Hz

PLAN DE L'ATELIER

1. Introduction

1. le son, la vitesse du son
2. la fréquence, sons et ultrasons : quelle est la plus haute fréquence que l'on entend ?
3. le niveau sonore : les décibels, les risques pour l'oreille

2. Représentations du son :

1. en fonction du temps
2. en fonction de la fréquence : le spectre
3. en fonction du temps et de la fréquence : le spectrogramme ou sonagramme

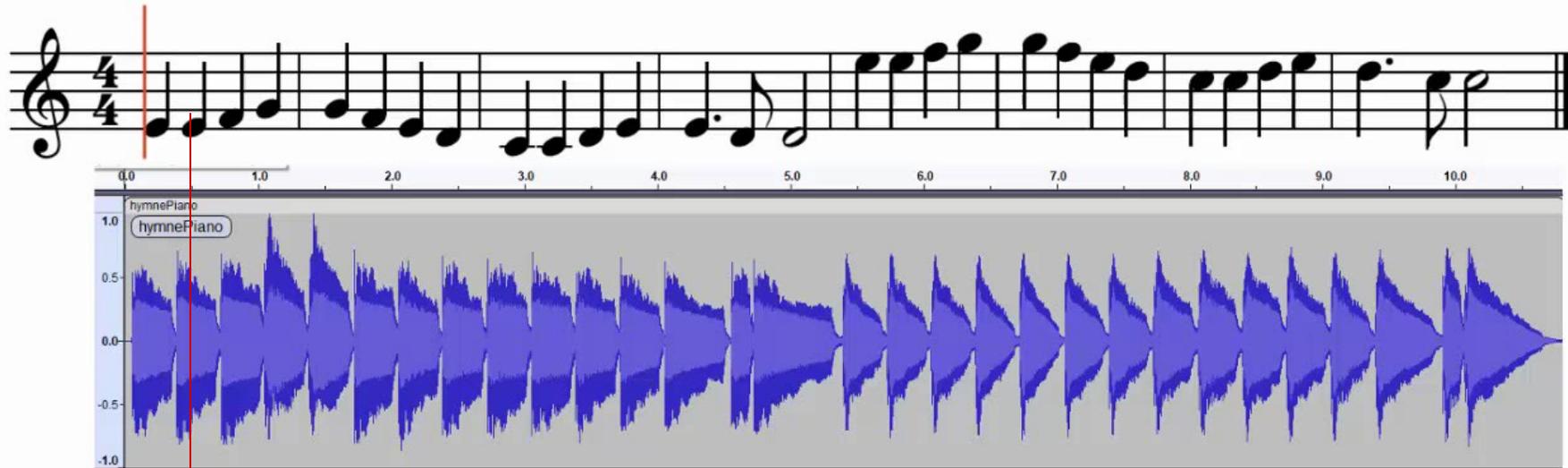
3. Analyse des sons

avec quels outils ?

1. étude de différents sons (sonagramme)
 1. musique, chants d'oiseaux
 2. (option) la réverbération dans une salle
 3. (option) mesure d'une distance par décalage de temps entre une onde et son écho
2. reconnaissance des oiseaux par leur chant

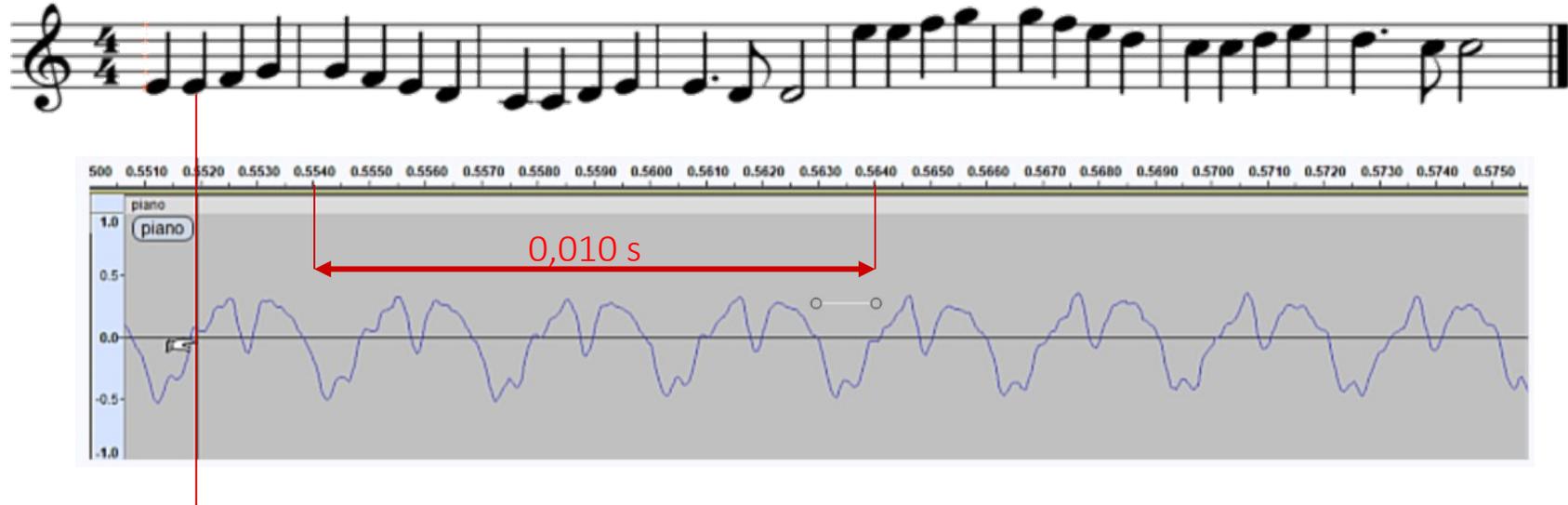
planches et ressources : <http://onvaessayer.org?app=atelierSon>

2.1 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DU TEMPS

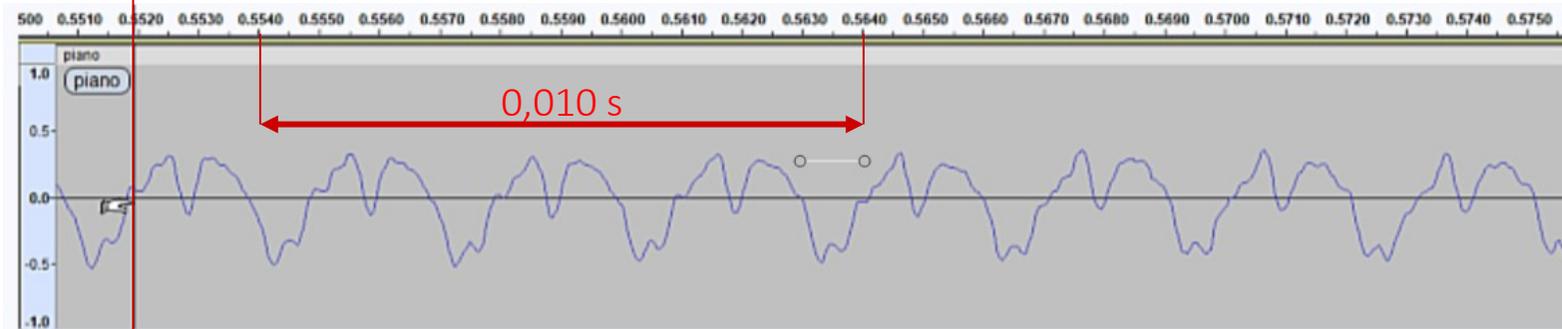


Cliquez sur l'image pour jouer la mélodie

2.1 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DU TEMPS

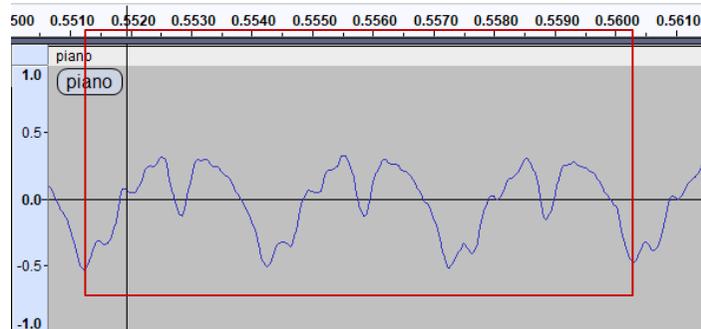


2.1 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DU TEMPS

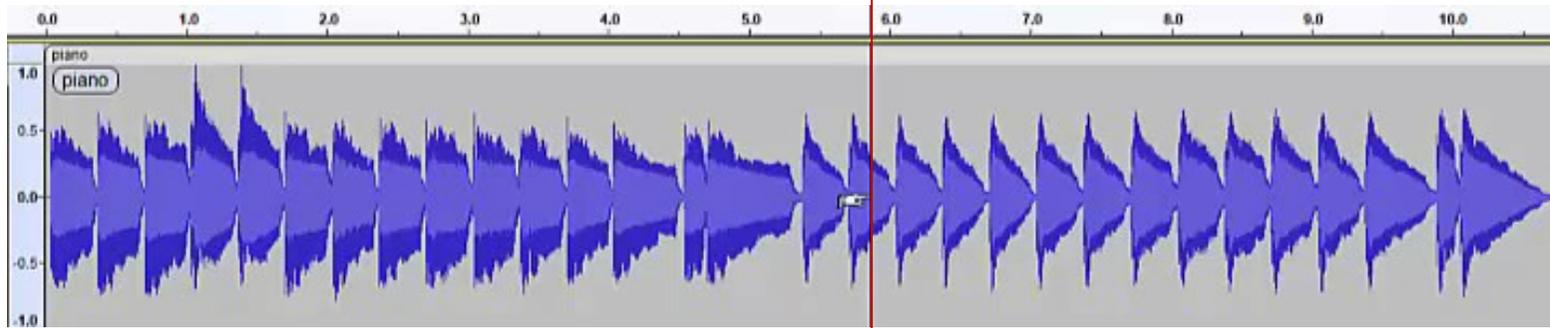


3 oscillations en 0,009s => 330 Hz

Zoom x1000

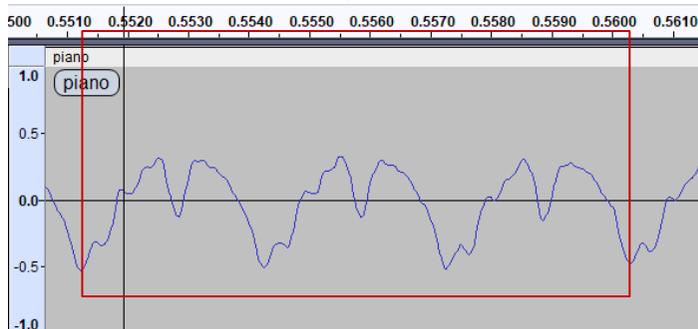


2.1 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DU TEMPS



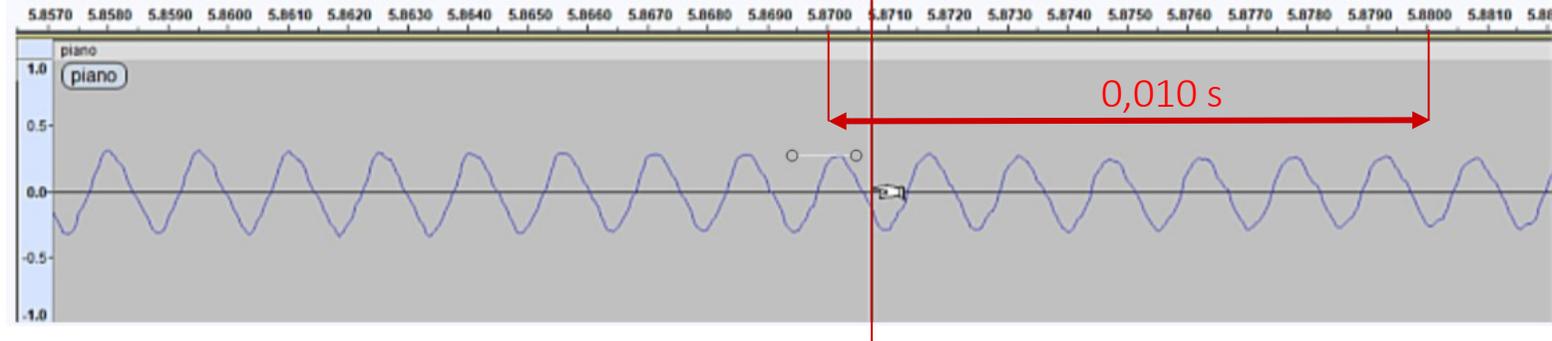
3 oscillations en 0,009s => 330 Hz

Zoom x1000



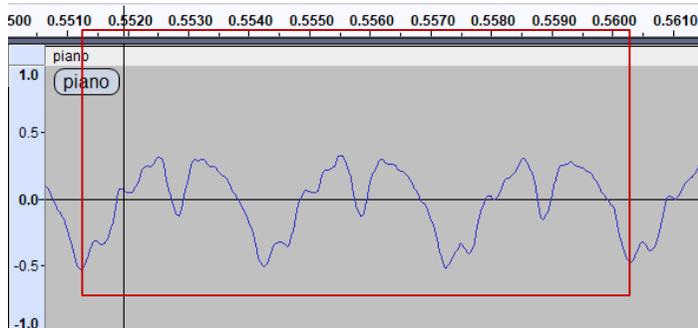
Cliquez sur l'image pour faire un zoom sur la 2^e note

2.1 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DU TEMPS

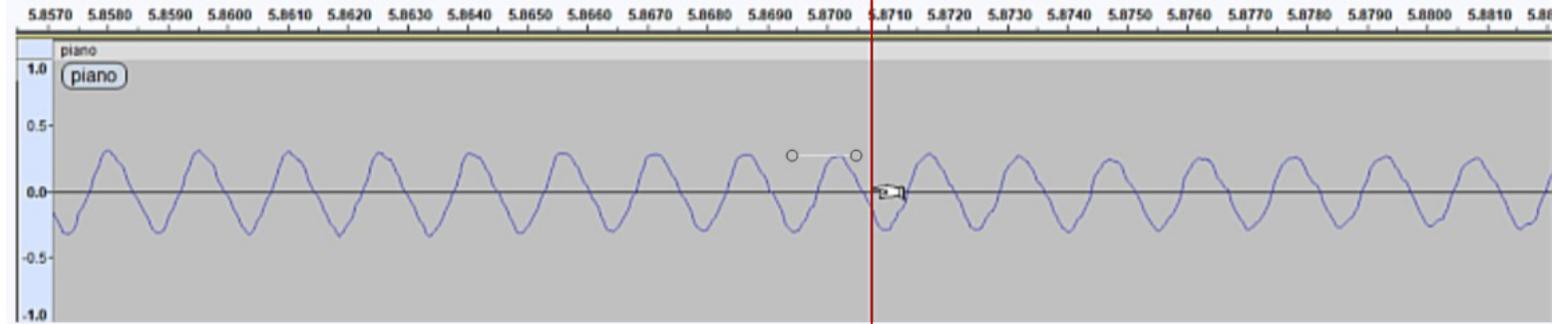


3 oscillations en 0,009s => 330 Hz

Zoom x1000



2.1 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DU TEMPS

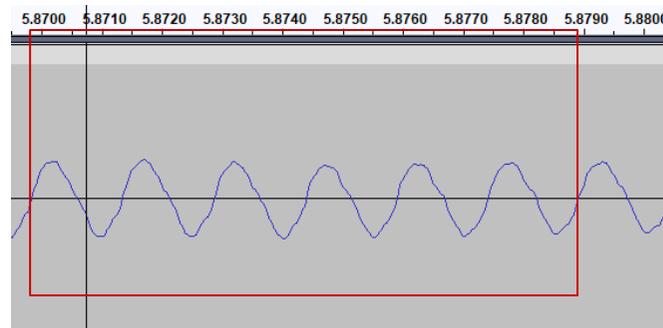
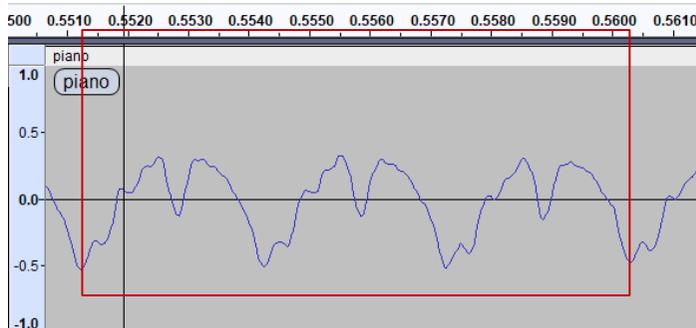


10 s

3 oscillations en 0,009s => 330 Hz

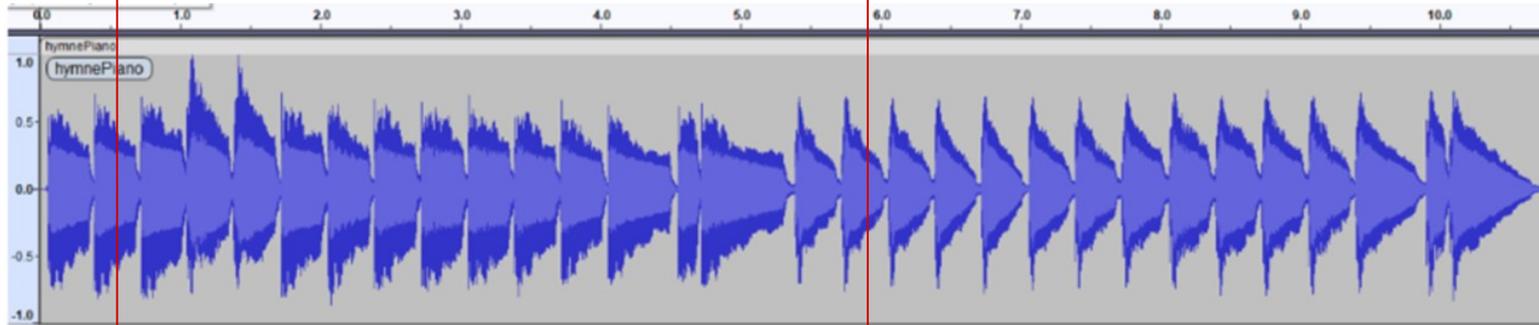
6 oscillations en 0,009s => 660 Hz

Zoom x1000



10 ms

2.1 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DU TEMPS

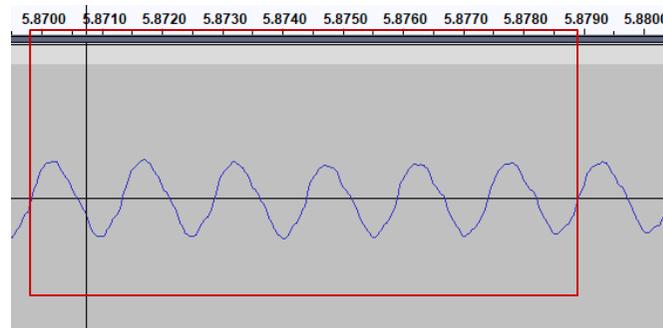
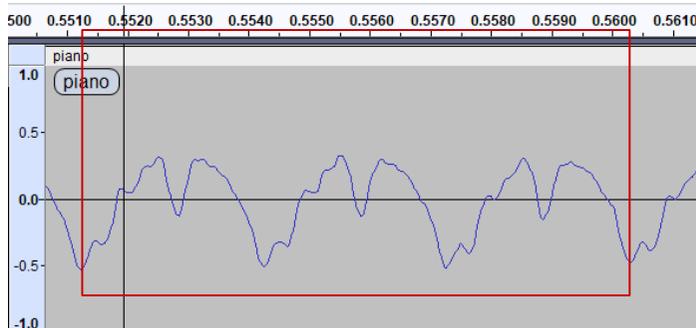


10 s

3 oscillations en 0,009s => 330 Hz

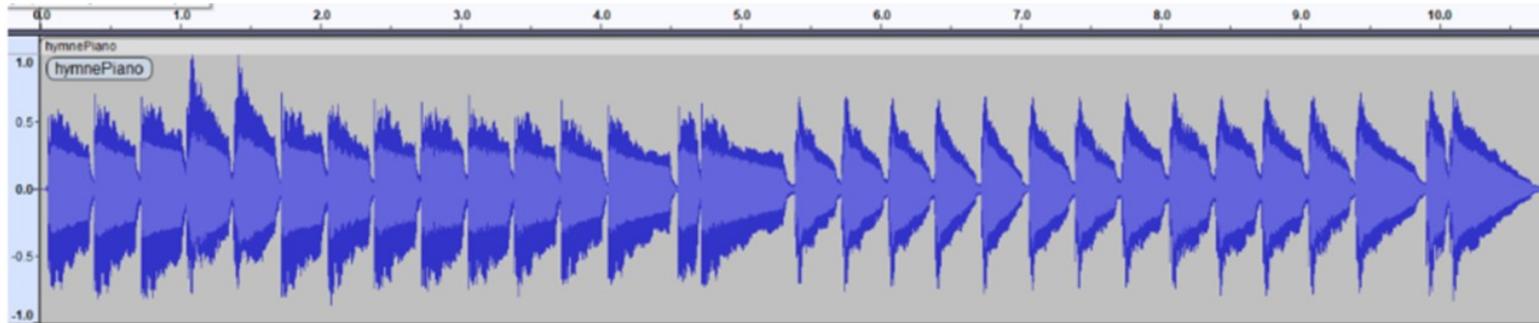
6 oscillations en 0,009s => 660 Hz

Zoom x1000

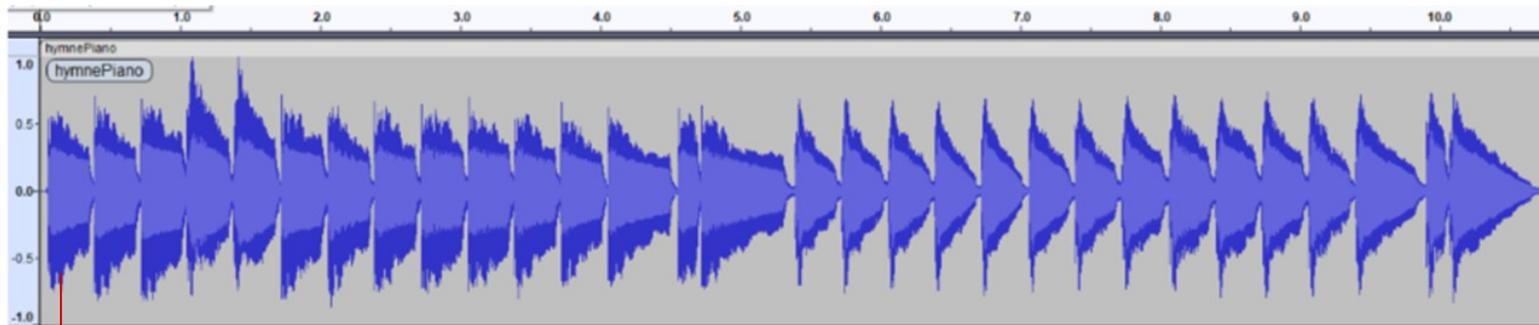


10 ms

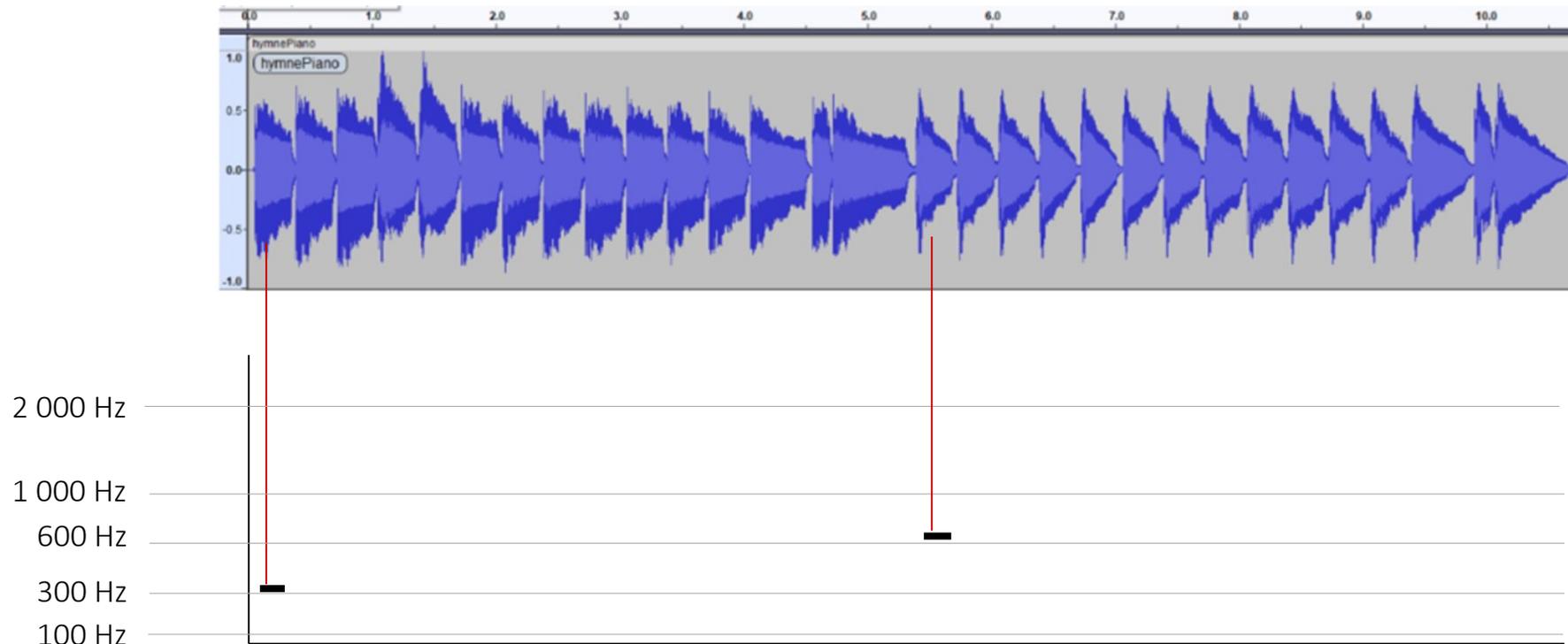
2.3 ANALYSE DU SON : en fonction du temps et de la fréquence



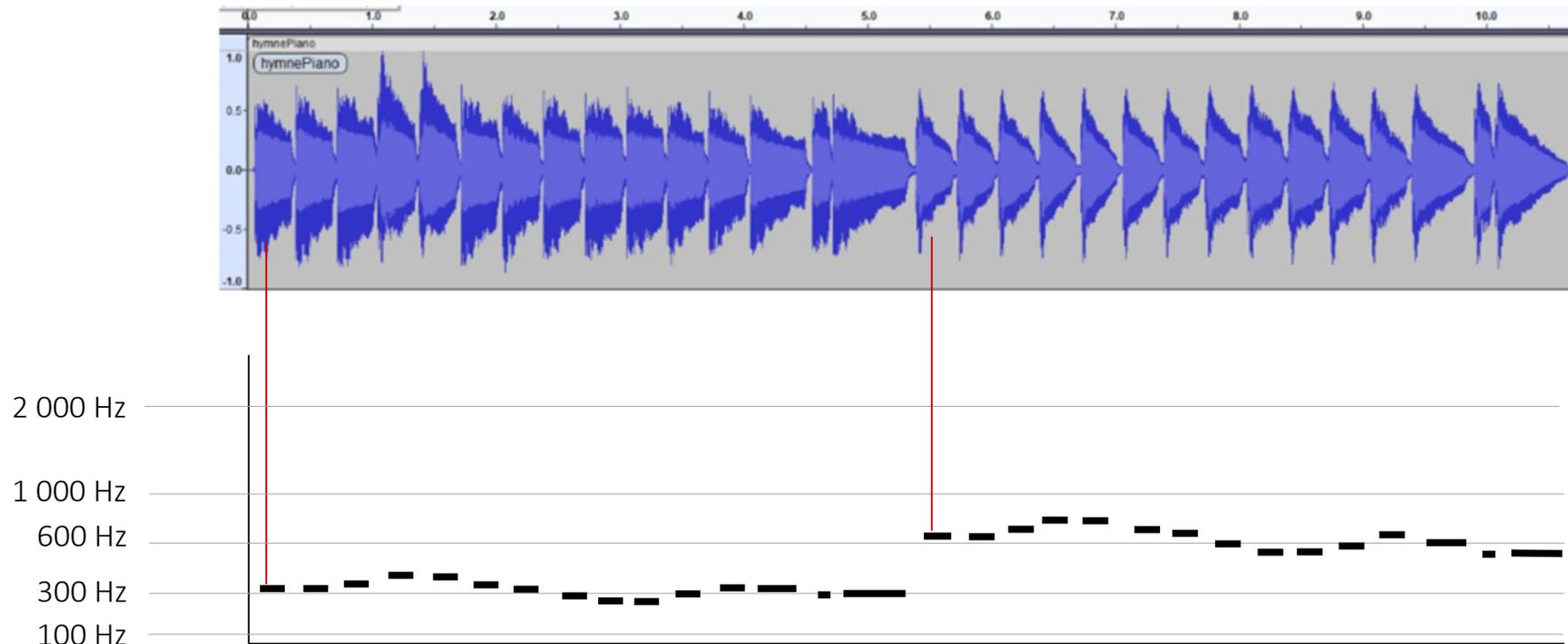
2.3 ANALYSE DU SON : en fonction du temps et de la fréquence



2.3 ANALYSE DU SON : en fonction du temps et de la fréquence



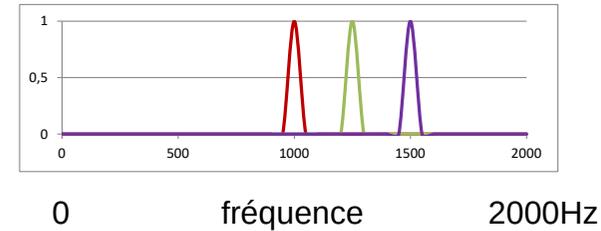
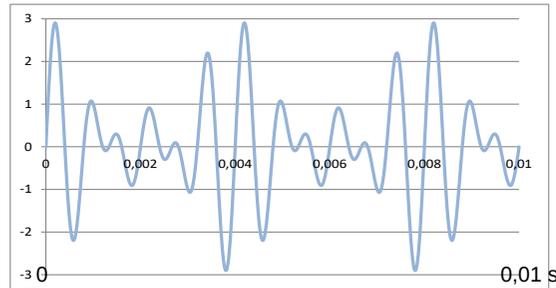
2.3 ANALYSE DU SON : en fonction du temps et de la fréquence



SUPERPOSITIONS ET HARMONIQUES

- l'accord parfait est la superposition de 3 ondulations simples

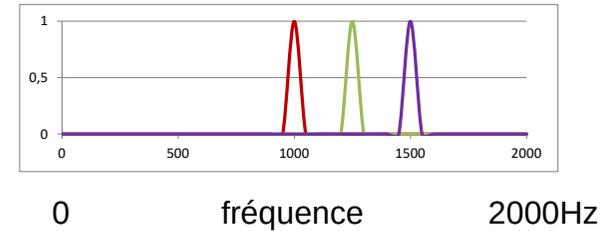
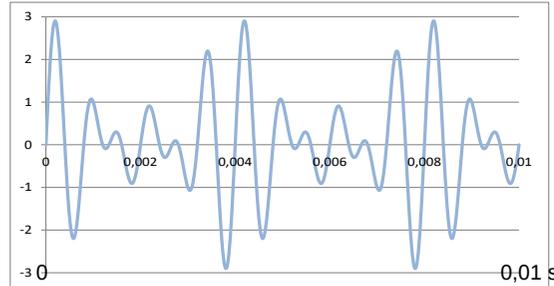
note 1000 Hz
+ tierce 1250 Hz
+ quinte 1500 Hz



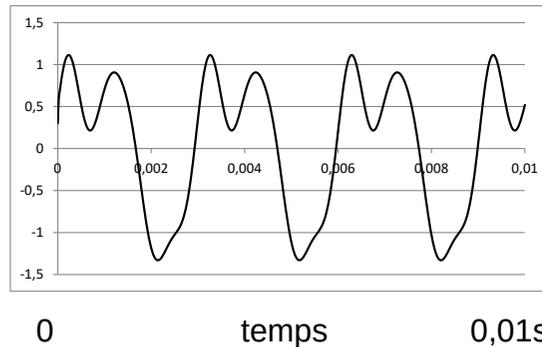
SUPERPOSITIONS ET HARMONIQUES

- l'accord parfait est la superposition de 3 ondulations simples

note 1000 Hz
+ tierce 1250 Hz
+ quinte 1500 Hz



- Mais comment trouver comment est fait le mi du piano



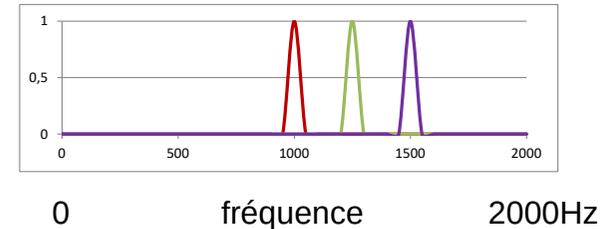
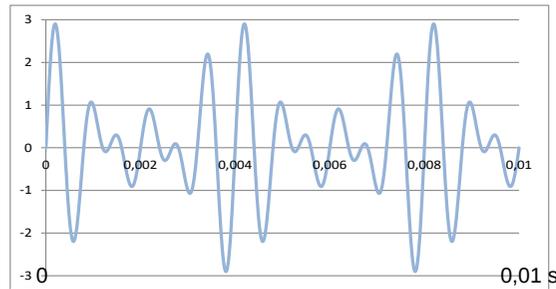
?

0 fréquence 2000Hz

SUPERPOSITIONS ET HARMONIQUES

- l'accord parfait est la superposition de 3 ondulations simples

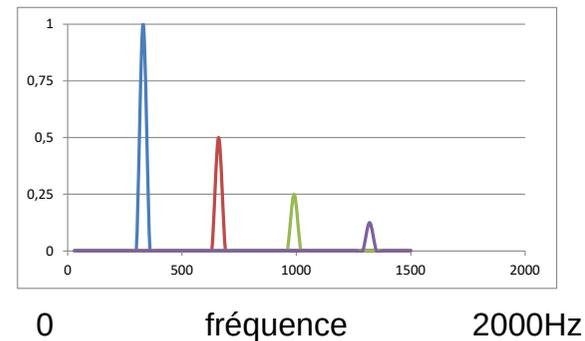
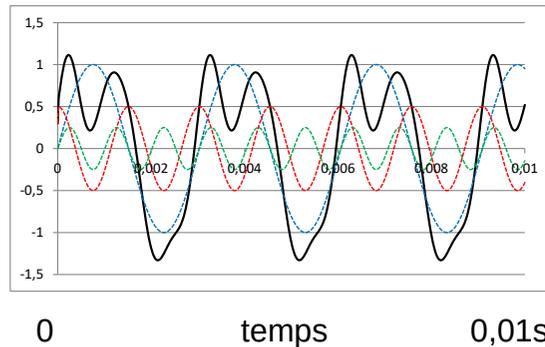
note 1000 Hz
+ tierce 1250 Hz
+ quinte 1500 Hz



- Mais comment trouver comment est fait le mi du piano ?



Joseph Fourier
1768-1830



OUTILS D'ANALYSE DU SON

- sur PC
audacity



ou academo (en ligne)

<https://academo.org/demos/spectrum-analyzer/>

- sur smartphone



audio spectrum analyzer

à télécharger sur F Droid
ou à cette adresse :

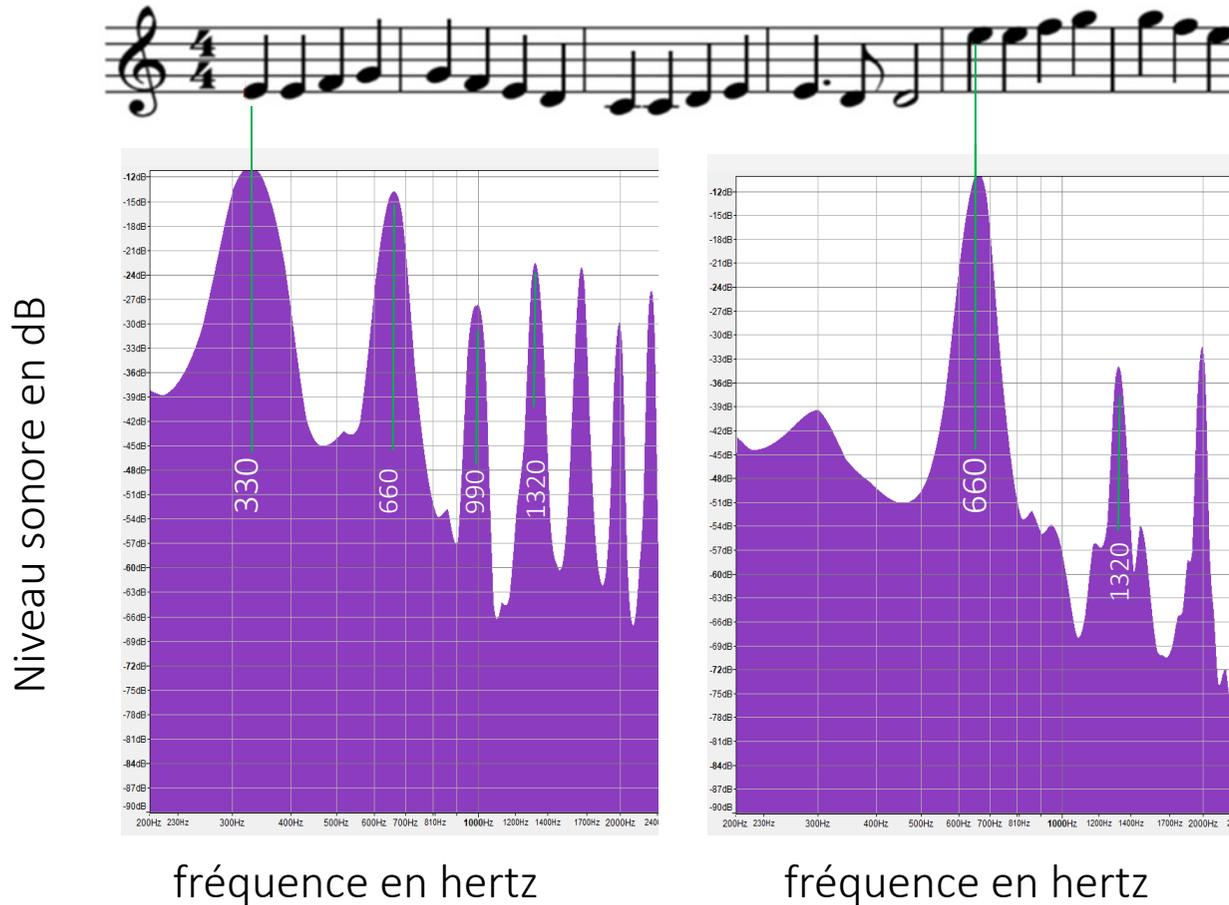
<http://onvaessayer.org?apk=audiospectrumanalyzer>



ou Spectroid

à télécharger sur le playstore

2.2 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DE LA FRÉQUENCE

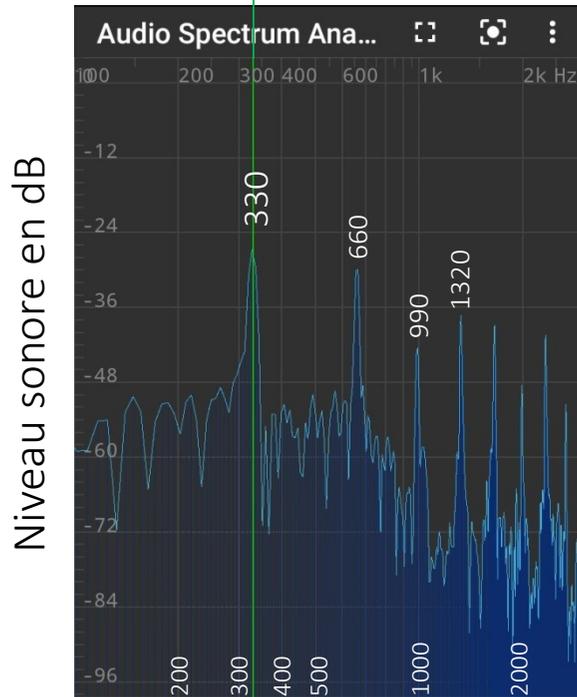


Le spectre :

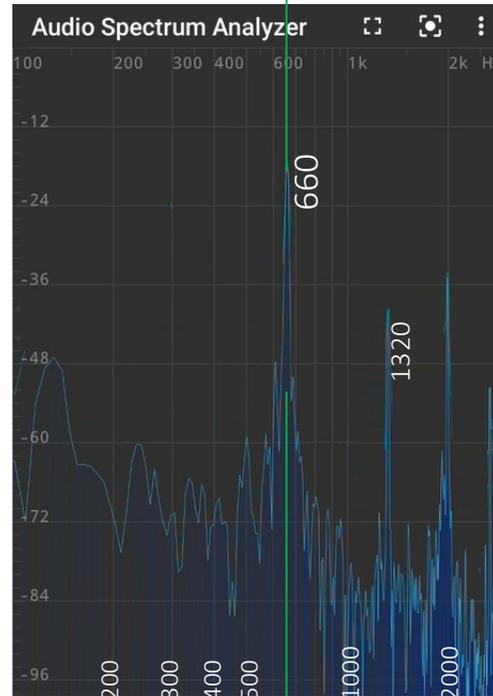
donne la répartition de l'énergie sonore en fonction de la fréquence.

- pour la 1^o note : un mi, le pic principal est à 330 Hz
- pour la 2^o note : un mi, à l'octave, le pic est à 660 Hz
- un octave double la fréquence
- On voit aussi d'autres pics, ce sont des harmoniques

2.2 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DE LA FRÉQUENCE



fréquence en hertz



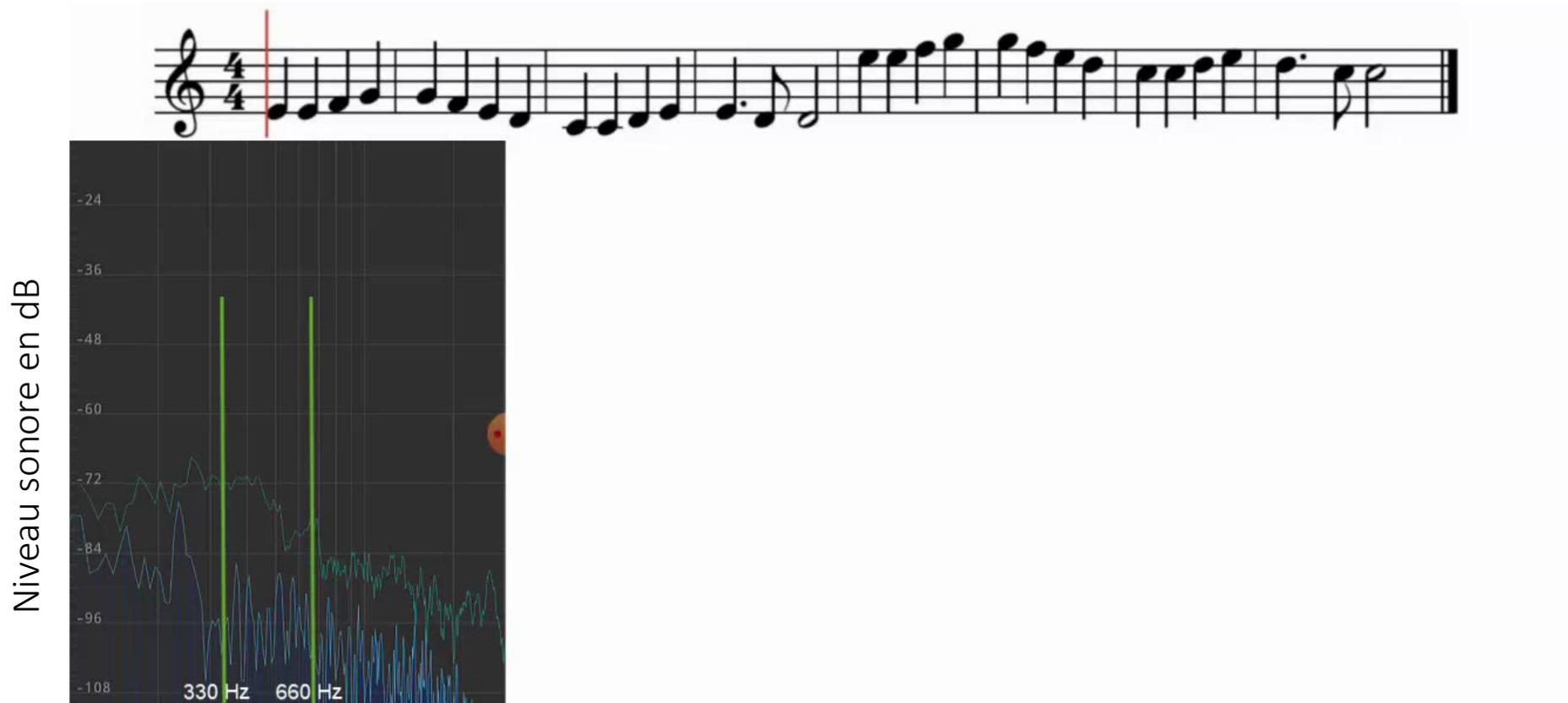
fréquence en hertz

Le spectre :

donne la répartition de l'énergie sonore en fonction de la fréquence.

- pour la 1^o note : un mi, le pic principal est à 330 Hz
- pour la 2^o note : un mi, à l'octave, le pic est à 660Hz
- un octave double la fréquence
- On voit aussi d'autres pics, ce sont des harmoniques

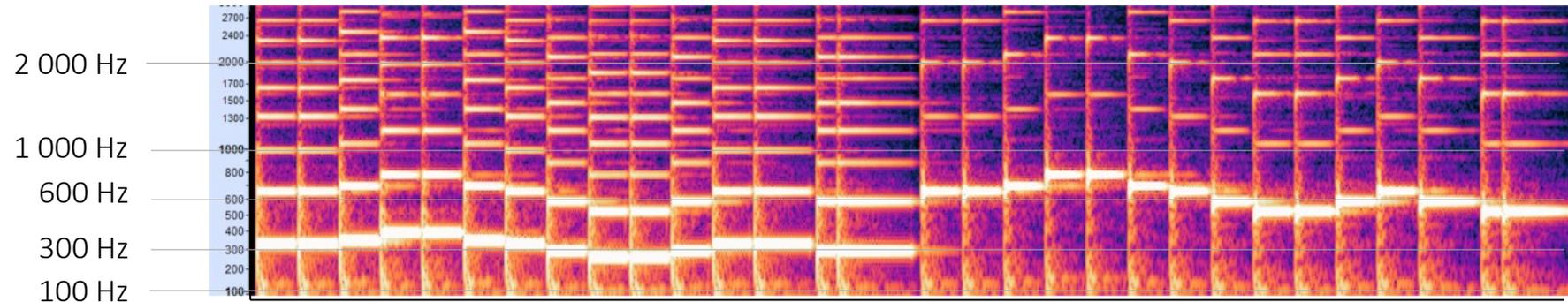
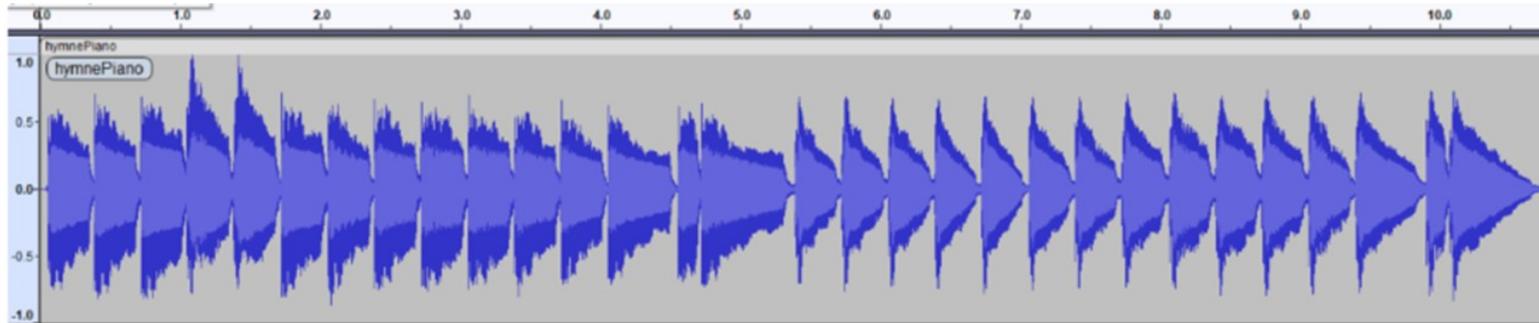
2.2 REPRÉSENTATION DU SON : EN FONCTION DE LA FRÉQUENCE



fréquence en hertz

Cliquer sur l'image pour faire défiler le spectre

2.3 ANALYSE DU SON : en fonction du temps et de la fréquence



OUTILS D'ANALYSE DU SON

- sur PC
audacity



ou academo (en ligne)

<https://academo.org/demos/spectrum-analyzer/>

- sur smartphone



audio spectrum analyzer

à télécharger sur F Droid
ou à cette adresse :

<http://onvaessayer.org?apk=audiospectrumanalyzer>



ou Spectroid

à télécharger sur le playstore

PLAN DE L'ATELIER

1. Introduction
 1. le son, la vitesse du son
 2. la fréquence, sons et ultrasons : quelle est la plus haute fréquence que l'on entend ?
 3. le niveau sonore : les décibels, les risques pour l'oreille
2. Représentations du son :
 1. en fonction du temps
 2. en fonction de la fréquence : le spectre
 3. en fonction du temps et de la fréquence : le spectrogramme ou sonagramme
3. Analyse des sons
 1. étude de différents sons (sonagramme)
 1. musique, chants d'oiseaux
 2. (option) la réverbération dans une salle
 3. (option) mesure d'une distance par décalage de temps entre une onde et son écho
 2. reconnaissance des oiseaux par leur chant

Rédaction en cours

ANALYSE DE DIFFÉRENTS SONS (SPECTROGRAMMES ENTRE 100HZ ET 10KHZ)

A quel spectrogramme correspond chaque son ?
(cliquer sur l'hexagone pour écouter)

1 Baleine à bosse

2 orques

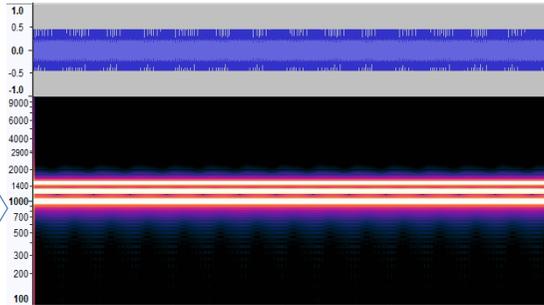
3 Sirène de pompier

4 Chant d'oiseaux

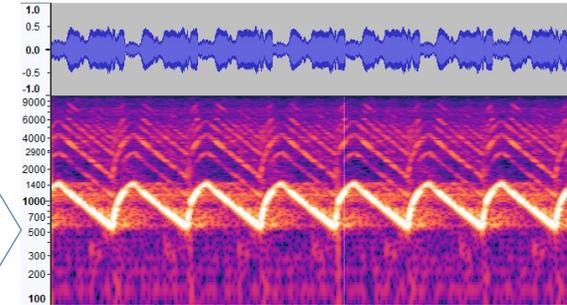
5 Piano

6 accord parfait

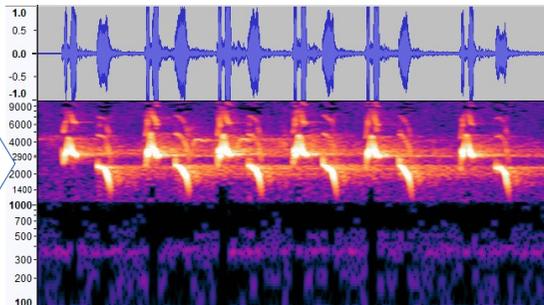
A



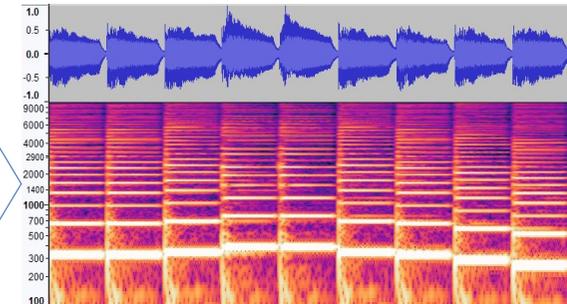
D



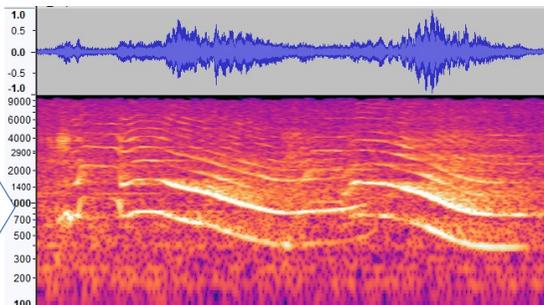
B



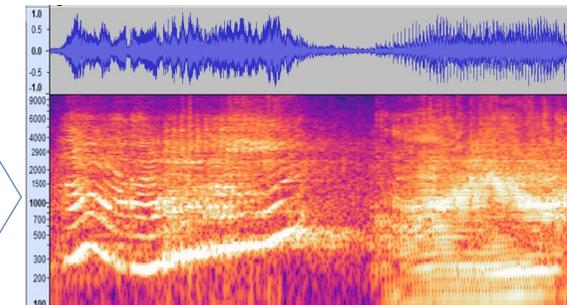
E



C



F



3.0 ANALYSE DU SON : AVEC QUELS OUTILS ?

sur un PC (chez vous ou quand le prof conduit les exercices)



<https://academo.org/demos/spectrum-analyzer/> (simple sans réglage à faire)



audacity (à télécharger et installer depuis le Web)



Ou renvoi à l'écran du PC d'une solution sur smartphone (ex : Vysor)

Solutions sur smartphone



spectroid : pratique mais affichage limité (pas de zoom) voir playstore



audio spectrum analyzer : affichage avec zoom en temps et en fréquence

à télécharger <http://onvaessayer.org?res=audioSpectrumAnalyzer>



Birdnet : bien, pédagogique, en français,



Merlin bird : très bien, temps réel, mais en anglais et spectrogramme noir et blanc

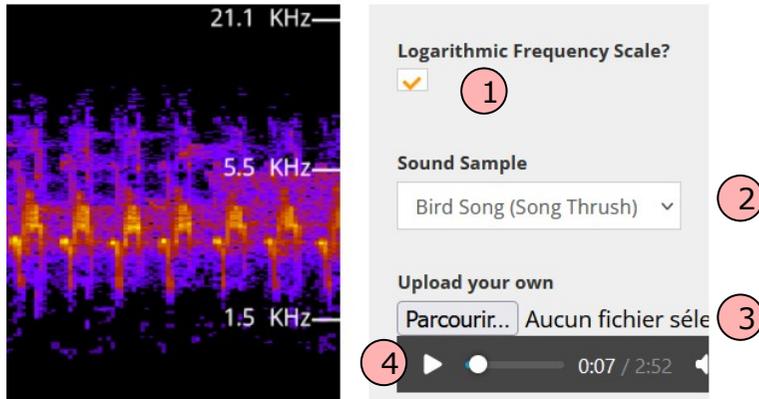
3.0 ANALYSE DU SON : AVEC QUELS OUTILS ?

sur PC (pour les expériences conduites par l'enseignant en classe, ou chez vous)



<https://academo.org/demos/spectrum-analyzer/>

- Logiciel en ligne, rien à installer



1. Cocher la case Logarithmic Frequency Scale
2. Choisir un enregistrement dans la liste initial
3. ou un fichier son (mp3, avi, ...) sur votre PC
4. et lancez la lecture et l'affichage du spectrogramme

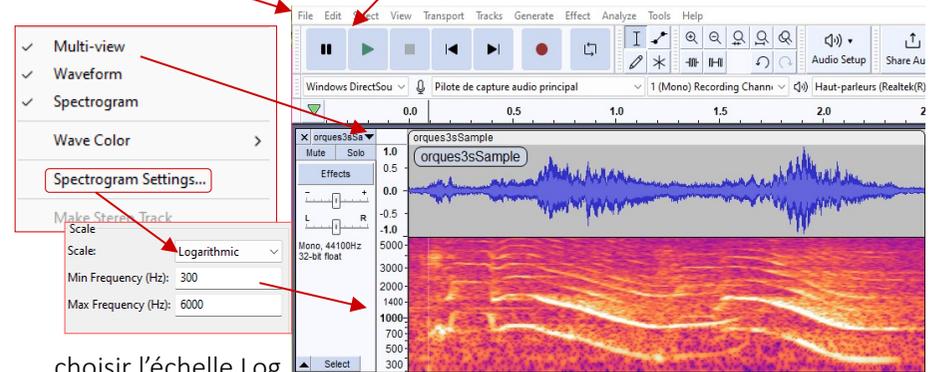


audacity (option)

- logiciel d'enregistrement et d'édition de sources audio (mp3, Wave, AIFF, Flac, Ogg...) distribué sous licence libre pour Windows, MacOS et Linux

<https://www.audacityteam.org/download/>

Ouvrir fichier audio pause/play zoom : ctrl+ / ctrl-



choisir l'échelle Log

ajuster fréquences min et max ex : 200 à 10 000

- si vous ne connaissez pas audacity exercez-vous avant

3.0 ANALYSE DU SON : AVEC QUELS OUTILS ?

sur smartphone : analyseur, sonomètre, (option) générateur, reconnaissance



Audio Spectrum Analyzer

- Cette appli affiche le spectre et/ou le spectrogramme en temps réel

Elle permet

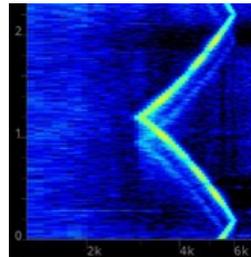
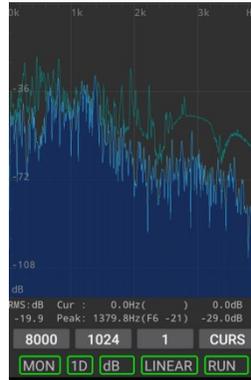
- de choisir et figer la gamme de fréquence
- zoomer sur le temps
- Faire facilement des copies d'écran

Inconvénient :

- Non disponible sur le playstore, à télécharger via F-Droid ou à cette adresse :

<http://onvaessayer.org?apk=AudioSpectrumAnalyzer>

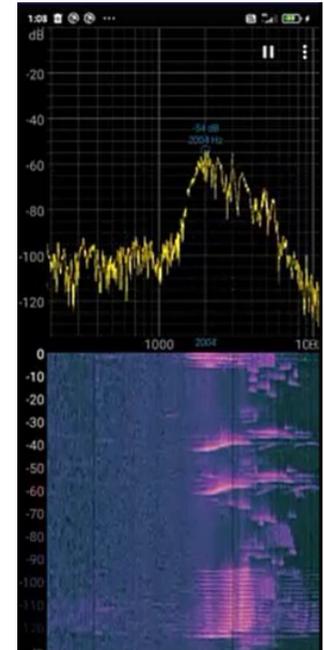
Config : Échelle log entre 300 et 10 000 Hz



spectroid

(2° choix, mais dispo playstore)

- Cette appli affiche le spectre et/ou le spectrogramme en temps réel
- Choisir l'échelle logarithmique
- l'ajustement de la gamme de fréquence se fait en pinçant avec 2 doigts (c'est assez approximatif, et c'est limité en zoom)



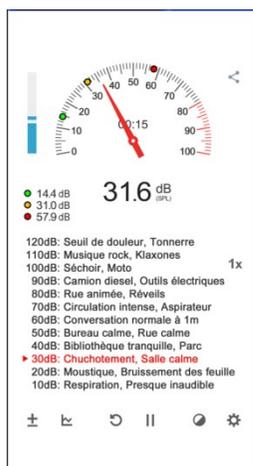
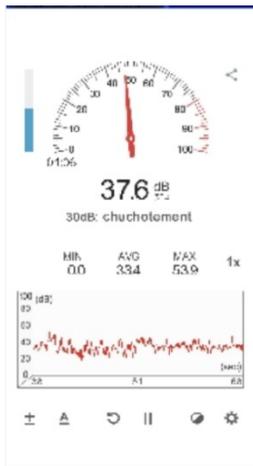
3.0 ANALYSE DU SON : AVEC QUELS OUTILS ?

sur smartphone : analyseur, sonomètre, (option) générateur, reconnaissance



Audio Spectrum Analyzer

- Cette appli affiche le niveau sonore en dbA,
- La calibration avec le bouton en bas à gauche pour ajouter ou retirer un nombre de dB.
- En l'absence de sonomètre, vérifiez simplement que les niveaux affichés correspondent aux valeurs du tableau à droite. A faire avant l'atelier



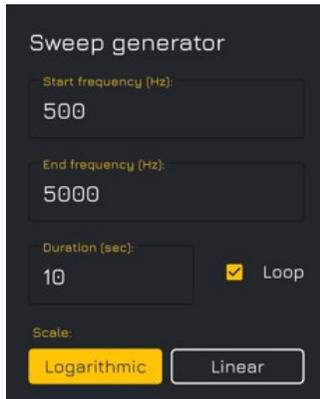
exemple	niveau acoustique dB SPL	niveau acoustique en N/m2 ou pascal
avion à réaction à 50 m	140	200
seuil de la douleur	130	63,2
seuil d'inconfort	120	20,0
scie à ruban à 1m	110	6,3
musique disco à 1m du HP	100	2,0
camion diesel à 10 m	90	0,63
trottoir à 5 m de la circulation	80	0,20
aspirateur à 1M	70	0,063
conversation à 1m	60	0,020
bruit de fond dans une maison	50	0,0063
bibliothèque	40	0,0020
chambre pendant la nuit	30	0,00063
studio d'enregistrement	20	0,00020
bruissement d'une feuille	10	0,000063
seuil de détection de l'oreille	0	0,000020

3.0 ANALYSE DU SON : AVEC QUELS OUTILS ?

sur smartphone : analyseur, sonomètre, (option) générateur, reconnaissance (l'installation d'un générateur de son est optionnelle, elle permet de faire des essais en dehors de la classe, par exemple pour mesurer le temps de réverbération d'une salle)

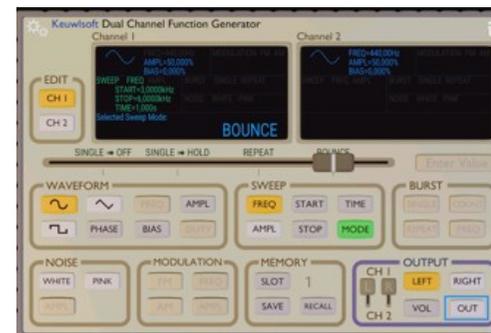
 Frequency Sound Generator (cf. playstore)

Il permet de générer des signaux de formes et de fréquences variable (sinus, carré, dents, ...) ou avec des rampes en fréquence simples, répétitives.



 function generator (cf. playstore)

permet de générer des signaux de formes et de fréquences variable, ou avec une grande variété de rampes répétitives, éventuellement avec du bruit. Il est plus complet mais un peu plus difficile à utiliser



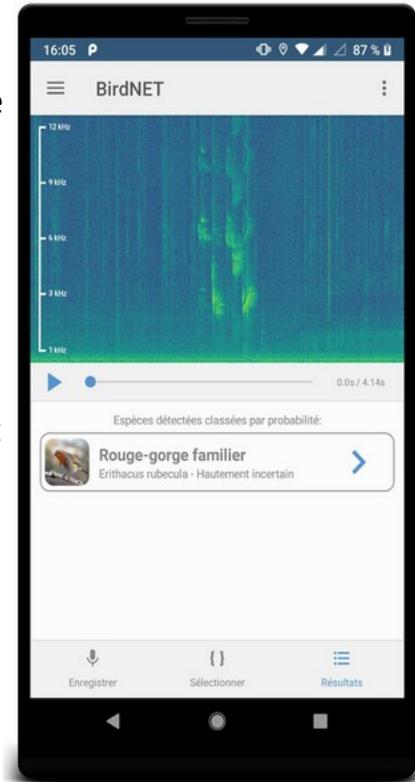
3.0 ANALYSE DU SON : AVEC QUELS OUTILS ?

sur smartphone : analyseur, sonomètre, (option) générateur, **reconnaissance**



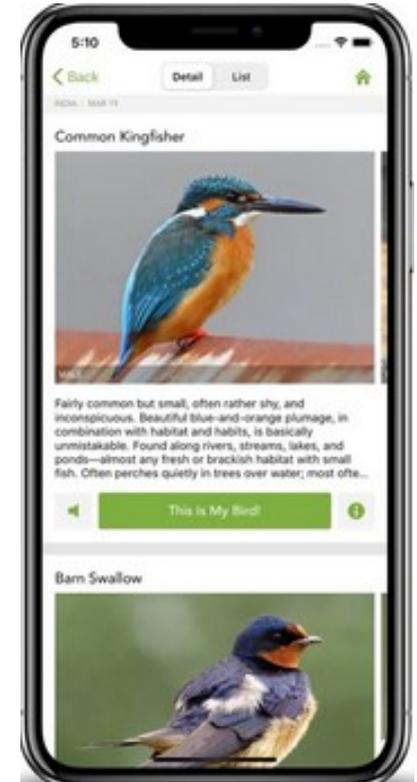
Birdnet (cf. playstore)

- Application de reconnaissance des oiseaux par leur chant développée par le laboratoire d'ornithologie de Cornell. Elle utilise des méthodes d'intelligence artificielles
- Cette application est simple et rapide à installer et utiliser avec l'inconvénient de nécessiter une connexion internet pour effectuer la reconnaissance



Merlin bird (cf. playstore)

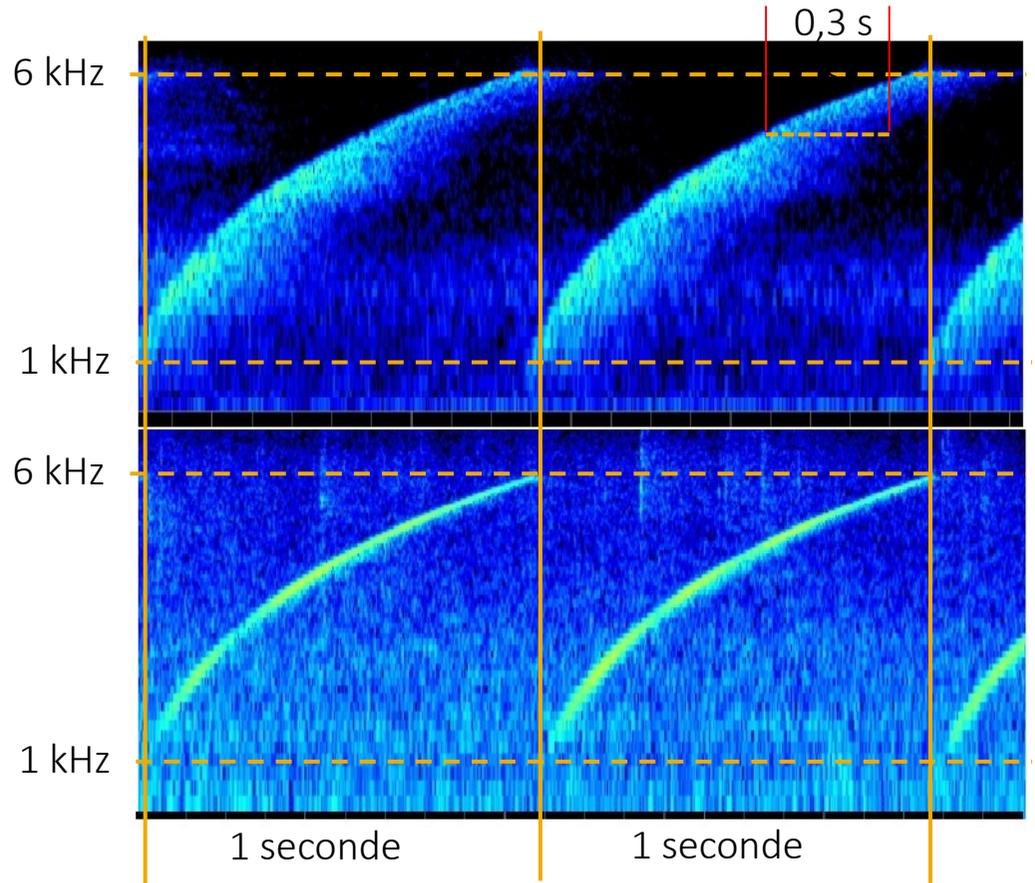
- Application de reconnaissance des oiseaux également issue du laboratoire d'ornithologie de Cornell.
- Elle permet le chargement d'une base de données d'oiseaux et leur reconnaissance locale, sans internet



3.1.1 ÉTUDE DE SONS

- 3 configurations possibles
 1. sur internet : à l'adresse <https://academo.org/demos/spectrum-analyzer/>
 2. avec audacity : ouvrez audacity puis le fichier son à étudier
 3. avec un smartphone :
lancer audio spectrum analyzer (ou spectroid), puis jouer le son depuis le PC
- Fichiers son :
 - [bol tibétain](#), [diapason](#), [verre frotté](#), [verre choc](#),
 - [250Hz](#), [1kHz](#), [1kHz modulé](#),
 - [sirène](#), [piano](#),
 - [Baleine à bosse](#), [orques](#),
 - Balayage et réverbération, balayage et mesure de distance
 - grive musicienne, ... à compléter

3.1.2 (OPTION) RÉVERBÉRATION DANS UNE SALLE



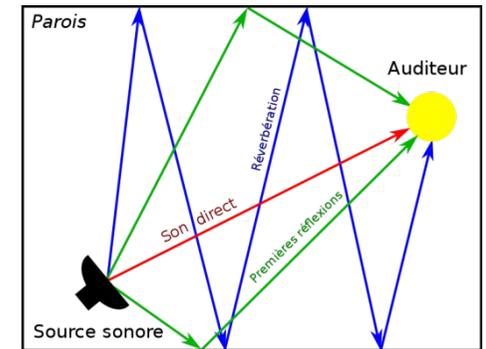
L'émetteur acoustique
balaie de 1 à 6kHz
en 1 seconde

1° enregistrement
dans une pièce

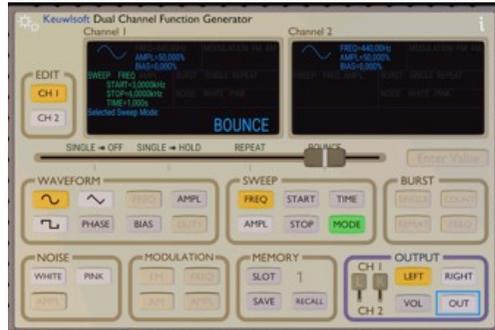
2° enregistrement
à l'extérieur

Quelles différences
voyez vous ?

1. Le bruit de fond n'est pas le même à l'intérieur et à l'extérieur
2. A l'extérieur :
 - Le signal est plus "fin" il n'y a pas decho.A l'intérieur :
 - la réverbération ou l'écho renvoyé par les murs dure environ 0,3 seconde

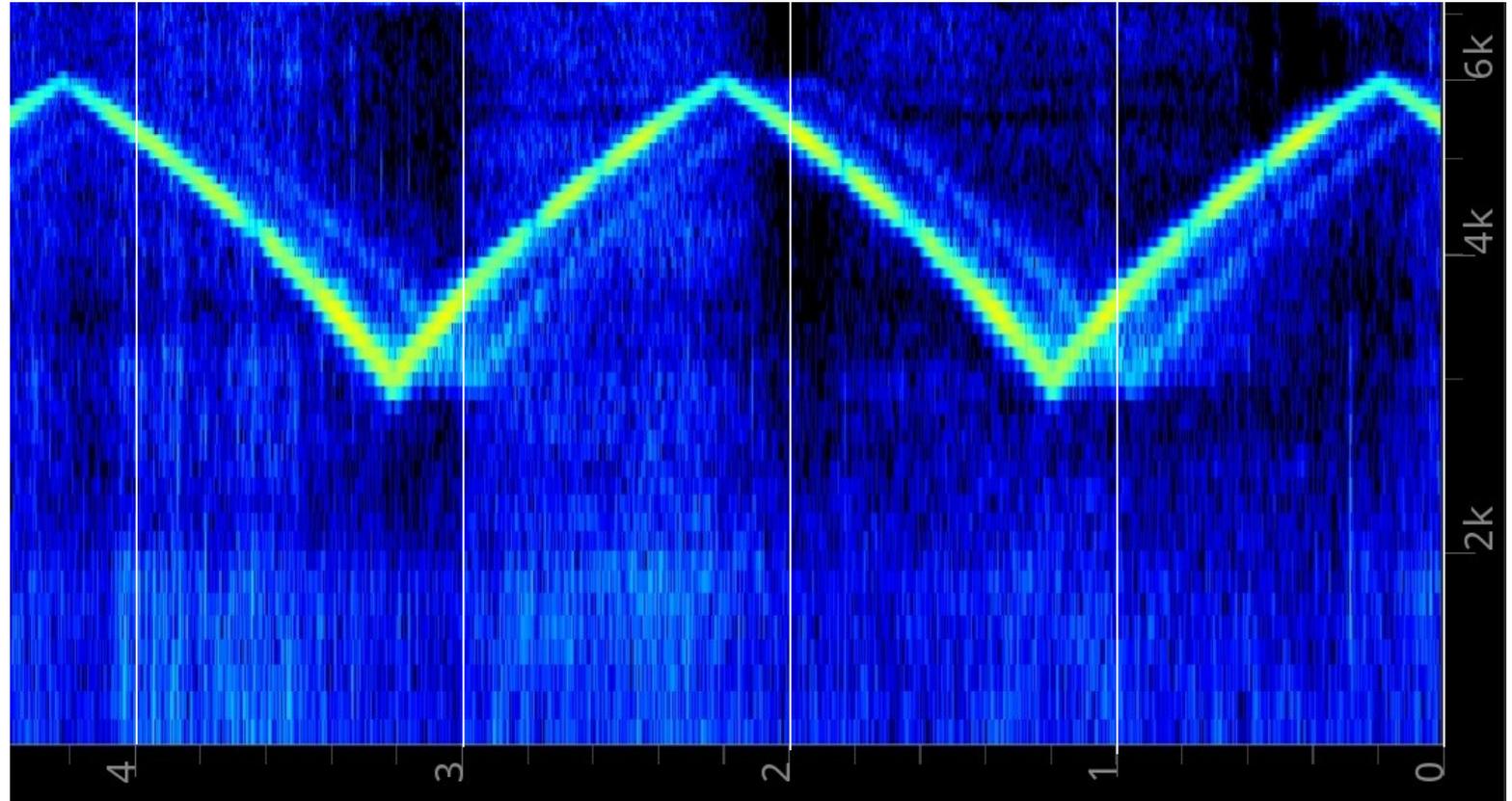


3.1.3 (OPTION) MESURER LA VITESSE DU SON



Réglage émetteur :

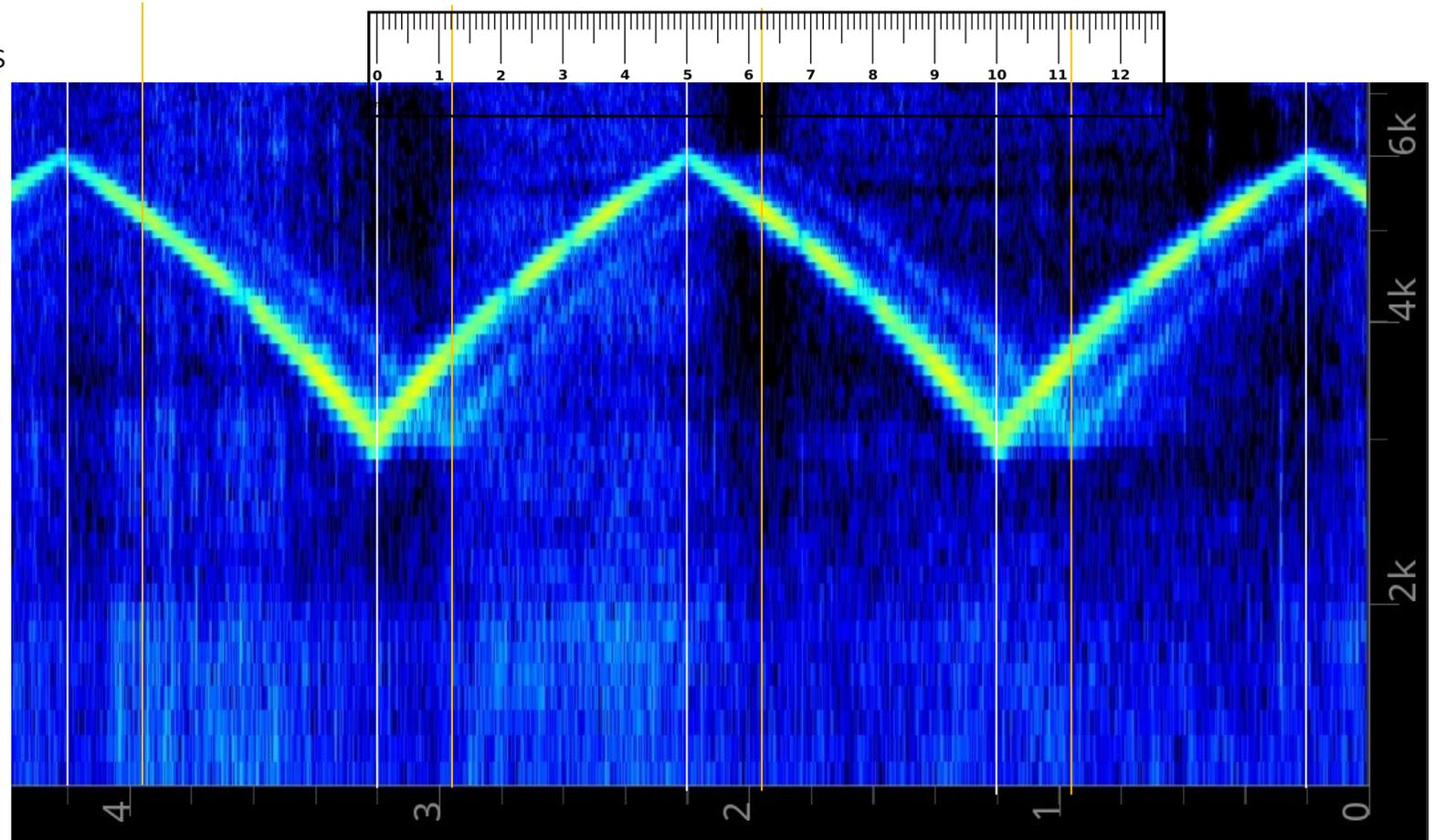
- balayage de 3 à 6 kHz
- en 1 seconde
- répétitif, mode bounce



3.1.3 (OPTION) MESURER LA VITESSE DU SON

$$\Delta t = 1,2/5 = 0,24 \text{ s}$$

$$V = D/\Delta t = 70/0,24 = 292 \text{ m/s}$$



3.1.3 RECONNAITRE LE CHANT DES OISEAUX

- Expérience en classe à conduire par les élèves avec un portable
- Birdnet est plus simple mais nécessite Internet
- Merlin Bird est bien si vous avez pu le configurer sur tous les portables,
- L'enseignant passe des chants d'oiseaux, les élèves doivent les identifier

Fin de cette présentation
continuez à expérimenter