

Comment s'isoler du bruit ?

Activité : Qu'est-ce que le son ?

Document 1 : Les ondes sonores

Un son est émis par un objet en vibration (membrane d'un haut-parleur, cordes vocales...).

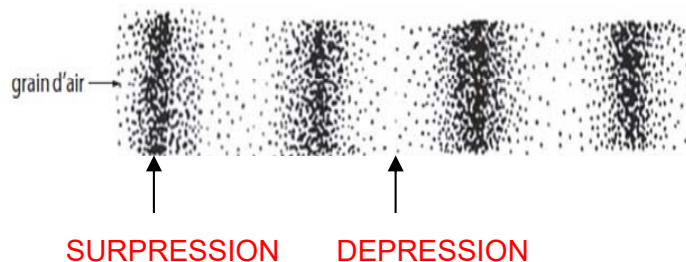
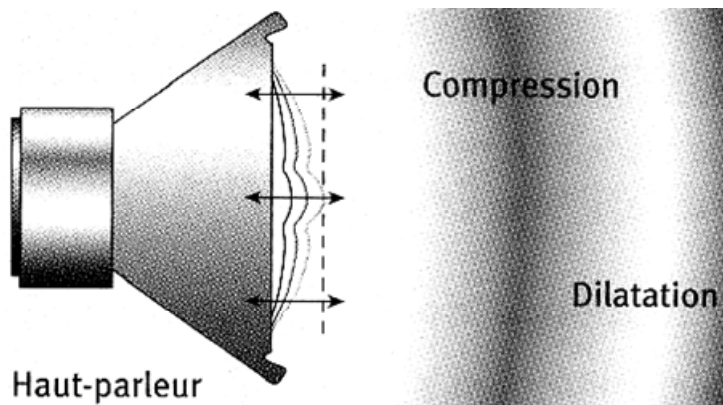
Les vibrations font osciller les molécules de l'air en contact avec l'objet et se communiquent aux molécules voisines qui oscillent à leur tour.

La propagation d'un son nécessite donc un milieu matériel (gaz, liquide, solide).

Un son ne se propage pas dans le vide.

La propagation du son dans l'air se fait sous la forme d'une onde mécanique de pression.

Dans l'air, des zones de compression alternent périodiquement avec des zones de dépression et progressent.



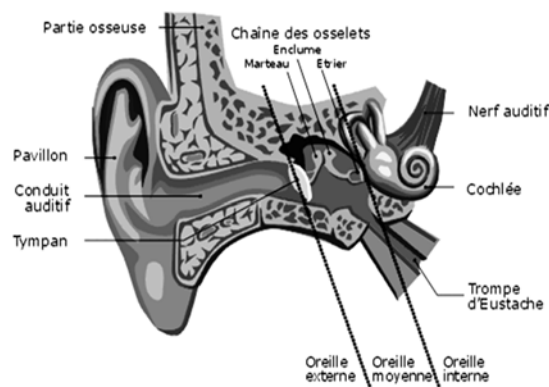
Une onde sonore est un phénomène **physique** qui se propage par une suite de **surpression** et de **dépression** du milieu de propagation

Document 2 : Vitesse des ondes sonores

Le son se déplace sous forme d'ondes et plus ou moins rapidement selon les milieux. Quand ces ondes atteignent nos oreilles, elles font vibrer nos tympans. Notre cerveau décrypte ces vibrations et les reconnaît comme les sons que nous connaissons.

On peut provoquer des vibrations dans l'air en frottant ou en pinçant les cordes d'une guitare ou en chantant, en faisant vibrer ses cordes vocales.

On peut également produire un son avec n'importe quel objet frottant sur un autre : un crayon sur une feuille de papier, l'air frottant sur une voiture en déplacement, la vague frottant contre la falaise... Ces sons sont perçus comme des bruits non musicaux.



1. Une onde sonore peut-elle se propager dans le vide ? Expliquer pourquoi.

Non, il faut un milieu matériel (gaz, liquide ou solide) pour qu'une onde sonore puisse se propager.

2. Le son se propage-t-il toujours à la même célérité ?

Non, la célérité d'une onde dépend du milieu de propagation.

3. De quel paramètre dépend la vitesse de propagation d'un son ?

Elle dépend du milieu de propagation

Comment se propage le son ?

L'animation disponible sur le **site ostralo + onde sonore** et au lieu ci-contre : permet de visualiser une onde sonore.

4. Que se passe-t-il avec les particules du milieu où se propage une onde sonore ?

Les particules se déplacent localement et ont pour effet de communiquer leur mouvement aux particules voisines. On parle d'une propagation de proche en proche.

5. Comment est le milieu de propagation après le passage de l'onde sonore ?

Il est identique à avant le passage de l'onde sonore.

Une onde, qu'elle soit sonore ou d'un autre type (mécanique, électromagnétique,...) est toujours un déplacement d'énergie dans le milieu de propagation. Il n'y a pas de propagation de matière, c'est uniquement l'énergie qui se propage.

Montage : cloche à vide

Voici une cloche à vide. Une pompe permet d'aspirer l'air présent dans la cloche. Ainsi un vide relatif est formé à l'intérieur de la cloche.



✂ Proposer une expérience pour mettre en évidence la non propagation des ondes sonores dans le vide

Si on place un réveil qui sonne et une lampe allumée dans une cloche à vide et qu'on fait le vide. On va pouvoir savoir si une onde sonore et une onde lumineuse peuvent se propager dans un vide partiel créé à l'aide de la pompe qui va venir aspirer une grande partie des molécules composant l'air dans la cuve, créant ainsi un vide partiel.

6. Qu'observe-t-on ? Et qu'en conclue-t-on ?

On observe que l'on peut encore visualiser la lumière émise par la lampe mais on entend plus le son émis par le réveil. Les ondes sonores ne sont plus transmises car il n'y a plus de milieu matériel permettant cette propagation.

Comment s'isoler du bruit ?

TP : Quelle grandeurs caractérisent le son ?

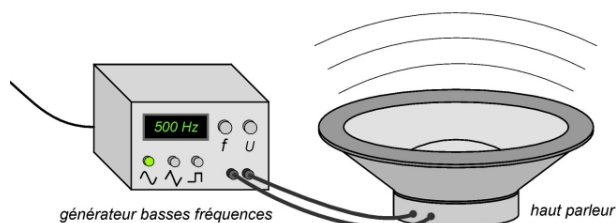
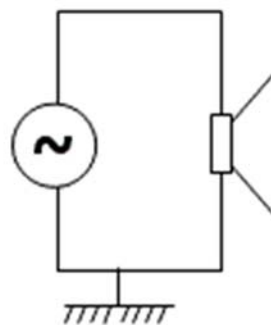


Schéma du montage



- ✂ Réaliser le schéma ci-contre.
- ✂ Produire un son avec un GBF relié à un haut-parleur.

- ✂ Faire varier la fréquence du son créé par le GBF.

1. Que fait varier la fréquence sur le son perçu ?

La fréquence fait varier la hauteur du son (il paraît ainsi plus aigu ou plus grave si on augmente ou diminue la fréquence du signal émis par le GBF)

- ✂ Faire varier l'amplitude du signal créé par le GBF (avec le bouton Level du GBF)

2. Que fait varier l'amplitude du signal sur le son perçu ?

L'amplitude fait varier l'intensité du son (il paraît plus fort ou plus faible si on augmente ou diminue l'amplitude du signal).

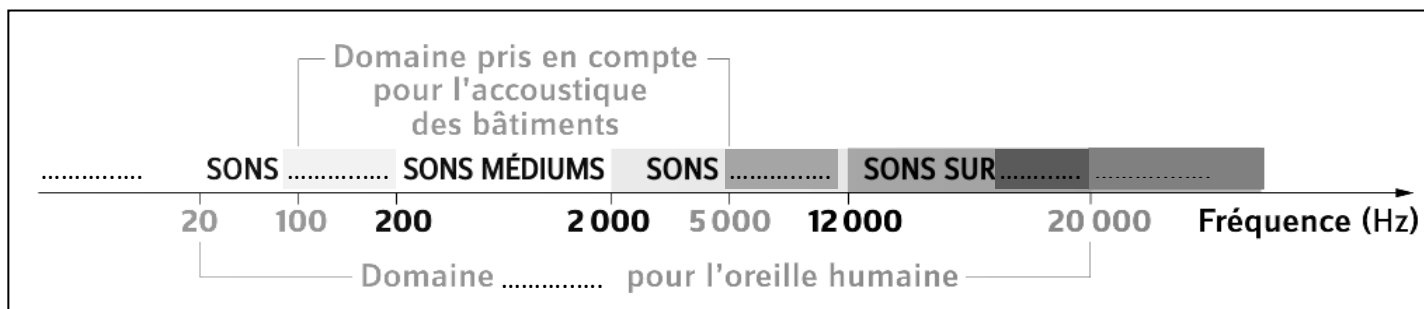
Influence de la fréquence d'un son

- ✂ Partir de 10 Hz et parcourir la gamme audible par l'homme.

✎ Compléter le schéma ci-dessous avec les mots :

audible ; ultrasons ; grave ; infrasons ; aigu ; aigu

✎ Indiquer en vert votre propre domaine audible :

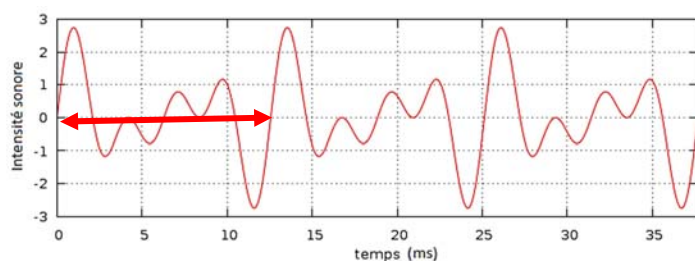


Plus la fréquence d'un son augmente, plus le son devient **aigu**. . Au contraire, si la fréquence du son diminue, le son devient plus **grave**

3. Rappeler la relation entre la fréquence f et la période T d'un signal :

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

4. Quel est la fréquence du signal ci-dessous ?



$$T = 12,5 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12,5 \times 10^{-3}} = 80 \text{ Hz}$$

Intensité sonore et niveau sonore

On appelle intensité sonore I , la puissance P reçue par le récepteur par unité de surface S

On note I_0 l'intensité sonore de référence ; I_0 est la plus petite intensité sonore audible.

Pour une fréquence de 1000 Hz, $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

Le niveau sonore L est une grandeur qui s'exprime en décibel () et qui se mesure à l'aide d'un sonomètre.

Relation niveau sonore L (dB), intensité sonore I (W.m^{-2})

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

touche **log** de la calculatrice

3. Sur une notice, l'intensité sonore d'une vuvuzela à 1 m est $I = 10^{-1} \text{ W.m}^{-2}$. Quel est son niveau sonore L ?

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{10^{-1}}{10^{-12}} \right) = 110 \text{ dB}$$

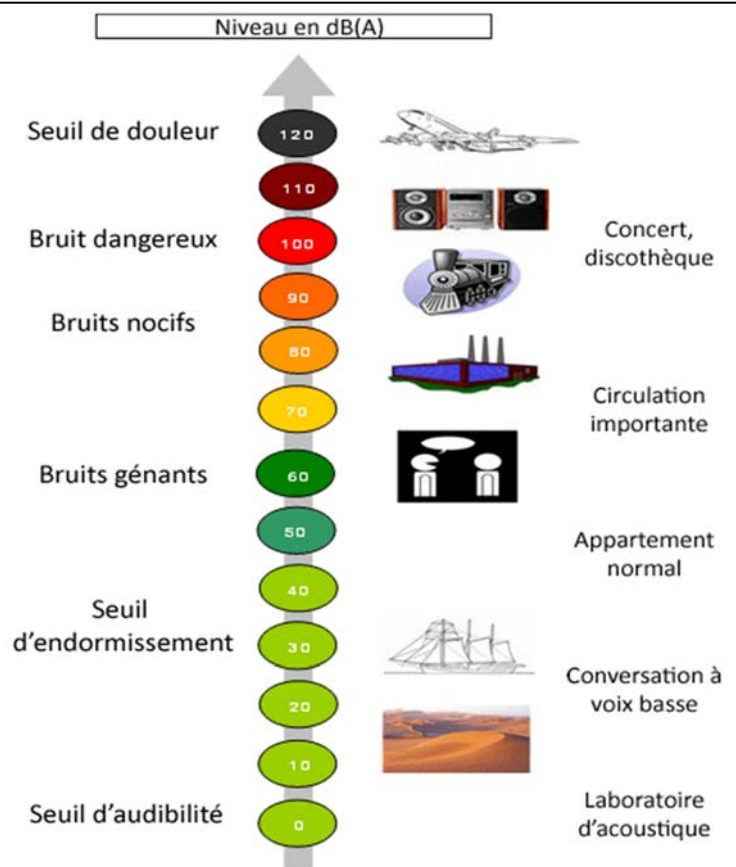
Influence de l'intensité d'un son

Le niveau sonore L (la quantité d'énergie transmise par une onde sonore) est exprimé en décibels (dB) : plus un son a une intensité forte, plus on dit que le son est bruyant. Mais il faut savoir que si on augmente de 10 unités dB alors le son est dix fois plus fort. Par exemple un son de 40dB est 10 fois plus fort qu'un son de 30dB. Un son de 50dB est cent fois plus fort qu'un son de 30dB et un son de 60dB est fois plus fort qu'un son de 30dB.

- 10 dB : feuilles mortes qui tombent
- 60 dB : conversation courante
- 90 dB : musique avec un volume très fort (seuil de danger)
- 110 dB : concert de rock/discothèque (risque de dégâts permanents à l'oreille)
- 130 dB : décollage d'avion (seuil de douleur)
- 160 dB : décollage de fusée

Un niveau sonore de 0 décibel ne se rencontre jamais dans la vie réelle. Le silence, l'absence totale de bruit, n'existe pas, sauf dans certains laboratoires qui étudient le son. Pour un humain, il restera toujours les bruits de son propre corps, même si on n'y prête pas attention.

Le terme pollution sonore est une manière de dire que l'intensité du bruit à un endroit est plus élevée que ne le souhaitent les occupants de cet endroit. Il existe des techniques d'isolation sonore pour limiter les nuisances sonores.



2. Qu'est-ce que le niveau sonore et en quelle unité s'exprime-t-elle ?

Le niveau sonore L (la quantité d'énergie transmise par une onde sonore) est exprimé en décibels (dB)

3. De combien est multiplié la puissance sonore lorsqu'on passe de 90 dB à 100 dB ?

Il est 10 fois plus fort.

4. Et de 60 dB à 100 dB ?

Il est 10 000 fois plus fort

✂ Avec un sonomètre mesurer l'intensité du son produit par une conversation :

- Lorsque vous murmurez ou chuchotez : 30 dB..
- Lorsque vous parlez à voix haute, normalement (sans crier) : 60 dB

Pour éviter que les oreilles des spectateurs soient endommagées lors des concerts, certains pays limitent le volume sonore. Malgré ces lois, on conseille aux spectateurs dans les concerts de placer des petits morceaux de mousse (tampons auriculaires ou bouchons anti-bruit) dans les oreilles pour se protéger. Il existe aussi des réglementations pour les appareils comme les lecteurs MP3. Il est important de savoir qu'un son trop fort peut endommager l'intérieur de l'oreille de manière irréversible et provoquer la surdité à long terme ou l'apparition d'un sifflement (dont le nom scientifique est acouphène). Malgré les progrès de la médecine, on ne peut pas toujours soigner ou réparer ces problèmes.

Pour se protéger des risques liés à un endommagement de l'appareil auditif à cause d'un son trop fort, il faut :

- Lors des concerts, ne pas se tenir près des haut-parleurs.
- Utiliser des tampons auriculaires lors des concerts ou des spectacles
- Ne jamais mettre le volume de son lecteur MP3, baladeur, etc... au maximum. Pour la plupart des appareils, un volume inférieur à la moitié disponible est souvent suffisant.
- Quitter immédiatement un endroit où le volume est élevé si on ressent une douleur à l'oreille. Ne pas y retourner même si la douleur disparaît.
- Consulter un médecin si l'on a l'impression de moins bien entendre, que l'on entend des sifflements ou des bruits désagréables et anormaux. Il faut aussi voir un médecin si l'oreille est douloureuse.

Vitesse du son

L'objectif aujourd'hui est de mesurer la vitesse d'une onde sonore dans le milieu qui nous intéresse le plus : l'air.

On rappelle que la vitesse d'une onde sonore c'est la distance parcourue par le son par unité de temps.

La vitesse du son est très variable selon la matière qu'il traverse : dans l'eau il se déplace à 1500 mètres par seconde et plus de 5000 mètres par seconde dans l'acier ! Cela veut dire aussi que les animaux qui peuvent entendre sous l'eau reçoivent le son bien plus vite que nous.

Matériel disponible :

- Clap (pour réaliser un son court et puissant)
- 2 micro
- 1 règle
- Ordinateur + Logger Pro

Proposer un protocole permettant de mesurer la vitesse du son dans l'air :



Protocole :

On place sur la paillasse le clap et les micro 1 et 2 à distance du clap. Les micro 1 et 2 sont eux même séparés d'une distance noté d.

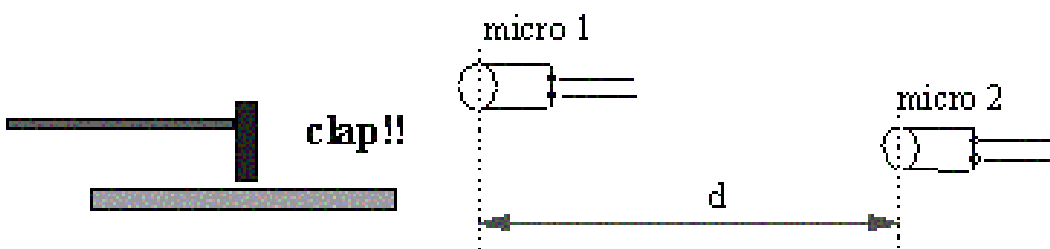
On lance l'enregistrement et actionne le clap.

Sur l'enregistrement on peut déterminer le temps t mis par le son pour aller du micro 1 au micro 2 : c'est l'écart entre les deux signaux.

On utilise la formule : $v = d/t$ pour déterminer la vitesse de l'onde sonore.



Schéma :



Comment s'isoler du bruit ?

TP : Mesure de la vitesse du son

Notion de retard

On observe la propagation d'une onde le long d'une corde.

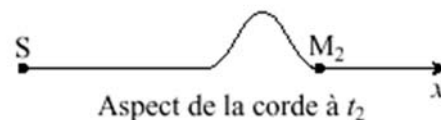
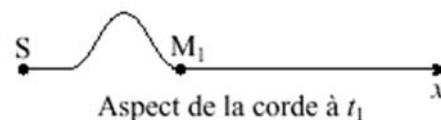
Le point M_1 subit un déplacement à la date t_1 .

La perturbation arrive en M_2 à la date t_2

Cette perturbation est celle qui existait auparavant au point M_1 à l'instant $t = t_2 - t_1$.

Si d est la distance parcourue par la perturbation et Δt est l'intervalle de temps que dure ce parcours, la vitesse de propagation (ou célérité) v de l'onde est donnée par :

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$



$t_2 - t_1$ est le retard de M_2 sur M_1 .

1. Sur internet, écrire sur le moteur de recherche : ostralo + ondes
Puis cliquer sur mesure de la célérité d'une onde

Choisir mesure de la célérité d'une onde le long d'une corde.

En expliquant votre démarche calculer la célérité de cette onde.

Mesure de la vitesse du son dans l'air

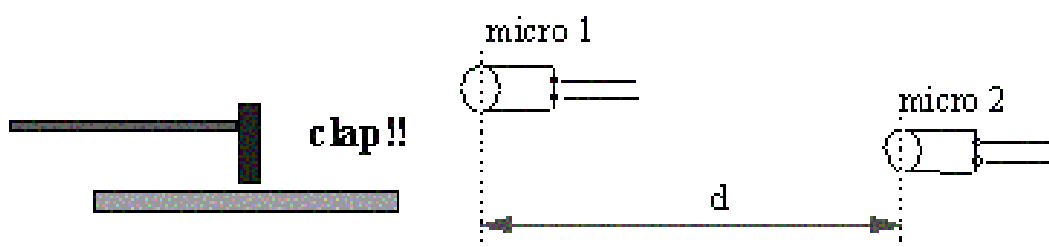
I. Montage

Matériel disponible : 2 micros + interface Logger pro

Les microphones M_1 et M_2 sont respectivement connectés aux voies CH1 et CH2 de l'interface d'acquisition Logger pro. Les micros sont espacés d'une distance de 30 cm. L'onde sonore est produite par un « clap » à proximité du microphone 1.

Sur la voie 1 de l'interface, on enregistre la tension u_1 aux bornes de M_1 , image de la vibration sonore reçue par M_1 .

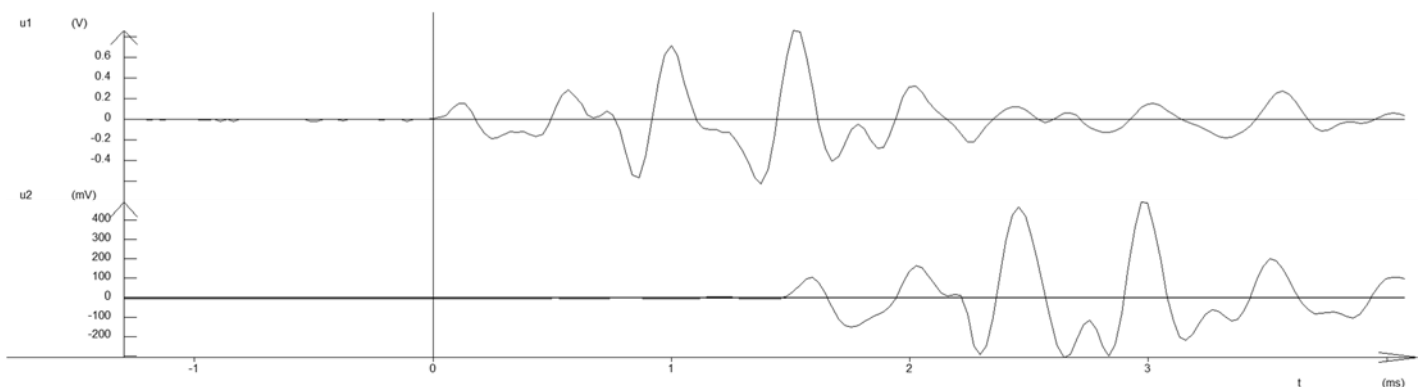
Sur la voie 2 de l'interface, on enregistre la tension u_2 aux bornes de M_2 , image de la vibration sonore reçue par M_2 .



II. Protocole expérimental

- ✂ Brancher l'interface à l'ordinateur et les micros sur *CH1* et *CH2*.
- ✂ Ouvrir le logiciel Logger pro.
- ✂ Appuyer sur l'icône **Paramètres** et cliquer sur l'onglet synchronisation.
- ✂ Sélectionner **Déclenchement** et **Sur une valeur de capteur**, puis **croissant** à 2,5 V
- ✂ Clic droit sur le graphique : Option graphe : sélectionner **Pression décalée 2** au lieu de **Pression son 2**.
- ✂ Disposer le micro n°1 sur la paille à proximité du clap (environ 5 cm).
- ✂ Disposer le micro n°2 à 50 cm du micro n°1.
- ✂ Frapper dans vos mains (clap) et vérifier que l'acquisition des deux signaux est bien effective.
- ✂ Appuyer sur l'onglet **Analyse** puis **Examiner** pour mesurer le décalage du signal sur le graphique.
- ✂ Déterminer la vitesse du son

III. Enregistrement



2. Déterminer la durée Δt (ou τ) mise par l'onde sonore pour parcourir la distance d entre les 2 microphones sur l'enregistrement de la feuille. Comment nomme-t-on la durée τ ?

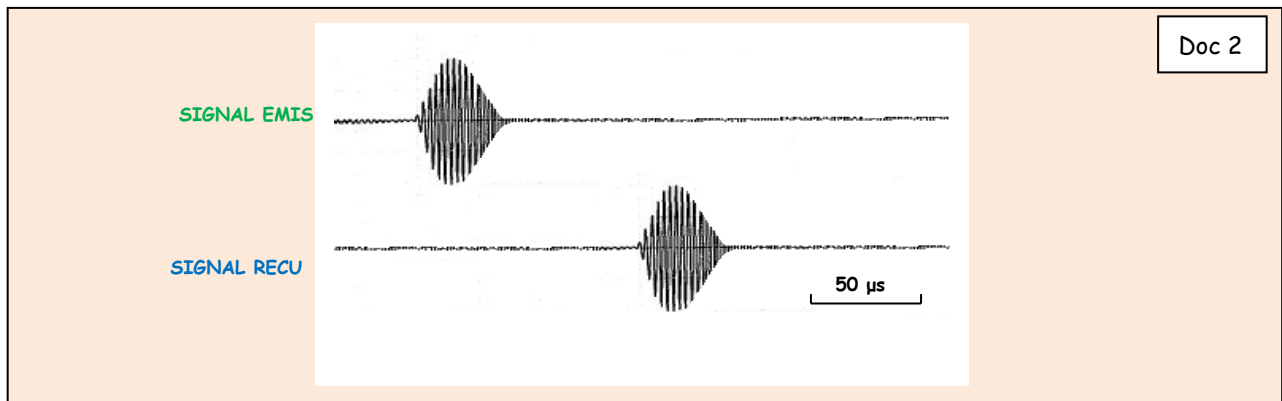
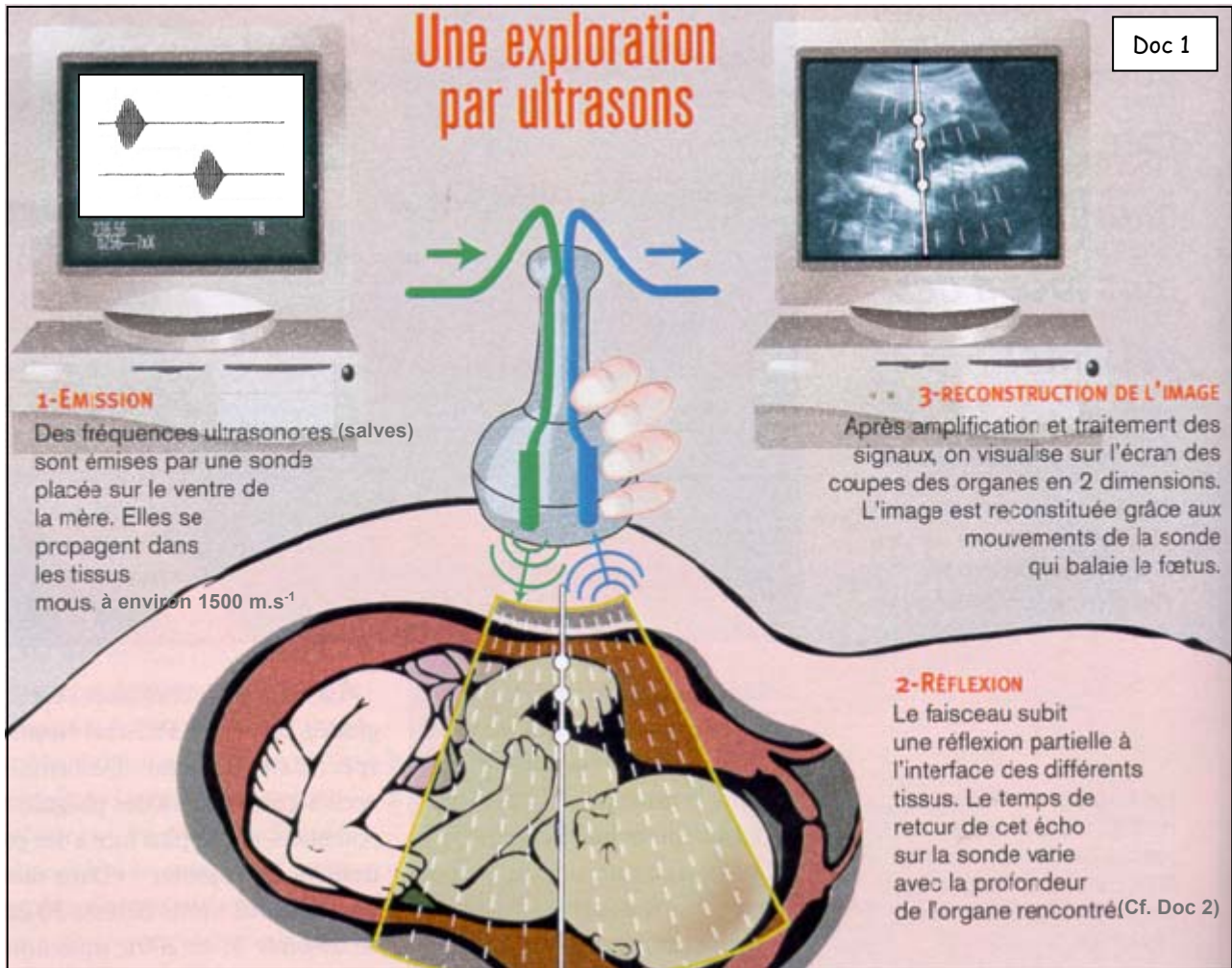
$$\Delta t = 1,5 \text{ ms} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

3. Les microphones sont séparés d'une distance $d = 50 \text{ cm}$, déterminer la vitesse v du son dans l'air.

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{0,50}{1,5 \times 10^{-3}} = 333 \text{ m/s}$$

Principe de l'échographie

Le document ci-dessous résume le principe de l'échographie qui fonctionne avec des ondes ultrasonores.



4. En se basant sur le document 1, résumez en deux phrases le principe de l'échographie.

Une onde ultrasonore est émise (onde sonore de fréquence $> 20 \text{ kHz}$), cette onde se propage dans le corps humain et est réfléchi selon le tissu humain rencontré. Cette réflexion est captée par la sonde émetrice et on mesure le temps mis par l'onde pour faire l'aller retour. Un traitement informatique permet à partir de ces données de reconstruire une image.

5. En se servant du document 2, peut-on déterminer la distance à laquelle se trouvait l'organe à l'origine de la réflexion ?

$$v = \frac{d}{\Delta t} \rightarrow d = v \times \Delta t = 1500 \times 125 \times 10^{-6} = 0,187 \text{ m} = 18,7 \text{ cm}$$

Comment s'isoler du bruit ?

TP : Comment s'isoler des bruits du voisinage

OBJECTIF

Le but de ce TP est de proposer puis de réaliser des expériences permettant de vérifier deux des principes de l'isolation acoustique : la loi de masse et la loi masse-ressort-masse.

Document 1 : Les principes de l'isolation phonique

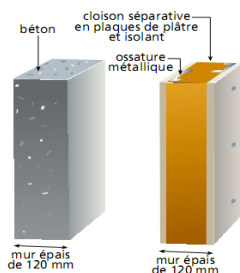
Trois principes de base

Pour réaliser une isolation acoustique, il existe trois principes à connaître :

■ Principe 1 : loi de masse

Plus c'est lourd, mieux ça isole. Autrement dit, à épaisseur égale, un cloison en béton isolera mieux qu'une cloison en carreaux de plâtre, car à volume égal, le béton est plus lourd que le plâtre.

■ Principe 2 : loi masse-ressort-masse



En combinant certains matériaux, on peut appliquer le principe dit « masse-ressort-masse ». Il consiste à utiliser des parois doubles, comme des plaques de plâtre ou des cloisons en briques désolidarisées séparées par de l'air rempli par une laine minérale, qui absorbe et dissipe l'énergie.

Dans ce cas pour une même épaisseur totale de paroi :

- la paroi double, avec deux ossatures (une par parement) isolera d'au moins **4 dB de plus** que la paroi simple ;
- la **masse totale** de cette paroi double sera **environ six fois inférieure** à la masse totale de la paroi simple.

En rénovation, cette solution permet un traitement efficace sans surcharger les structures.

■ Principe 3 : loi d'étanchéité

Là où l'air passe, le bruit passe. Le bruit passe sous les portes, par l'absence de joints aux fenêtres, par les conduits de cheminée, par les entrées d'air, par les coffres de volets roulants et aussi par la paroi si elle n'est pas étanche. Un bon isolement acoustique suppose une **bonne étanchéité à l'air**.

www.ademe.fr

Document 2 : L'indice d'isolement acoustique d'une paroi pour les bruits aériens

L'isolement acoustique noté D_b ou perte de transmission (à ne pas confondre avec dB) entre deux locaux est la différence entre les deux niveaux de pression acoustique entre le local d'émission et le local de réception :

$$D_b = L_1 - L_2$$

D_b : isolement acoustique brut (dB)

L_1 : niveau acoustique émis (dB)

L_2 : niveau acoustique reçu (dB)

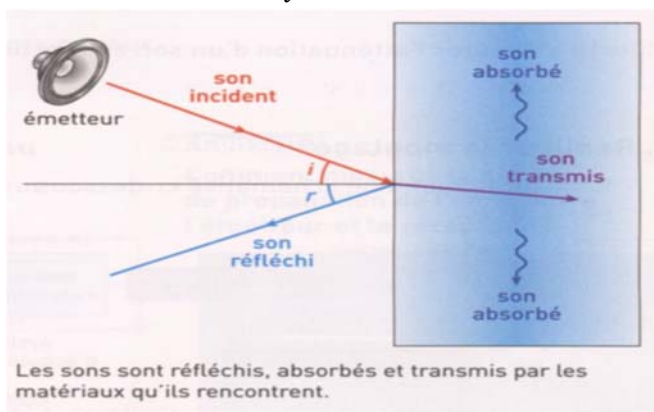
Document 3 : Réflexion / réfraction d'une onde sonore

Quand un son rencontre un obstacle, une partie est **réfléchi**, l'autre est **transmise** dans la paroi.

Le son transmis dans la matière est en partie **absorbé**

- Une onde sonore ou ultrasonore se réfléchit sur une paroi en respectant la loi de Descartes :

$$i = r$$



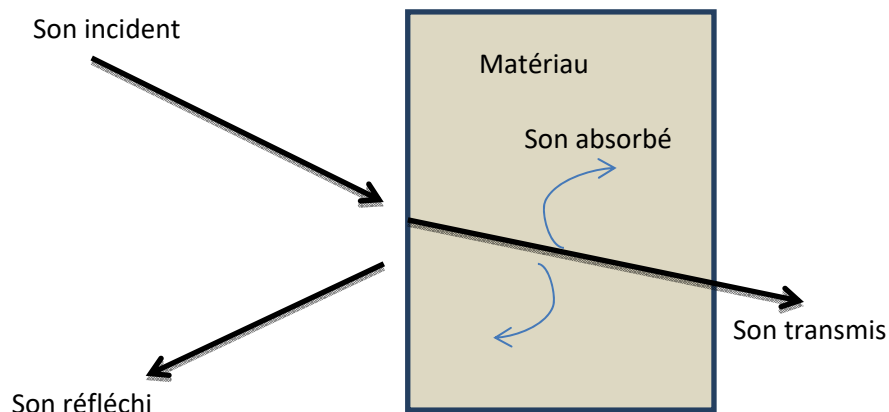
Les sons sont réfléchis, absorbés et transmis par les matériaux qu'ils rencontrent.

MATÉRIEL MIS À DISPOSITION :

- 1 caisson acoustique jouant le rôle d'une chambre sourde.
- 1 buzzer
- 1 GBF
- 1 Haut-Parleur
- Deux fils de connexion
- Des plaques de 4 matériaux différents : polystyrène expansé ; bois ; plâtre ; polyméthacrylate de méthyle (PMMA : plexiglas®).

TRAVAIL A EFFECTUER

1. Compléter le schéma en indiquant sur les flèches son incident, son absorbé, son réfléchi, son transmis



Loi des masses

2. D'après la loi des masses, quel matériau est le meilleur isolant acoustique ? Le moins bon ? Justifier la réponse à l'aide de mesures.

Le matériau le plus dense (donc le plus lourd) devrait être le meilleur isolant acoustique.

.....

.....

.....

Manipulation :

- ✂ Placer le buzzer dans le caisson acoustique à l'emplacement prévu à cet effet. L'allumer.
- ✂ Fermer le caisson.
- ✂ Placer le sonomètre à l'extérieur du caisson, face au buzzer dans l'emplacement prévu à cet effet, indiquer la valeur MIN.
- ✂ Mesurer le niveau d'intensité acoustique en appuyant sur la boîte.
- ✂ Recommencer en intercalant une plaque des différents matériaux entre le buzzer et le sonomètre, à distance fixe du buzzer et du sonomètre.
- ✂ Consigner les résultats obtenus dans le tableau suivant :

Matériau	Sans	Polystyrène expansé	Bois	Plâtre	PMMA
Niveau d'intensité acoustique reçu L (dB)					
Indice d'isolement acoustique (dB)					

3. Les résultats obtenus sont-ils conformes à votre prévision ?

.....

.....

Vérification de la loi masse – ressort – masse.

4. Proposer un protocole permettant de vérifier la loi masse – ressort – masse.

.....

.....

.....

.....

5. Réaliser l’expérience, puis indiquer les résultats ci-dessous :

.....

.....

.....

.....

Influence de la fréquence sur l’isolation acoustique

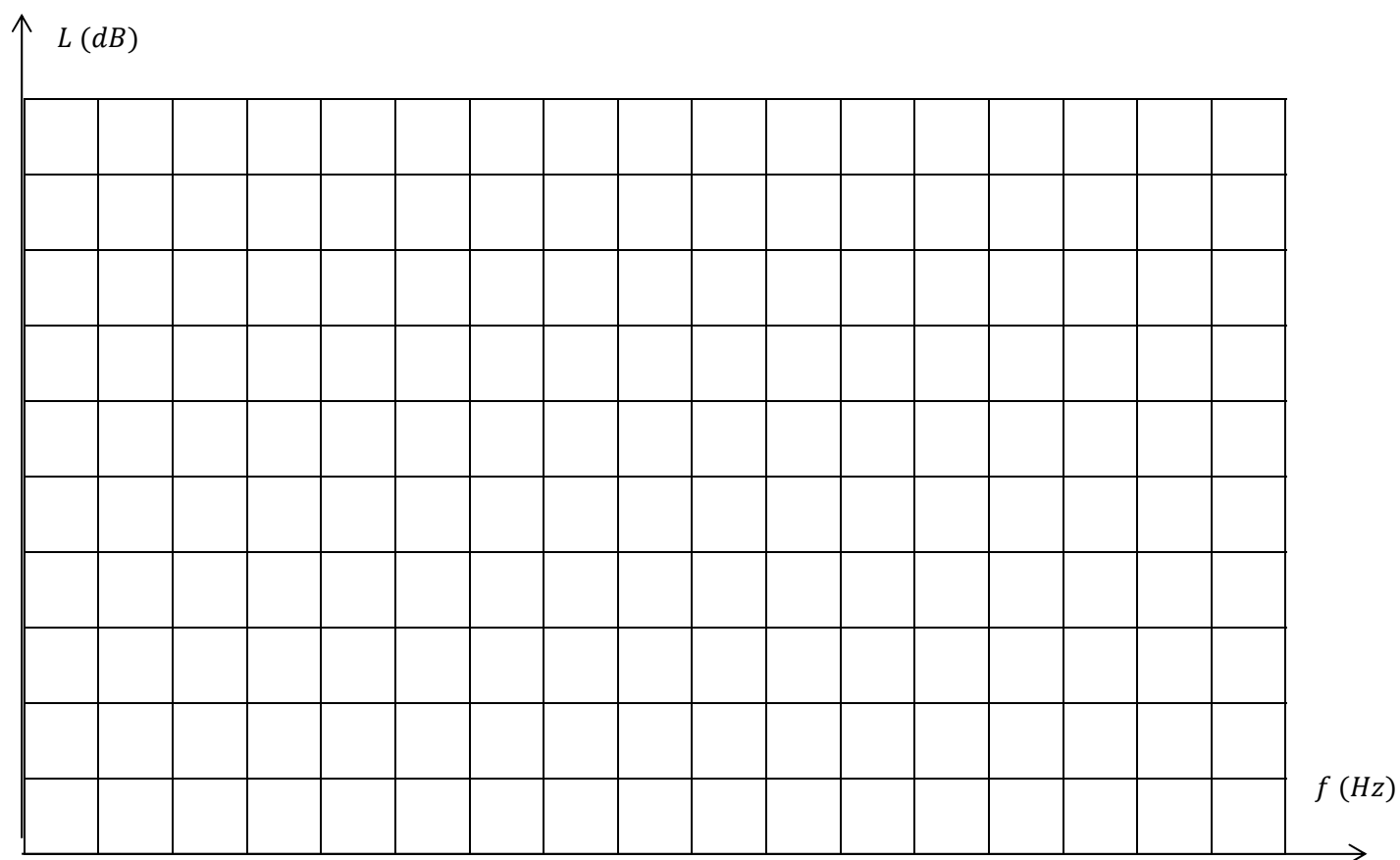
On souhaite tracer un graphique pour vérifier l’influence de la fréquence sur l’indice d’isolation acoustique.

✂ Remplacer le buzzer par le haut-parleur relié au GBF.

✂ Placer l’isolant phonique puis compléter le tableau

Fréquence (Hz)	300	500	1000	1300	1700
Niveau sonore (dB) sans isolant					
Niveau sonore (dB) avec isolant					

6. Compléter le graphe en traçant les 2 courbes :



7. Conclure

.....

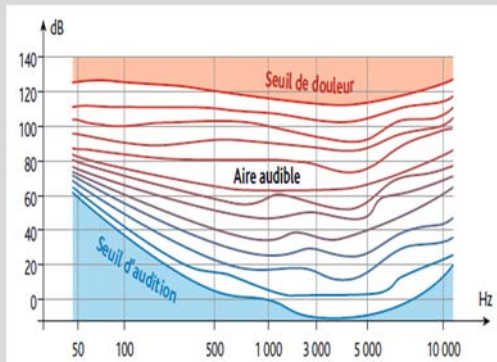
.....

.....

Exercices

Exercice 1 : QCM

	A	B	C
Un son est :	Emis par un objet vibrant	Une onde périodique	Une onde de pression
Un son est caractérisé par :	Sa fréquence	Sa célérité	Son niveau d'intensité
La hauteur d'un son :	Indique si un son est « fort » ou « faible »	Indique si un son est aigu ou grave	Est directement liée à sa fréquence
Un sonomètre	Permet de savoir si un son est « fort » ou « faible »	Mesure une intensité sonore	Exprime une mesure en décibel (dB)
Un son se propage	Dans le vide	Plus vite dans les gaz que dans les solides	A une vitesse de 340 m.s^{-1} dans l'air à 20°C
La vitesse de propagation d'un son :	Dépend du milieu de propagation	Est de l'ordre de 150 m.s^{-1} dans les liquides	Est de l'ordre de 3000 m.s^{-1} dans le béton
Le schéma ci-dessous :	Permet de déterminer la fréquence d'un son	Permet de déterminer la hauteur d'un son	Permet de déterminer si un son est audible



Exercice 2 : Conversion d'unités

1. Convertir les valeurs suivantes en secondes :

$$45 \text{ ms} = 45 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$6,4 \cdot 10^2 \text{ ms} = 6,4 \times 10^{-1} \text{ s}$$

$$0,33 \text{ ms} = 0,33 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$4,0 \cdot 10^{-2} \text{ ms} = 4,0 \times 10^{-5} \text{ s}$$

2. Convertir les valeurs suivantes en ms :

$$12,7 \text{ s} = 12,7 \times 10^3 \text{ ms} = 12700 \text{ ms}$$

$$0,08 \cdot 10^5 \text{ s} = 0,08 \times 10^8 \text{ ms}$$

$$0,33 \text{ s} = 0,33 \times 10^3 \text{ ms}$$

$$4,0 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 4,0 \times 10^1 \text{ ms} = 40 \text{ ms}$$

3. Convertir les valeurs suivantes en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$:

$$30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 8,33 \text{ m/s}$$

$$15 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} = 0,15 \text{ m/s}$$

$$36 \text{ cm} \cdot \text{ms}^{-1} = 0,36 \text{ m/ms} = 360 \text{ m/s}$$

Exercice 3 : Un lave-vaisselle bruyant ...

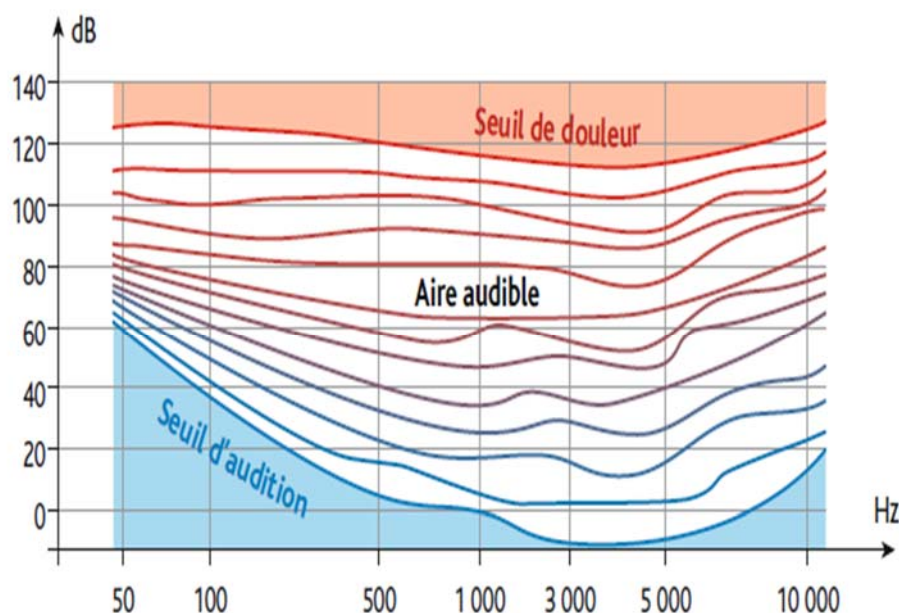
1. A 1000 Hz, quels sont les seuils d'audibilité et de douleur ?

Seuil d'audibilité : 0 dB

Seuil de douleur : 115 dB

2. Un son de fréquence 100 Hz et de niveau sonore 20 dB est-il audible ?

Non car en dessous du seuil d'audition.



Le diagramme de Fletcher et Munson permet de déterminer si un son est audible.

3. L'intensité sonore d'un lave-vaisselle est $I = 4 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Relever la plage de fréquence audible pour cette intensité.

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{4 \times 10^{-8}}{10^{-12}} \right) = 36 \text{ dB}$$

Exercice 4 : Atténuation du son d'un haut-parleur

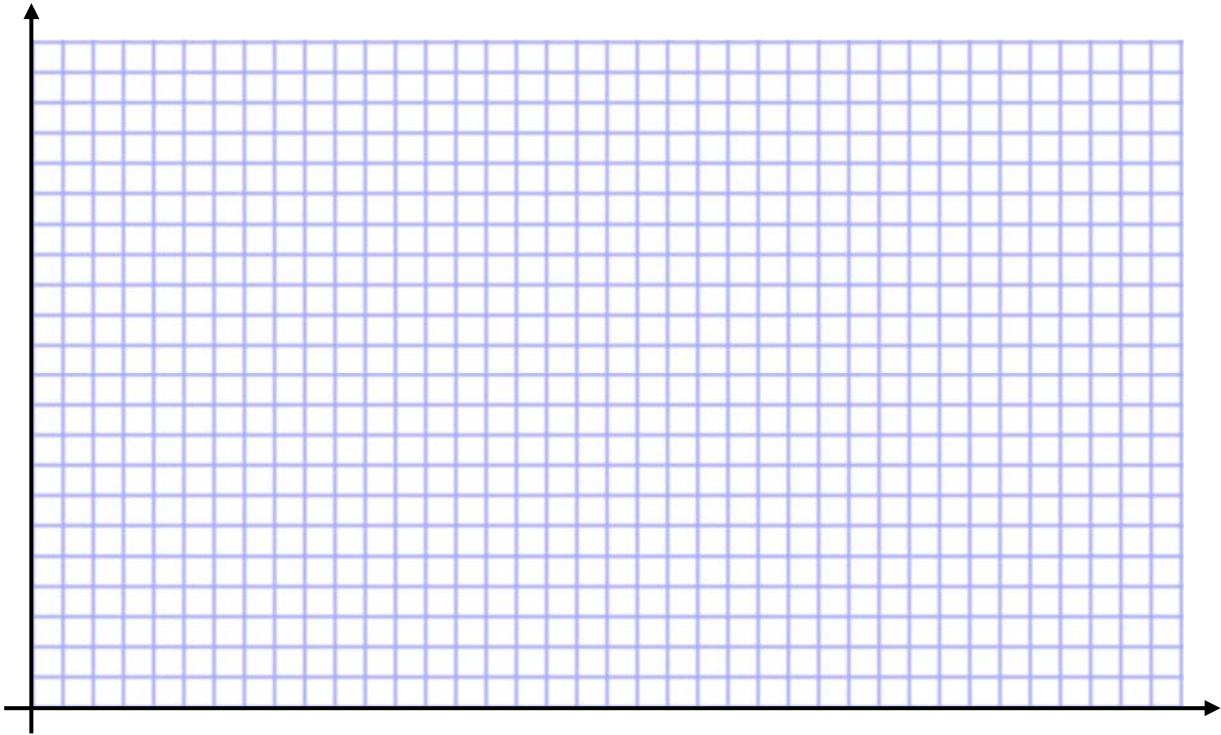
Un haut- parleur émet un signal sonore de fréquence 3 kHz . A l'aide d'un sonomètre, on mesure le niveau sonore L à différentes distances d de la source. On obtient le tableau de mesure suivant :

$L\text{ (dB)}$	60	57	54,5	52	50
$d\text{ (m)}$	0,5	0,75	1	1,25	1,5

1. Comment varie le niveau sonore L lorsque l'on s'éloigne de la source ?

Elle diminue lorsque la distance augmente.

2. Tracer la courbe L en fonction de d . L'évolution est-elle linéaire ?



3. A quelle distance doit-on se trouver pour avoir une intensité sonore de 58 dB ?

A $0,7\text{ m}$ environ.

4. Quel est le niveau sonore à 2 m de la source ?

5. Quel est le niveau sonore lorsque l'on est directement au contact du haut- parleur ?

Exercice 5 : Réglage d'un oscilloscope

Réglage des calibres de l'oscilloscope :

- $0,5 \text{ ms/Div}$
- 2 V/Div

1. Rappeler la formule reliant la fréquence f à la période T d'un signal.

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

2. Déterminer la période T du signal

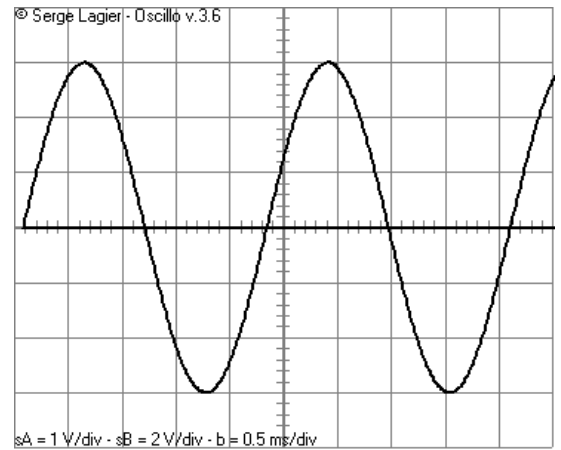
$$T = 4,5 \times 0,5 = 2,25 \text{ ms} = 2,25 \times 10^{-3} \text{ s}$$

3. Déterminer la fréquence f du signal

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,25 \times 10^{-3}} = 444 \text{ Hz}$$

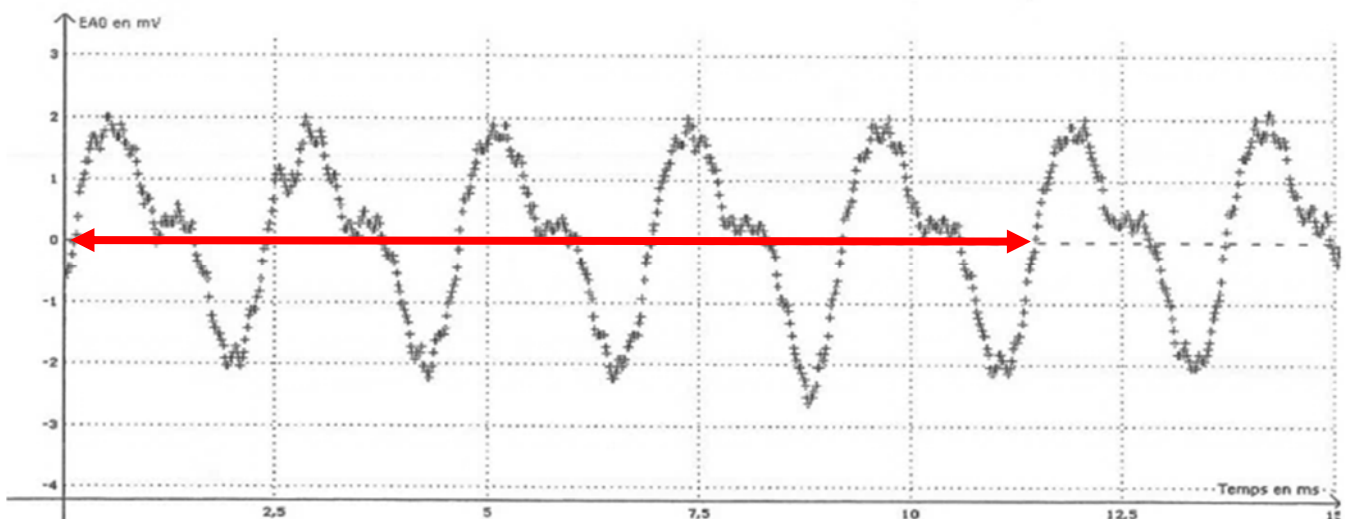
4. Déterminer la tension crête à crête U_{cc}

$$U_{cc} = 6 \times 1 = 6 \text{ V}$$



Exercice 5 : Signal périodique

Déterminer la période T et la fréquence f du signal



$$5 T = 11,5 \text{ ms} \rightarrow T = \frac{11,5}{5} \text{ ms} = 2,3 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,3 \times 10^{-3}} = 435 \text{ Hz}$$