

LE SON : DE L'ANALOGIQUE AU NUMÉRIQUE - CORRECTION

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.

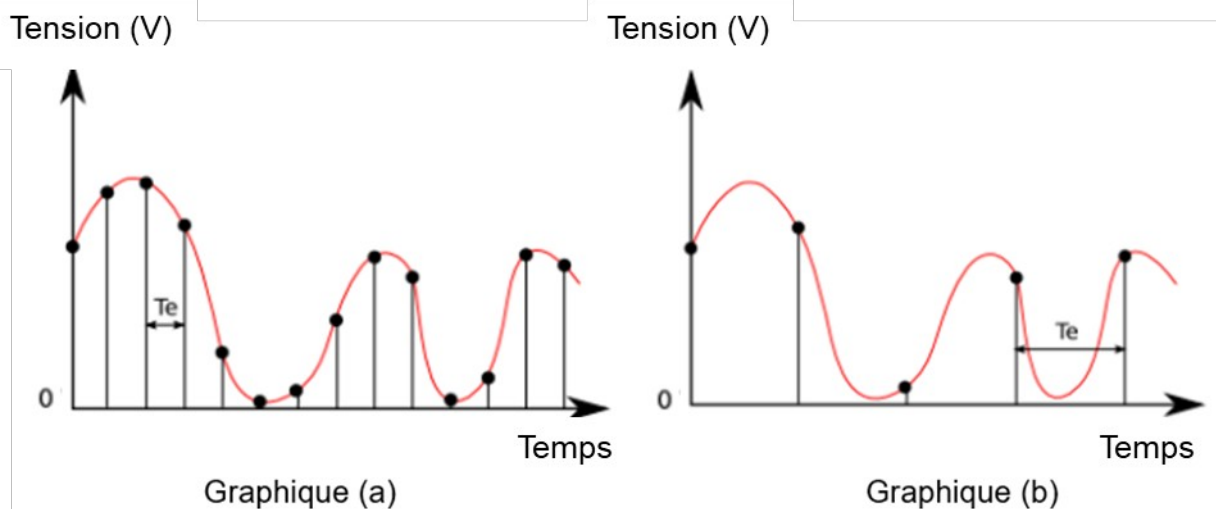
Document 1. Discrétisation du signal analogique d'un même son.

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

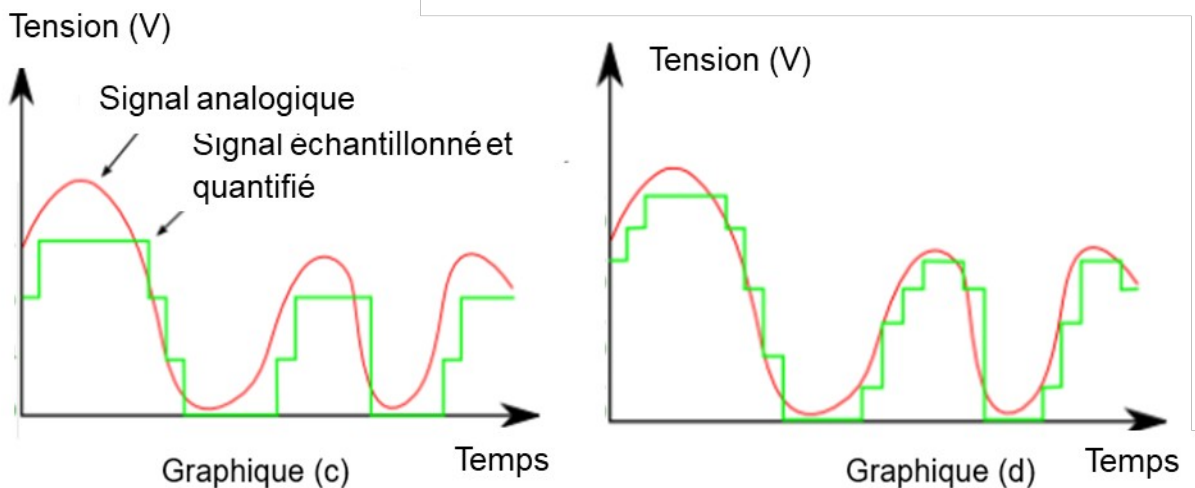
Les échelles de tension et de temps sont les mêmes pour tous les graphiques.

On note T_e , la période d'échantillonnage.

Influence de l'échantillonnage



Influence de la quantification



Ce signal numérisé et quantifié est ensuite numérisé sur 2 bits

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
Qualité téléphonie	300-3400 Hz	8 kHz	8	Téléphonie
Qualité bande élargie	50-7000 Hz	16 kHz	8	Audioconférence
Haute qualité	50-15000 Hz	32 kHz	14	Radiodiffusion
Qualité « Hi-Fi »	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.

- 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).

- 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 condition que doit vérifier la fréquence d'échantillonnage est le théorème de Shannon, soit la fréquence d'échantillonnage doit être deux fois supérieur à la fréquence la plus élevée. $f_{ech} > 2 \times f$

- 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.

Le choix de la fréquence d'échantillonnage permet une numérisation fidèle car la fréquence la plus haute dans le cas d'un CD est de $f = 20 \text{ kHz}$, et celle d'échantillonnage de $f_{ech} = 44,1 \text{ kHz} > 2 \times 20 \text{ kHz}$.

Rappel : 1 kHz = 1000 Hz

- 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 l'oreille humaine ont une fréquence allant de 20 Hz à 20 kHz.

D'après de doc 2, seuls les sons compris entre 50Hz et 7000Hz sont transmis dans une audioconférence, il manque donc les sons graves entre 20Hz et 50Hz et les aigu entre 7kHz à 20kHz.

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.

On nous donne : $T = f_e \times n \times \Delta t \times k$

Avec $f_{ech} = 44,1 \text{ kHz} = 44100 \text{ Hz}$

$n = 16 \text{ bit}$

$\Delta t = 4\text{min}27\text{sec} = 4 \times 60 + 27 = 267 \text{ sec}$

$k=2$

$$\begin{aligned} \text{Donc } T &= 44100 \times 16 \times 267 \times 2 = 3,77 \times 10^8 \text{ bits} \\ &= 3,77 \times 10^8 / 8 = 4,71 \times 10^7 \text{ octets} \\ &= 4,71 \times 10^7 / 10^6 = 4,71 \times 10^1 = 47,1 \text{ Mo} \end{aligned}$$

Rappels : 1 octet = 8 bits et 1 Mo = 10^6 o

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. On rappelle que le taux de compression est défini comme le rapport de la taille du fichier compressé sur la taille du fichier initial.

La taille du fichier compressé est de $T_c = 9 \% \times 47,1 = 9/100 \times 47,1 = 4,24 \text{ Mo}$