

Les niveaux d'intensité sonore

Livre scolaire chapitre 11 (documents inspirés ds pages 190-191 du manuel « le livre scolaire »)

**Problématique: laquelle de ces situations est la plus bruyante :
le décollage d'une fusée à 3 km ou dizaine de milliers de moustiques à un mètre ?**

Activité 1 : Décollage de saturne V à 3 km (20 min - 🧑🧑)



Au décollage, une partie de l'énergie s'est dissipée autour de la fusée sous forme d'ondes sonores. La NASA estime à environ 350 MW la puissance dispersée sous forme d'ondes. (1 MW = 10^6 W)

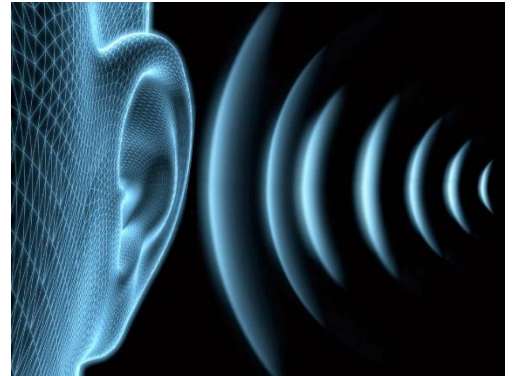
Lorsqu'une source sonore de **puissance P** émet dans toutes les directions, on peut considérer que tout point de la **sphère de surface S** formée par l'onde la même

intensité sonore I égale à $I = \frac{P}{S}$

(surface d'une sphère $S = 4\pi.r^2$)

Pour comparer les intensités sonore des bruits qui nous entourent les acousticiens utilisent le **niveau d'intensité sonore, noté L** et égal à $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$

I_0 est l'intensité de référence égale à 10^{-12} W.m⁻²



1. Calculons la surface de la sphère S à 3 km autour de la fusée

$$3 \text{ km} = 3000 \text{ m} \qquad S = 4\pi.r^2 = 4\pi \times 3000^2 = 1,13 \cdot 10^8 \text{ m}^2$$

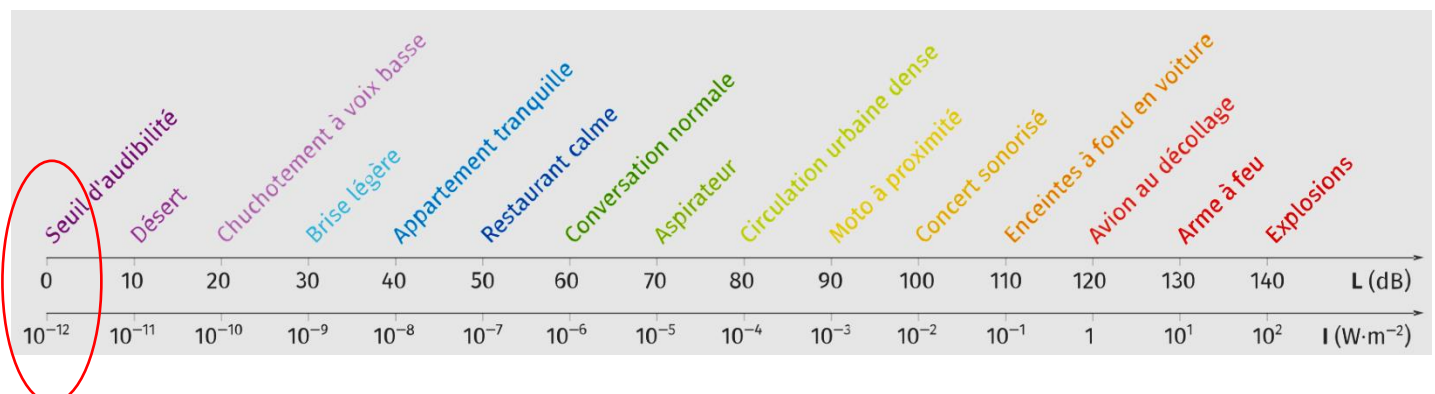
2. Calculons l'intensité I du son reçu à 3 km de la fusée

$$I = \frac{P}{S} = \frac{350 \cdot 10^6}{1,13 \cdot 10^8} = 3,09 \text{ W.m}^2$$

3. Calculons le niveau sonore L à 3 km de la fusée

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{3,09}{10^{-12}} \right) = 125 \text{ dB}$$

Observations : **à 3 km, le bruit de la fusée est supérieur à celui d'un avion au décollage**



Activité 2 : Une dizaine de millier de moustiques (20 min - 🧑🧑)

Lorsqu'on entend un moustique à une distance d'1 mètre, ce bruit désagréable possède un niveau d'intensité sonore L égale à 35 dB

A partir de la relation définissant **niveau d'intensité sonore, noté L** et égal à $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$, on peut en extraire l'intensité sonore I, calculée à partir du niveau sonore L.



$$I = I_0 \cdot 10^{(L/10)}$$

Le bruit cumulé de plusieurs sources sonores se traduit par une augmentation de l'intensité sonore perçue par l'auditeur.

L'intensité sonore totale $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$

4. Calculons l'intensité sonore I produite par un seul moustique

$$I = I_0 \cdot 10^{(L/10)} = 10^{-12} \cdot 10^{(35/10)} = 3,16 \cdot 10^{-9} \text{ W.m}^2$$

5. Calculons l'intensité sonore I_{tot} produite par 10 000 moustiques !

$$I_{\text{TOT}} = 10\ 000 I = 10\ 000 \times 3,16 \cdot 10^{-9} = 3,16 \cdot 10^{-5} \text{ W.m}^2$$

6. Calculons le niveau d'intensité sonore L_{tot} produite par 10 000 moustiques !

$$7. \quad L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{3,16 \cdot 10^{-5}}{10^{-12}} \right) = 75 \text{ dB}$$

Observations et réponse à la problématique.

Conclusion : la fusée reste plus bruyante à 3 km qu'une nuée de 10 000 moustiques à 1 m d distance.

Quand on double l'intensité sonore, le niveau sonore augmente de _____

I et L ne sont pas _____, mais sont reliées par une échelle _____

Ce qu'il faut savoir et savoir faire.

		Oui	Non
1	La puissance par unité de surface transportée par une onde sonore est quantifiée par son intensité.		
2	Son niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels selon une échelle logarithmique		
3	Savoir relier puissance par unité de surface et niveau d'intensité sonore exprimé en décibels		

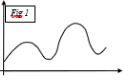
Numériser un son

Livre scolaire chapitre 3 - page LLS.fr/ES1P217

Activité 1 : Le son, un signal à coder (30 min - 8%)

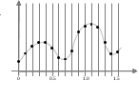
Document 1 : Comment numériser le signal analogique capté par un microphone ?

Le signal capté et délivré par le microphone est un signal qui varie de manière continue : c'est un signal analogique.

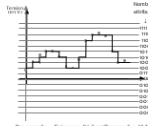


La numérisation se fait en 2 étapes.

1) L'échantillonnage : On prélève la tension à intervalle de temps égaux. Toute variation de tension entre 2 échantillons est perdue. Le signal est maintenant réduit à un nombre fini de points : on dit que le signal est discret.



Plus la fréquence d'échantillonnage est grande, plus on prend fréquemment la tension.



2) La quantification : les échantillons sont arrondis à la valeur possible la plus proche et considérés comme constants jusqu'à l'échantillon suivant. Plus le codage se fait sur un grand nombre de bits, plus il y a de valeurs différentes de codage possibles.

La tension numérisée s'affiche en forme d'« escalier ».

Dans la mémoire de l'ordinateur, ce sont les nombres ci-dessous qui sont stockés :

1000 ; 1001 ; 1010 ; 1011 ; 1011 ; 1010 ; 1000 ; 1000 ; 1010 ; 1101 ; 1100 ; 1100 ; 1011 ; 1011 ; 1001 ; 1001

Le fichier a alors une taille de 64 bits

On parle aussi en octet : octet est un paquet de 8 bits.

Le fichier a alors une taille de 8 octets.

Document 2 : Le binaire

Le système décimal

La numérisation telle qu'on la connaît au XX^e siècle

Base : 10

Nb de symboles pour écrire les nombres : 10

Les symboles sont appelés : chiffres et s'écrivent 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

234 = 4 × 10² + 3 × 10¹ + 2 × 10⁰
234 s'écrit avec 3 chiffres

Le système binaire :

les nombres tels qu'ils sont stockés dans les machines

Base : 2

Nb de symboles pour écrire les nombres : 2

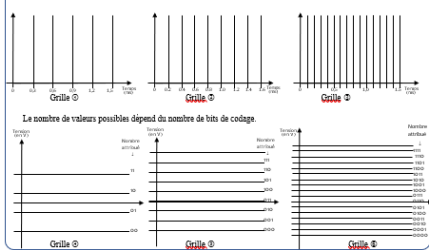
Les symboles sont appelés : Bit et s'écrivent 0 1

101 = 1 × 2² + 0 × 2¹ + 1 × 2⁰
101 s'écrit avec 3 bits

Document 3 : différents paramètres de numérisation

La fréquence d'échantillonnage représente le nombre d'échantillon en 1s.

Ex : fréquence d'échantillonnage de 10 Hz utilisée pour l'échantillonnage dans le doc 1 (grille D), il y a 10 prises de mesure en 1s.



1) Doc1. Qu'est-ce qu'un signal analogique ?

Qu'est-ce qu'un signal discret ?

2) Dans la vidéo, on montre le tableau de valeurs en binaire enregistré dans la mémoire de l'ordinateur.

- Sur combien de bits est faite la quantification dans l'exemple de la vidéo ?

2 bits 3 bits 4 bits 8 bits

- Quelle est la taille du fichier numérique de ce son numérisé ? C'est-à-dire quel est le nombre de bits total pour l'ensemble des échantillons du signal numérisé dans la vidéo.

16 bits 32 bits 64 bits 128 bits

- Un paquet de 8 bits est appelé un octet. Quelle est la taille du fichier en octet ?

2 octets 3 octets 4 octets 8 octets

3) Dans le doc1 (et dans la vidéo), le signal analogique a été numérisé avec les paramètres de numérisation :

Fréquence d'échantillonnage : 10 Hz / Codage sur 4 bits.

Vous allez maintenant réaliser la numérisation de ce même signal avec les paramètres de numérisation :

Fréquence d'échantillonnage : 3 Hz / Codage sur 3 bits.

Puis on compare les 2 signaux numérisés : le votre et celui de la vidéo.

a) Quelles sont les 2 grilles du document 3 qu'il faut choisir pour réaliser la numérisation avec les paramètres :

Fréquence d'échantillonnage : 3 Hz / Codage sur 3 bits.

b) Vous allez réaliser la numérisation du signal de la figure 1 du document 1 à l'aide de votre amorceur. La procédure est écrite ci-dessous, mais elle est aussi décrite dans cette vidéo :

- Ouvrir votre amorceur (le document au format applicable) et ouvrir ou créer un dossier.
- Afficher la file : en format paysage et zoomer pour que la courbe soit la plus grande possible.
- Faire une copie d'écran pour sauvegarder la vidéo, afficher et faire une copie d'écran de chacune des grilles données à la question a).
- Afficher la copie d'écran du signal à numériser (Fig1) et presser la commande de capture sur votre amorceur afin de déclencher le signal à numériser (Fig2) avec une amie du regard.
- En observant la grille qui couvre l'échantillonnage du signal sur le modèle de ce qui a été fait dans la vidéo. Réaliser de même la quantification.
- Prendre une photo du signal numérisé obtenu et l'envoyer à la prof par mail.

c) Lequel des deux signaux, celui de la vidéo ou le votre, est le plus fidèle au signal de départ ?

4) Quel serait la taille du fichier audio dont vous avez réalisé le codage (codage à 3 Hz sur 3 bits) ?

5) Conclure : comment faut-il choisir les paramètres de numérisation (fréquence d'échantillonnage et nombre de bits de quantification) pour obtenir un signal numérisé le plus fidèle possible ? Quelle conséquence cela a-t-il en terme d'espace de stockage ?

Activité 2 : Paramètres de codage et écoute des sons numérisés

Un morceau de l'Unilevé a été enregistré avec différents paramètres de codage.

1) Écouter les différents enregistrements.

Comment faut-il choisir la fréquence d'échantillonnage et le nombre de bits de quantification pour obtenir un signal numérique le plus fidèle possible ?

2) Théorème de Shannon : Pour numériser un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage soit au moins double de la fréquence du son.

Dans l'enregistrement « TP n°10-Ukulele-32bit-1000Hz », les notes sont de plus en plus hautes donc la fréquence des notes de plus en plus élevée. Au début de l'enregistrement, le théorème de Shannon est respecté, on reconnaît les notes. Dans la 2^e moitié de l'enregistrement, le théorème de Shannon n'est plus respecté. On n'entend plus les notes mais un bruit « tac » « tac » « tac ». Cela se produit au bout de :

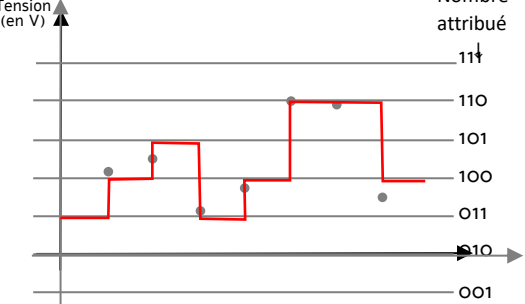
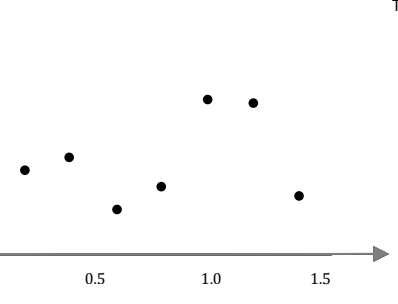
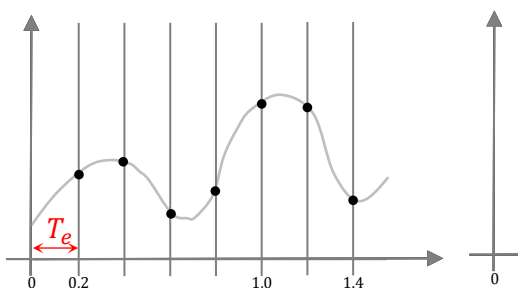
1 s d'enregistrement 2 s d'enregistrement 4 s d'enregistrement

Activité 3 : Taille d'un fichier audio dans la mémoire de l'ordinateur.

Taper dans la barre d'adresse d'un navigateur :

LLS.fr/ES1P218

Faire l'activité proposée à l'aide du fichier « ukulele-32bit-44100Hz »



Signal analogique

Échantillonnage

Signal variant de façon continue.

Prélèvement à intervalles de temps réguliers.

Quantification

Signal numérique

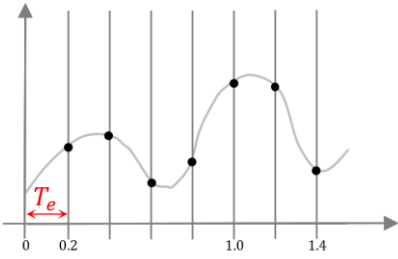
Association d'une valeur unique pour chaque échantillon prélevé.

Signal variant de façon discontinue.

100 101 011 100
110 110 100

Fréquence d'échantillonnage f_e : nombre d'échantillons prélevé par seconde.

$$f_e = \frac{1}{T_e} \quad \text{Hz} \quad s$$



5 échantillons par seconde

$$f_e = 5 \text{ Hz} = \frac{1}{0.2}$$

Taille d'un fichier sonore numérique :

100 101 011 100
110 110 100

$f_e = 5 \text{ Hz}$: 5 échantillons par seconde

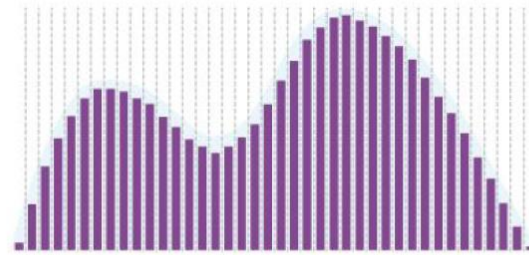
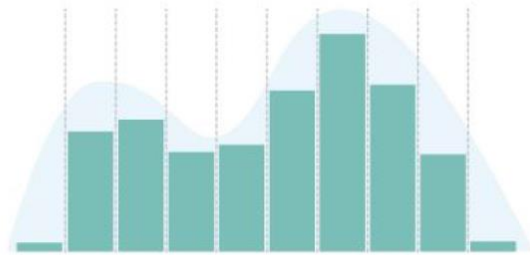
et 1,4s d'enregistrement :

$$\Rightarrow 5 \times 1,4 = 7 \text{ échantillons}$$

Quantification sur 3 bits $\Rightarrow 7 \times 3 = 21 \text{ bits}$ le fichier a une taille de 21 bits soit $\frac{21}{8} = 2,6 \text{ octets}$

$$N = f_e \times \text{durée} \times \text{nb de bits de quantification} (\times \text{nb de voies})$$

Fidélité du signal et taille des fichiers numériques



La compression

La compression avec perte consiste à réduire la quantité de données stockées à partir d'un modèle psychoacoustique : les données non perceptibles par notre oreille seront supprimées.

Format	Qualité	Taux de compression
MP3 128 kbit/s	*	1 : 12
MP3 320 kbit/s	***	1 : 5
AAC 320 kbit/s	****	1 : 5