

Le son : de l'analogique au numérique

Enseignement scientifique première

Durée 1h – 10 points – Thème « Son et musique, porteurs d'information »

L'industrie de la musique a connu au cours des dernières décennies de nombreuses évolutions (disque vinyle, CD, MP3, plateformes de musique en ligne). Ces évolutions sont dues au développement de la numérisation du son qui permet un stockage, une transmission et un accès plus aisés.

L'objectif de l'exercice est de comprendre l'influence de certains paramètres sur la qualité du son numérisé.

Les documents mentionnés dans l'exercice sont placés en fin d'énoncé de cet exercice.

1- À partir de l'exploitation des graphiques du document 1, recopier la ou les bonnes réponses pour chaque situation ci-dessous.

La fréquence d'échantillonnage est plus élevée dans le cas du graphique (a) que dans le cas du graphique (b).

Le son numérisé est plus fidèle au signal analogique dans la situation correspondant au graphique (b) que dans celle correspondant au graphique (a).

Le fichier numérique correspondant à la situation du graphique (c) a une plus petite taille que le cas du graphique (d).

Le son numérisé est plus fidèle au signal analogique dans la situation correspondant au graphique (c) que dans celle correspondant au graphique (d).

La fréquence d'échantillonnage est plus élevée dans le cas du graphique (a) que dans le cas du graphique (b).

□ Le fichier numérique correspondant à la situation du graphique (c) a une plus petite taille que le cas du graphique (d).

2- À partir de vos connaissances, indiquer la condition que doit vérifier la fréquence d'échantillonnage si on veut numériser fidèlement un son analogique sinusoïdal de fréquence f .

La reproduction fidèle du signal analogique nécessite une fréquence d'échantillonnage au moins double de celle du son de fréquence f .

3- Justifier à partir des informations du document 2 que le choix de la fréquence d'échantillonnage permet une numérisation fidèle des sons sur un CD audio.

Pour un CD audio, la plage des fréquences transmises est comprise entre 20 et 20000 Hz. Prenons le double de la fréquence maximale :

$$2 \times 20\,000 = 40\,000 \text{ Hz} = 40 \text{ KHz}$$

La fréquence d'échantillonnage pour un CD audio est 44,1 kHz : elle est supérieure au double de celle du son de fréquence f et permet donc une numérisation fidèle des sons sur un CD audio.

4- À partir de vos connaissances, donner l'intervalle des fréquences des sons audibles par les humains. Indiquer, en justifiant, si tous les sons correspondant à ces fréquences sont transmis lors d'une audioconférence numérisée.

Les sons audibles par les humains ont des fréquences comprises entre 20 et 20000 Hz.

Lors d'une audioconférence numérisée, la plage des fréquences transmises est comprise entre 50 et 7000 Hz. Ainsi, lors d'une audioconférence numérisée tous les sons correspondant à des fréquences des sons audibles par les humains ne sont donc pas transmis.

5- Un morceau de musique de 4 minutes 27 secondes est enregistré en stéréo sur un CD audio. Justifier par un calcul que la taille du fichier enregistré est de 47 Mo.

Pour un CD audio, la Fréquence d'échantillonnage est 44,1 kHz et le Nombre de bits pour la quantification est 16 bits.

$$T = f_e \times n \times \Delta t \times k$$

$$T = 44,1 \cdot 10^3 \times 16 \times (4 \times 60 + 27) \times 2$$

$$T = 3,77 \cdot 10^8 \text{ bits}$$

$$T = (3,77 \cdot 10^8) / 8$$

$$T = 4,71 \cdot 10^7 \text{ octets}$$

$$T = 47 \text{ Mo}$$

6- Le format MP3 est un format de compression audio avec perte d'informations. Si on admet que le taux de compression du format CD au format MP3 à 128 kbits/s est égal à 9%, calculer la taille du fichier MP3 à 128 kbits/s correspondant à l'enregistrement précédent.

$$9/100 \times 47 = 4,23 \text{ Mo}$$

La taille du fichier MP3 à 128 kbits/s correspondant à l'enregistrement précédent est 4,23 Mo

7- Comparer, en termes d'avantages et d'inconvénients, les formats CD audio et MP3.

Les formats CD audio sont fidèles à l'enregistrement mais ont une taille de fichier élevée.

Les formats MP3 sont moins fidèles à l'enregistrement mais ont une taille de fichier très réduite.

Document 1. Discrétisation du signal analogique d'un même son

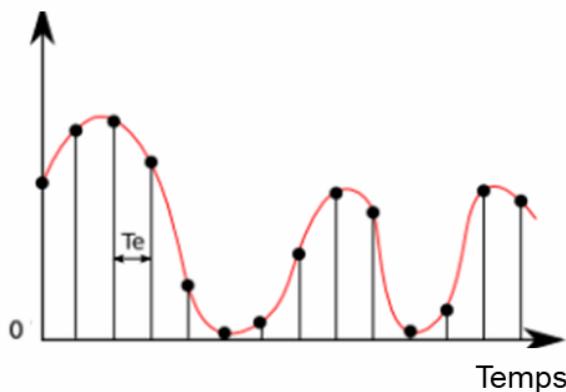
Pour numériser un son, on procède à la discrétisation du signal analogique sonore (échantillonnage et quantification), comme l'illustrent les graphiques ci-après.

Les échelles de tension et de temps sont les mêmes pour tous les graphiques.

On note T_e , la période d'échantillonnage.

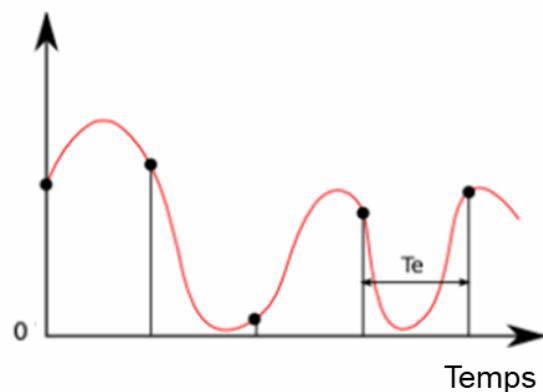
Influence de l'échantillonnage

Tension (V)



Graphique (a)

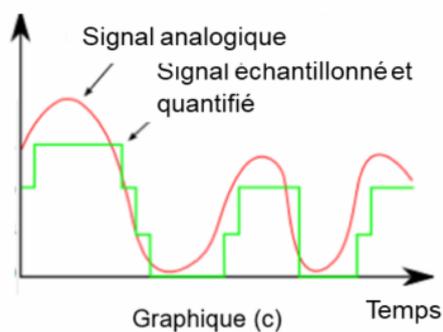
Tension (V)



Graphique (b)

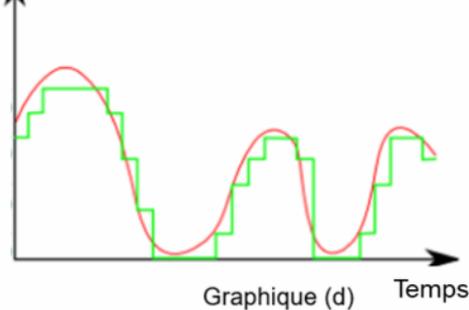
Influence de la quantification

Tension (V)



Ce signal numérisé et quantifié est ensuite numérisé sur 2 bits

Tension (V)



Ce signal numérisé et quantifié est ensuite numérisé sur 3 bits

D'après <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr>

Document 2. Caractéristiques de numérisation de signaux audio suivant l'application

	Plage des fréquences transmises	Fréquence d'échantillonnage	Nombre de bits pour la quantification	Applications
<i>Qualité téléphonie</i>	300-3400 Hz	8 kHz	8	Téléphonie
<i>Qualité bande élargie</i>	50-7000 Hz	16 kHz	8	Audioconférence
<i>Haute qualité</i>	50-15000 Hz	32 kHz	14	Radiodiffusion
<i>Qualité « Hi-Fi »</i>	20-20000 Hz	44,1 kHz	16	CD audio

D'après *Des données à l'information* de Florent Chavand (ISTE éditions)

Document 3. Taille d'un fichier numérique et taux de compression

La taille T d'un fichier audio numérique (en bit) peut être calculée à partir de la fréquence d'échantillonnage f_e (en Hertz), du nombre n de bits utilisés pour la quantification, de la durée Δt (en secondes) de l'enregistrement et du nombre k de voies ou canaux utilisés (1 en mono, 2 en stéréo...), à l'aide de la formule suivante :

$$T = f_e \times n \times \Delta t \times k$$

Le taux de compression est ici défini comme le rapport de la taille du fichier compressé sur la taille du fichier original.