

## I) Qu'est-ce que le son ?

Cliquer sur l'animation suivante : [Animation sur les sons](#) puis répondre aux questions suivantes.



- Q1 Quelles sont les 3 parties composant l'oreille  
 Q2 Quelles sont les 3 grandeurs physiques que l'on utilise pour définir un son  
 Q3 Qu'est-ce qui différencie un son aigu d'un son grave?  
 Q4 Quelle est l'unité de niveau d'intensité sonore?  
 Q5 Quelles sont les vitesses du son dans l'air, l'eau et le fer. Donner ces valeurs en mètre par seconde.  
 Q6 Dans quelle plage de fréquence l'oreille humaine perçoit-elle les sons?  
 Q7 Quels sont les niveaux sonores correspondant aux évènements suivants:  
 - un avion au décollage  
 - un concert

### 1) définition

Le son est produit par une vibration d'un milieu matériel. C'est un signal périodique. Cette vibration se propage dans le milieu matériel, de l'émetteur jusqu'au récepteur.

Exemple de milieu matériel:

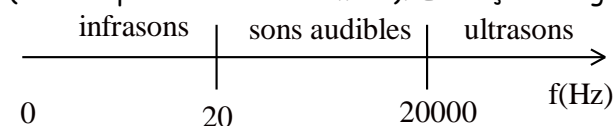
- des couches d'air
- de l'eau
- des rails de chemin de fer.

Un son possède 3 caractéristiques:

- sa fréquence  $f$  de vibration
- son niveau sonore  $L$
- sa vitesse de propagation dans le milieu matériel

### 2) fréquence d'un son

Un son audible par l'oreille humaine est compris entre 20Hz et 20000Hz. Au-delà il s'agit des ultrasons (audible pour certains animaux). En deçà il s'agit des infrasons.



infrasons.

La fréquence correspond au nombre de fois ou le phénomène périodique se répète par seconde.

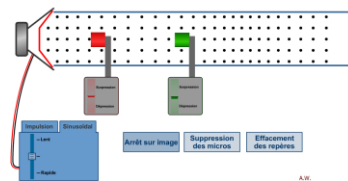
**Exemple:** lorsque le son émis à une fréquence de 20 Hz, la couche d'air vibre et reprend sa position initiale 20 fois par seconde.

Q8 Combien de fois par seconde la couche d'air revient-elle à sa position initiale lorsque le son émis est  $f = 1000$  Hz?

Q9 Clique sur l'animation suivante et observe les vibrations des couches d'air. A quel instant la pression sur la membrane du HP est-elle la plus grande?

### ondes sonores planes (ostralo.net)

Propagation d'une onde sonore plane



### 3) Amplitude sonore

Plus l'amplitude de la vibration mécanique est grande, plus l'intensité sonore est importante. La source de l'onde sonore se propage dans les 3 dimensions. L'oreille ne perçoit qu'une partie de l'énergie mécanique correspondant. De plus l'onde mécanique est en partie absorbée par le milieu.

Le niveau sonore  $L$  d'un son augmente avec l'amplitude de la vibration. Il est mesuré par un sonomètre. Son unité de mesure est le décibel (dB)

#### Vidéo

Le seuil d'audibilité correspond à un niveau sonore

$$L_0 = 0 \text{ dB}$$

Le seuil de douleur correspond à un niveau sonore  $L = 140$  dB

Q10 utiliser le sonomètre et mesurer le niveau sonore d'une conversation normale, puis d'un cri!

Remarque: un **bruit** n'est pas un signal périodique. C'est ce qui le différencie d'un son musical (c'est pourquoi il est si pénible à l'oreille surtout quand il est émis au fond de la classe !)

### 4) la vitesse ou célérité du son

La célérité d'un son dans un milieu matériel dépend de celui-ci. En règle générale le son se propage mieux dans les solides que dans les liquides et mieux dans les liquides que dans les gaz.

Q11 Utiliser internet pour déterminer la célérité du son dans l'air à  $-10^\circ\text{C}$  et à  $30^\circ\text{C}$ . Comment évolue la célérité du son par rapport à la température?

## II) numérisation et enregistrement d'un son

### 1) Pourquoi numériser une information?

Rappel: l'ordinateur ne sait traiter que des informations binaires. On appelle BIT (BINARY digiT, C. Shannon 1938) le plus petit élément d'information stockable par un ordinateur. Un bit ne peut prendre que deux valeurs (0 ou 1) correspondant à deux états possibles d'un élément de circuit électrique (tension présente ou absente aux bornes d'un dipôle). L'opération qui consiste à transformer (ou coder) une information en une suite de bits est appelée **numérisation**.

### 2) comment numériser un son dans un ordinateur?

Ce processus s'effectue en plusieurs étapes:

- le signal sonore (correspondant à une vibration mécanique de fréquence  $f$ ) est converti en vibration électrique de même fréquence  $f$  par un microphone.
- la tension électrique  $U$  produite est appelé **signal analogique**. Ce signal analogique est **numérisé** puis mémorisé dans l'ordinateur par un convertisseur **analogique numérique**.

### 3) la fréquence d'échantillonnage

L'acquisition puis la numérisation d'une tension analogique  $U(t)$  se décompose en deux étapes à l'intérieur de l'ordinateur :

- **l'échantillonnage** : le signal est « haché » régulièrement dans le temps. L'intervalle de temps entre deux valeurs numérisées est la durée d'échantillonnage notée  $dt$ . On prélève pendant la durée totale d'acquisition un nombre fini  $N$  de valeurs de  $U(t)$ .

- **la numérisation**: ces valeurs analogiques de tension sont numérisées c'est à dire transformées en valeur 1 ou 0. Elles peuvent être numérisées sur 8 bits, 16 bits ou 32 bits.

**La fréquence d'échantillonnage notée  $f_e$**  est égale à l'inverse de la durée d'un échantillon  $T_e$ :

$$f_e = 1/T_e$$

**La durée d'un échantillon** est le temps que met l'ordinateur pour **enregistrer** puis **numériser** une valeur de tension.

Plus la fréquence d'échantillonnage est importante meilleure est la qualité du son enregistré.

**Exemple:**

fréquence d'échantillonnage $f_e$	Qualité du son
44 100 Hz	qualité CD
22 000 Hz	qualité radio

8 000 Hz	qualité téléphone
----------	-------------------

Si la fréquence d'échantillonnage est  $f_e = 8000$  Hz, 8000 fois par seconde la tension correspondant au son est numérisée puis enregistrée dans la mémoire de l'ordinateur.

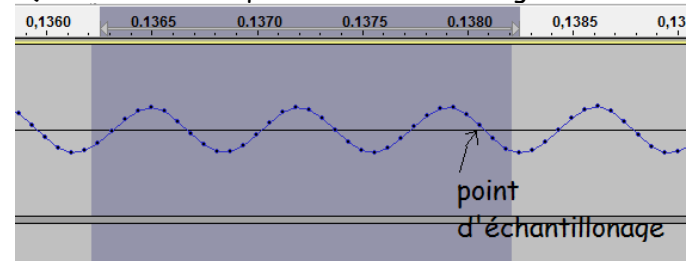
**Q1** Combien de mesure de tension sont enregistrées puis numérisées par seconde dans un morceau de musique enregistrés sur un CD?

**Q2** La qualité téléphone est-elle supérieure à la qualité radio?

### 4) exercices

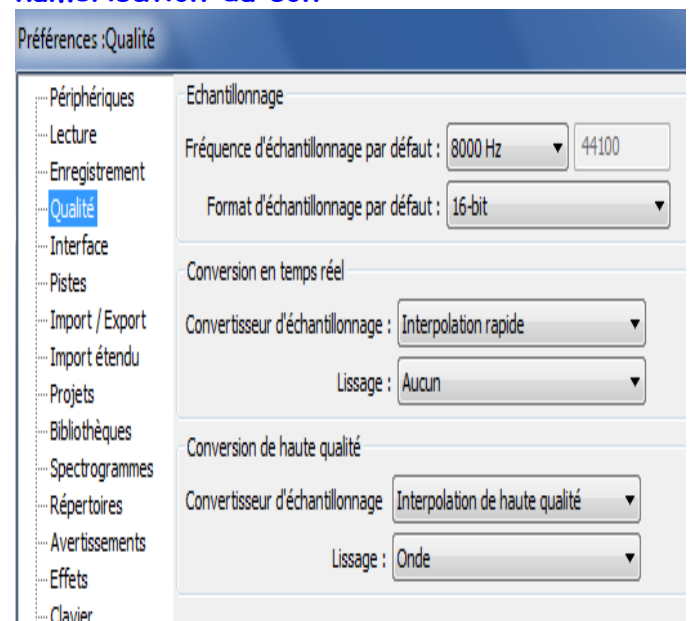
**Q3** Déterminer la période  $T$  de la tension ci dessous. Déterminer le nombre  $N$  de points d'acquisition prélevé par l'ordinateur sur une période  $T$ . En déduire la durée  $dt$  d'échantillonnage.

**Q4** Calculer la fréquence d'échantillonnage  $f_e$ .



**Q5** Un morceau de musique est enregistré pendant 5 minutes avec une fréquence d'échantillonnage  $f_e = 44$  kHz sur 16 bits. Quelle est la taille en bits puis en octet occupé par ce morceau de musique?

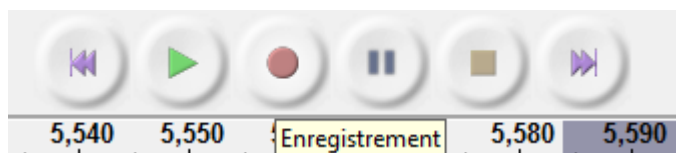
## III) utilisation d'un logiciel de numérisation du son



### 1) le logiciel audacity

Ce logiciel permet d'enregistrer un son puis de le numériser avec une fréquence d'échantillonnage et un nombre de bits réglables. On branchera la webcam sur l'ordinateur. Elle servira de microphone.


**Réglage préalable** : ouvrir le logiciel, édition préférence puis régler les valeurs comme indiquées ci dessus. Refermer le logiciel puis le rouvrir pour que les réglages soient validés.

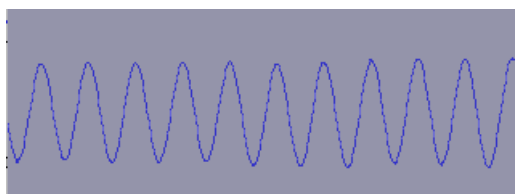



- Q1** quelle est la fréquence d'échantillonnage du son ?  
En déduire la durée d'échantillonnage.
- Q2** Sur combien de bits le son est t-il numérisé ?

## 2) grand concours de sifflement

Vous aller enregistrer le sifflement le plus grave et le plus aigu possible.

Appuyer sur le bouton enregistrement puis émettre le sifflement le plus grave. Découper la partie de signal dont l'amplitude est à peu près constante avec l'icône . Agrandir l'échelle horizontale avec la



loupe , puis l'échelle verticale en positionnant la souris sur l'échelle verticale. Agrandissez suffisamment les 2 échelles jusqu'à obtenir une courbe similaire à celle ci:

**Q3** Le signal obtenu est-il périodique

**Q4** Cliquer sur durée et choisir l'option

hh:mm:ss + millisecondes

Sélectionner 10 périodes, les instants correspondant s'affichent en bas de votre écran. Noter l'instant initial noté  $t_i$  et l'instant final  $t_f$  :  $t_f - t_i = 10 \cdot T$ . Gardez tous les chiffres significatifs !!! En déduire la valeur de la période de votre signal ainsi que la valeur de la fréquence  $f$  du sifflement le plus aigu.

**Exemple:** si vous sélectionner 10 périodes  $T$ , que l'instant initiale  $t_i = 3,200$  s et que l'instant final vaut  $t_f = 3,459$  s alors:

$$t_f - t_i = 3,459 - 3,200 = 10 \cdot T$$

$$T = (3,459 - 3,200) / 10 = 0,0259 \text{ s}$$

$$\text{La fréquence } f = 1/T = 1/0,0259 = 39,6 \text{ Hz}$$

## 3) importance de la fréquence d'échantillonnage

Quelle est l'influence de la fréquence d'échantillonnage sur le fichier son?

**Q5** Enregistrer 3 secondes de lecture de texte (on lira le début de texte correspondant au TP) en format wav (clique sur **fichier** puis **exporter en wav**).

On sélectionnera 3 secondes puis on cliquera sur l'icône **supprimer en dehors de la sélection**.

Enregistrer ce fichier dans le dossier **TS\_ISN** de l'ordinateur avec le nom suivant:

**conversation\_8000hz\_16bits**

Noter la quantité d'espace disque en octet occupé par le fichier. Ecouter le son enregistré à l'aide du casque et apprécier sa qualité .

**Q6** Cliquer sur édition préférence et choisir la fréquence d'échantillonnage maximale, 96000 Hz, ainsi que le nombre de bits égale à 32. Refermer le logiciel pour que les paramètres d'acquisition soient validés. Enregistrer la même conversation de 3 secondes. Donner le nom suivant à votre fichier **conversation\_96000hz\_32bits**. Noter la taille du fichier . Ecouter le son et comparer sa taille et sa qualité à celui enregistré précédemment.

**Q7** Conclusion : quelle est l'intérêt et l'inconvénient d'enregistrer un fichier son avec une fréquence d'échantillonnage et un nombre de bits élevée ?

**Q8** Enregistrer le fichier **conversation\_96000hz\_32bits** avec un format de fichier mp3 et comparer la qualité et la taille du son avec celui enregistré au format wav. Conclusion.

## Programme officiel

savoirs	capacités	observations
<b>Numérisation</b> L'ordinateur manipule uniquement des valeurs numériques. Une étape de numérisation des objets issus du monde physique est donc indispensable.	<b>Numériser</b> une un son sous forme d'un tableau de valeurs numériques.	Il est ici utile de faire référence à des notions technologiques introduites à propos des architectures matérielles. Les images et les sons sont choisis comme contexte applicatif et sont manipulés via des logiciels de traitement ou de synthèse. Le traitement numérique de la lumière et du son est en lien avec les principes physiques sous-jacents, qu'il est utile d'évoquer au moment voulu.
Compression Notion de compression de données. Compression avec et sans perte	Choisir et utiliser un logiciel de compression.	On visualise l'effet de la compression d'un son en comparant deux systèmes de compression (avec ou sans perte).

d'information.		
----------------	--	--