

## EXERCICE II : NUMERISATION ET MUSIQUE HAUTE RESOLUTION (11 points)

Hi-Res  
AUDIO

### 1<sup>ère</sup> partie : Les SONS et la musique

1.1- Quelle est l'expérience (a ou b du document précédent) qui modélise le mieux la propagation d'un son ? Le son est-il une onde mécanique ou électromagnétique ? est-il une onde longitudinale ou transversale ?

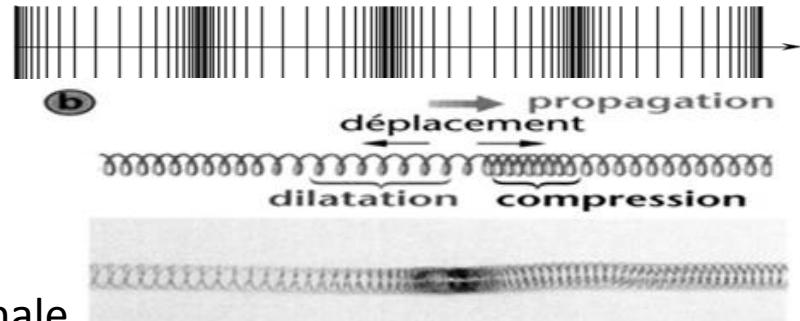
Une onde sonore est le résultat de la propagation d'une compression des couches d'air

C'est donc l'expérience b qui correspond

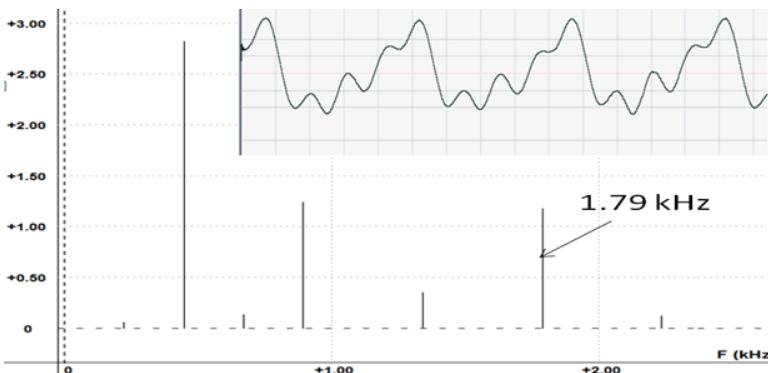
Le son est donc une onde mécanique longitudinale

Mécanique : car nécessite un milieu matériel

Longitudinale : la direction de propagation est parallèle à la direction de la perturbation

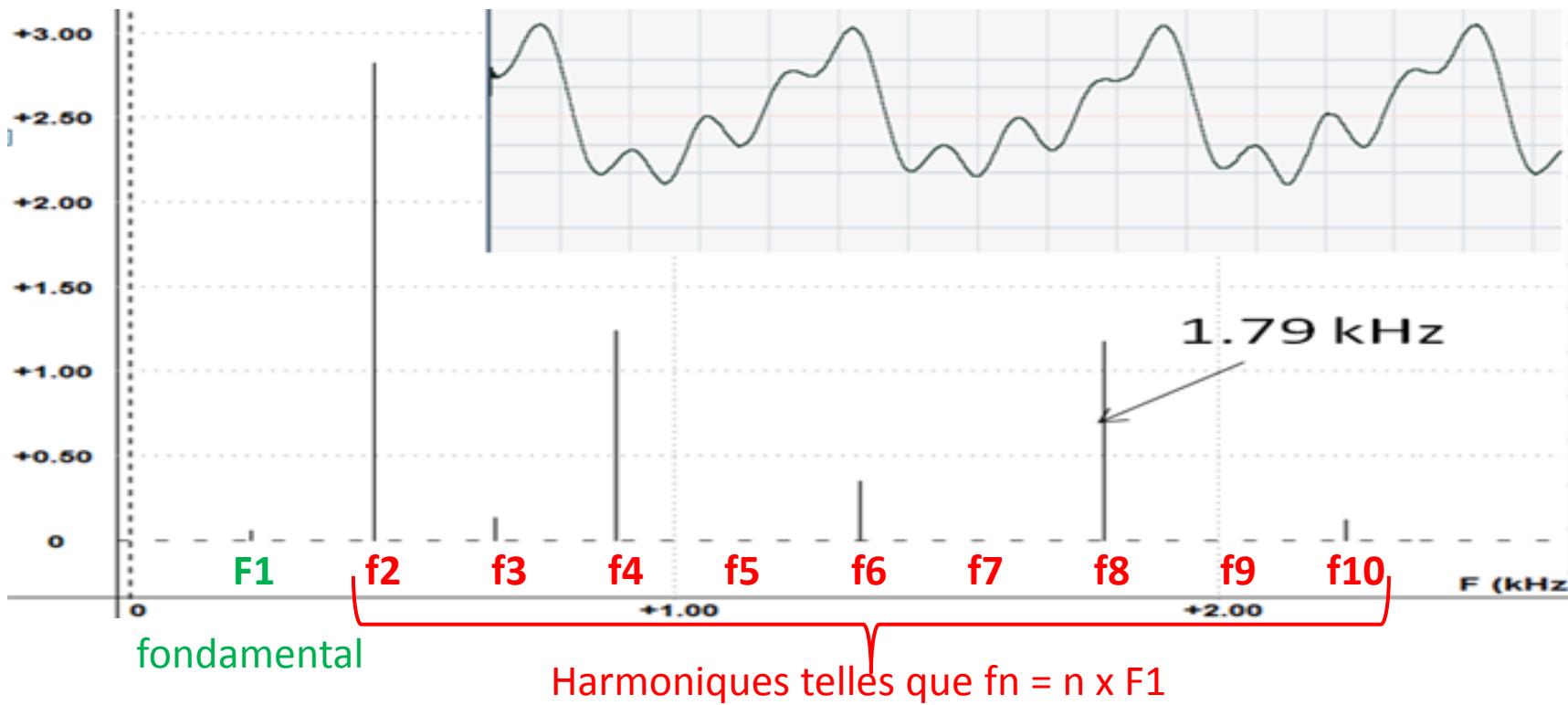


1.2- Le son musical proposé dans le document est-il un son simple ou un son complexe. Expliquer.



La forme de l'onde n'est pas sinusoïdale et de plus ce son possède des harmoniques. C'est donc une somme de sons simples et donc c'est un son complexe

1.3- A l'aide du spectre du document précédent déterminer la note jouée par l'instrument de musique.



Fréquence de l'harmonique 8 = 1790 Hz donc le fondamental  $F_1 = \frac{1790}{8} = 223.8\text{Hz}$

Note\octave	0	1	2
La	55,00Hz	110,00Hz	220,00Hz
La $\sharp$	58,27Hz	116,54Hz	233,08Hz
Si	61,74Hz	123,47Hz	246,94Hz

C'est donc un La 2

## 2<sup>eme</sup> partie : musique numérisée.

2.1- Quelle est la fréquence maximum restituée correctement par un CD ? Pourquoi les disques vinyles ont-ils un son meilleur que les enregistrements sur CD ?

SHANNON >>> la fréquence d'échantillonnage de ce signal doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal, afin de convertir ce signal d'une forme continue à une forme discrète (discontinue dans le temps) tout en conservant sa forme générale.

Fréquence d'échantillonnage : 44100 Hz donc la fréquence maxi restituée correctement sera **22050 Hz**  
le disque vinyl noir permet une réponse en phase linéaire jusqu'à plus de 30 kHz soit **30000 Hz** ce qui est au-delà du CD . **Beaucoup d'instruments de musique affichent un spectre audio qui va bien au delà des 20 kHz .**

2.2- Justifier que les enregistrements Hi-Res audio sont encore meilleurs que les disques vinyles.

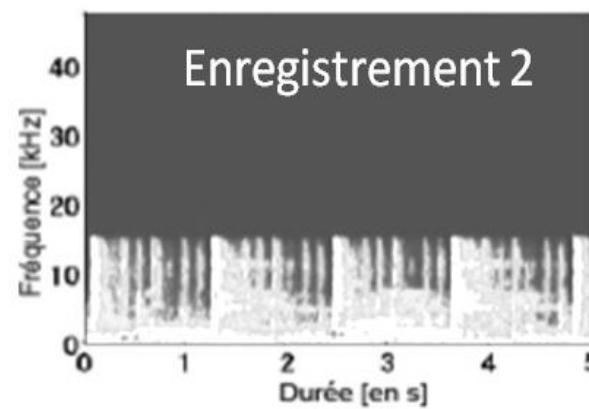
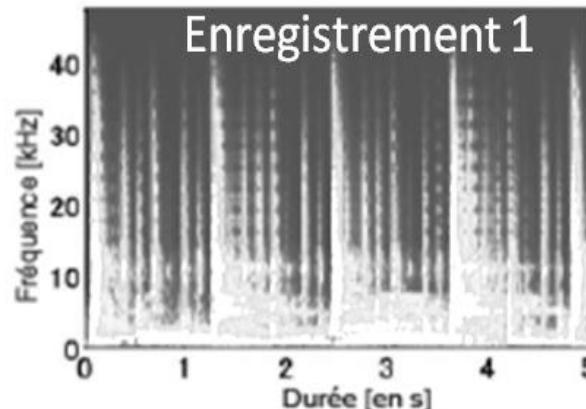
Meilleur gamme de fréquences rendues :



F (échantillonnage)	<u>F du son maxi</u>
96 000 Hz	48 000 Hz
192 000 Hz	96 000 Hz
384 000 Hz	192 000 Hz

De plus, les fréquences d'échantillonnages étant encore plus grande (plus de points par s), le signal numérique collera davantage à l'enregistrement analogique surtout pour les hautes fréquences.

## 2.3- Identifier avec les 2 spectrogrammes suivants la nature de l'enregistrement ( mp3, CD, Hi-Res Audio 1, 2 ou 3)



le sonagramme ou spectrogramme  
Il s'agit de la représentation temps-fréquence du son. On trace la répartition énergétique du son en fonction du temps et des fréquences.

Fréquence maxi visible :

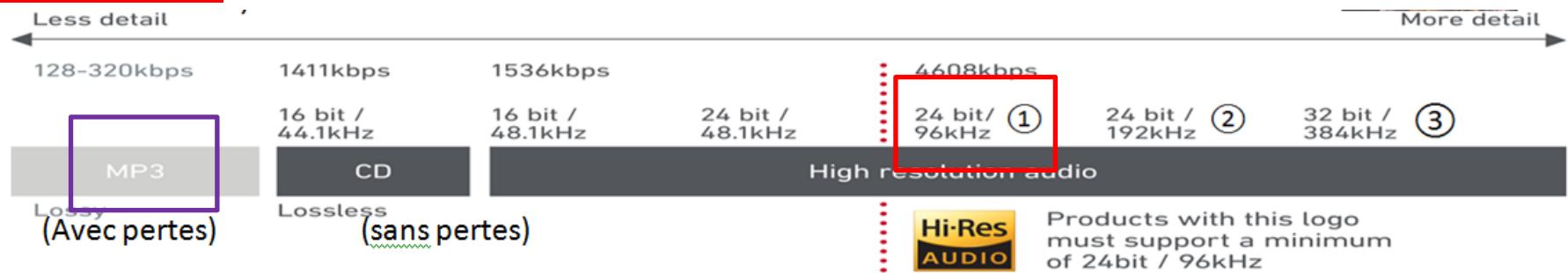
Plus de 45 kHz

c'est un enregistrement à une fréquence d'échantillonnage de 96 kHz

**Hi-res audio 1**

La fréquence maxi ne dépasse pas 15000 Hz  
C'est probablement un mp3

mp3 . Ce format de données utilise un système de compression partiellement destructif surtout dans les hautes fréquences



2.4- Trouver par une mesure la fréquence d'échantillonnage des 2 extraits ci-dessous. L'axe du temps est gradué en secondes. Ses deux enregistrements sont-ils compatibles Hi-Res Audio ?

Il faut mesurer les périodes d'échantillonnage  $T_e$



$$9 T_e = 50.299864 - 50.29966 = 0.000204 \text{ s}$$

$$T_e = \frac{0.000204}{9} = 2.267 \times 10^{-5} \text{ s} = 26.7 \mu\text{s}$$

$$F_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{2.267 \times 10^{-5}} = 44117 \text{ Hz}$$

Donc c'est un CD à 44100 Hz  
Non Hi-res audio

$$19 T_e = 47.7209 - 47.7207 = 0.0002 \text{ s}$$

$$T_e = \frac{0.0002}{19} = 1.0526 \times 10^{-5} \text{ s} = 10.53 \mu\text{s}$$

$$F_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{1.05263 \times 10^{-5}} = 95000 \text{ Hz}$$

Donc c'est un son Hi-res audio  
à 96000 Hz

2.5- La musique de qualité correcte est enregistrée en 16 bits, 24 bits ou même 32 bits.  
Qu'est-ce que cela signifie ? (données : nombre de valeurs possibles pour n bits :  $2^n$  )

C'est la QUANTIFICATION, c'est-à-dire le nombre de niveaux d'intensité sonores codables

16 bits :  $2^{16}$   
= 65535 niveaux

24 bits :  $2^{24}$   
= 16 777 216 niveaux

32 bits :  $2^{32}$  =  
4 294 967 296 niveaux

### 3<sup>eme</sup> Partie : le poids des fichiers sons et vitesse de transmission

3.1 Montrer que le poids de ce fichier décompressé est d'environ 156 Mo  
( 1ko = 1024 octets, 1Mo = 1024 ko, 1 octet = 8 bits)

$$N = F \times (Q/8) \times \Delta t \times n$$

F : fréquence d'échantillonage (en Hz)  
 Q : quantification en bits  
 n : nombre de voies (si le son est stéréo, n= 2 ; en mono : n = 1)  
 $\Delta t$  : durée du son (en s)  
 N s'exprime en octet

$$N = 96000 \times (24/8) \times (4 \times 60 + 44.63) \times 2 = 163\ 946\ 880 \text{ octets}$$

(imprécis car la durée précise est  
4 min 44.6297917 s)

$$N = \frac{163946880}{1024 \times 1024} = \underline{\underline{156.35 \text{ Mo}}}$$

Ou  $N = \text{nbre d'échantillon} \times \text{poids d'un échantillon} :$

$$N = 27\ 324\ 460 \times 24/8 \times 2 = 163\ 946\ 760 \text{ octets}$$

$$= \underline{\underline{156.35 \text{ Mo}}}$$

(+44 octet d'en-tête de fichier = 163 946 804 octets)

#### Fichier compressé (.flac)

File name	04 - Helpless [Neil Young].flac
File size	90.9MB (95 367 797 bytes) (Byte = octet) (MB = mégaoctet)
Duration	4:44.630 (27 324 460 samples)
Sample rate	96000 Hz
Channels	2
Bits per sample	24 (sample = échantillon)
Bitrate	2680 kbps
Codec	FLAC
Encoding	lossless

#### Fichier décompressé .wav

File name	04 - Helpless [24-960000].wav
File size	156MB (163 946 804 bytes)
Duration	4:44.630 (27 324 460 samples)
Sample rate	96000 Hz
Channels	2
Bits per sample	24
Bitrate	4608 kbps
Codec	PCM
Encoding	lossless

3.2- Calculer le taux de compression  $\tau$  de ce fichier en pourcentage (  $\tau = 1 - ([\text{Volume final}]/[\text{Volume initial}])$  )

$$\tau = 1 - ([\text{Volume final}]/[\text{Volume initial}]) = 1 - (90.9/156.35) = 0.4186 = \mathbf{41.86\%}$$

3.3.1- Citer les 3 types de support de transmission de l'information numérique. Quelles sont ceux qui peuvent correspondre au 3 connexions proposées.

Transmission par  fibre optique - par câble métallique – par  onde électromagnétique

Téléphonie 3G ou 4G : ondes électromagnétiques

Internet : fibre optique ou câbles ou onde électromagnétique (Wifi)

3.3.2- Calculer le bitrate (vitesse de transmission ou débit binaire) du fichier précédent s'il n'était pas compressé.

Pourrait-on lire en streaming ce fichier non compressé avec chacune de ces 3 connexions. ( données : 1kbps= 1024 bps ; 1Mbps=1024 kbps) . Pourrait-on le lire sur ces 3 connexions s'il était en format .flac compressé ?

$$\text{Bitrate} : 96000 \times 24 \times 2 = 4608000 \text{ bps} = \frac{4608000}{1024} = 4500 \text{ kbps} = \frac{4500}{1024} = \mathbf{4.39 \text{ Mbps}}$$

connexion internet à 10 Mbps, une connexion mobile 3G à 4Mbps et une connexion mobile 4G à 20 Mbps .

Donc ne pourra pas être lu en 3G

Bitrate  
Codec

2680 kbps  
FLAC

$$2680 \text{ kbps} = \frac{2680}{1024} = \mathbf{2.62 \text{ Mbps}}$$

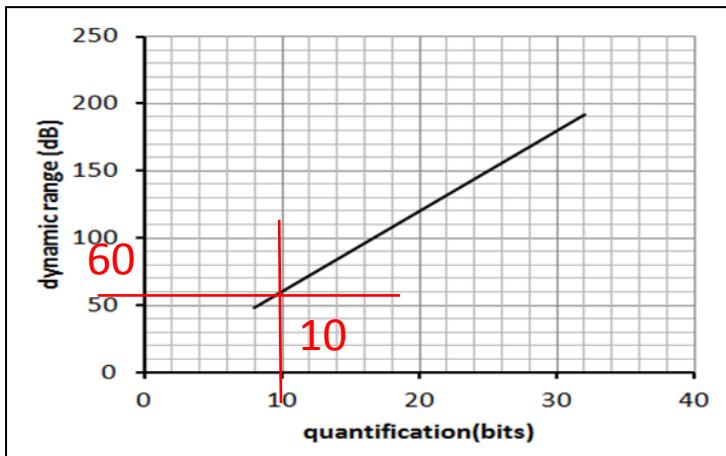
En format compressé, il pourra être lu par les 3 connexions

### 3.3.3- Quels sont donc les 3 intérêts majeurs du format flac par rapport à un format non compressé ?

1. C'est un format de compression sans pertes (contrairement à mp3)
2. La compression diminue la taille du fichier (41%)
3. La compression diminue la vitesse de transmission (2.62Mbps au lieu de 4.39 Mbps)

## 4<sup>eme</sup> partie : Dynamique et quantification

### 4.1- Un bit de quantification correspond à combien de décibels de dynamique ?



Coef dir de la droite :  $60/10 = 6$  bit / dB

### 4.2- Justifier l'enregistrement de la musique en haute résolution (Hi-res audio) soit 24 ou 32 bits de quantification.

Pour obtenir une dynamique de 120 dB il faut une dynamique initiale de  $120 + 20 = 140$  dB

140 dB correspond à  $140/6 = 23.3$  bits.

Donc à partir de 24 bits on aura une dynamique à l'oreille d'au moins 120 dB