

NOM, Prénom :	
Groupe de TD :	
Note (sur 20) :	

Lire attentivement les consignes suivantes :

1. **l'épreuve dure 2 heures ; les seuls documents autorisés sont les** polycopiés de cours annotés et les comptes-rendus de travaux dirigés rédigés par vos soins.
2. **calculatrices autorisées, téléphones mobiles et ordinateurs portables proscrits.**
3. **on répond sur le texte dans les zones laissées libres sous les questions :**
 1. les réponses doivent tenir dans les zones prévues à cet effet (on peut utiliser la dernière page au besoin, **avec un renvoi explicite à la question concernée**).
 2. les réponses aux questions posées doivent être facilement lisibles.
 3. le barème indiqué en gris à gauche est **indicatif**.

--

I. Exercice : niveaux sonores et décibels :

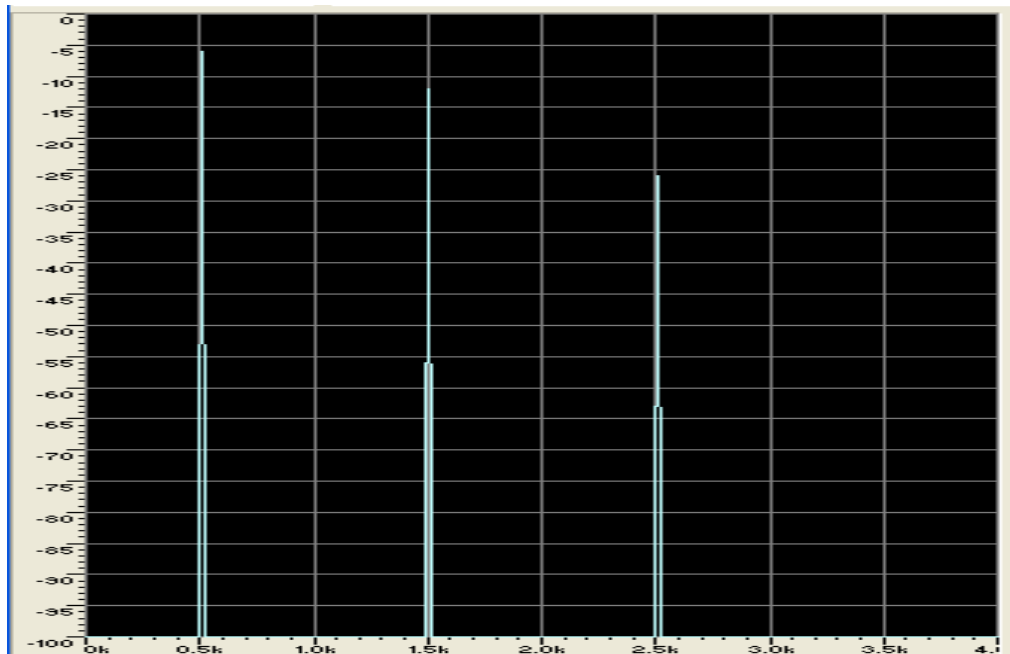
On peut exprimer les niveaux sonores en décibel (*dB*) par rapport au seuil d'audition qui correspond à une pression de l'air sur le tympan valant $20 \times 10^{-6} Pa$ (*Pa* pour Pascal, est l'unité de pression du système international). Pour donner un exemple, un niveau de **6dB** correspondra ainsi à une pression de $40 \times 10^{-6} Pa$:

<i>Barème</i>	<i>Répondre aux questions dans l'espace laissé libre en dessous</i>
0.5pt	De rappeler l'expression en <i>dB</i> d'une quantité <i>x</i>
0.5pt	De traduire en pression sur le tympan le niveau sonore d'un chuchotement : <i>20dB</i>
0.5pt	Idem pour <i>60dB</i> (le niveau sonore d'un lave-linge, paraît-il)
0.5pt	Idem pour <i>72dB</i> , circulation en ville, taille-haie

0.5pt	idem pour 120dB (vuvuzela à 2m, décollage avion à réaction)
0.5pt	Inversement, exprimer en dB une onde de choc de $60 \times 10^3 \text{ Pa}$:

II. Exercice : Goldwave et le spectre d'amplitude d'un signal audio

Voici le spectre d'un signal audio calculé par Goldwave, avec une fenêtre rectangulaire (option None) et 60 Frames per second (fenêtres de calcul par seconde). Ce spectre est représenté entre les fréquences 0 et $f_e / 2$ (option : Automatic Frequency Range).



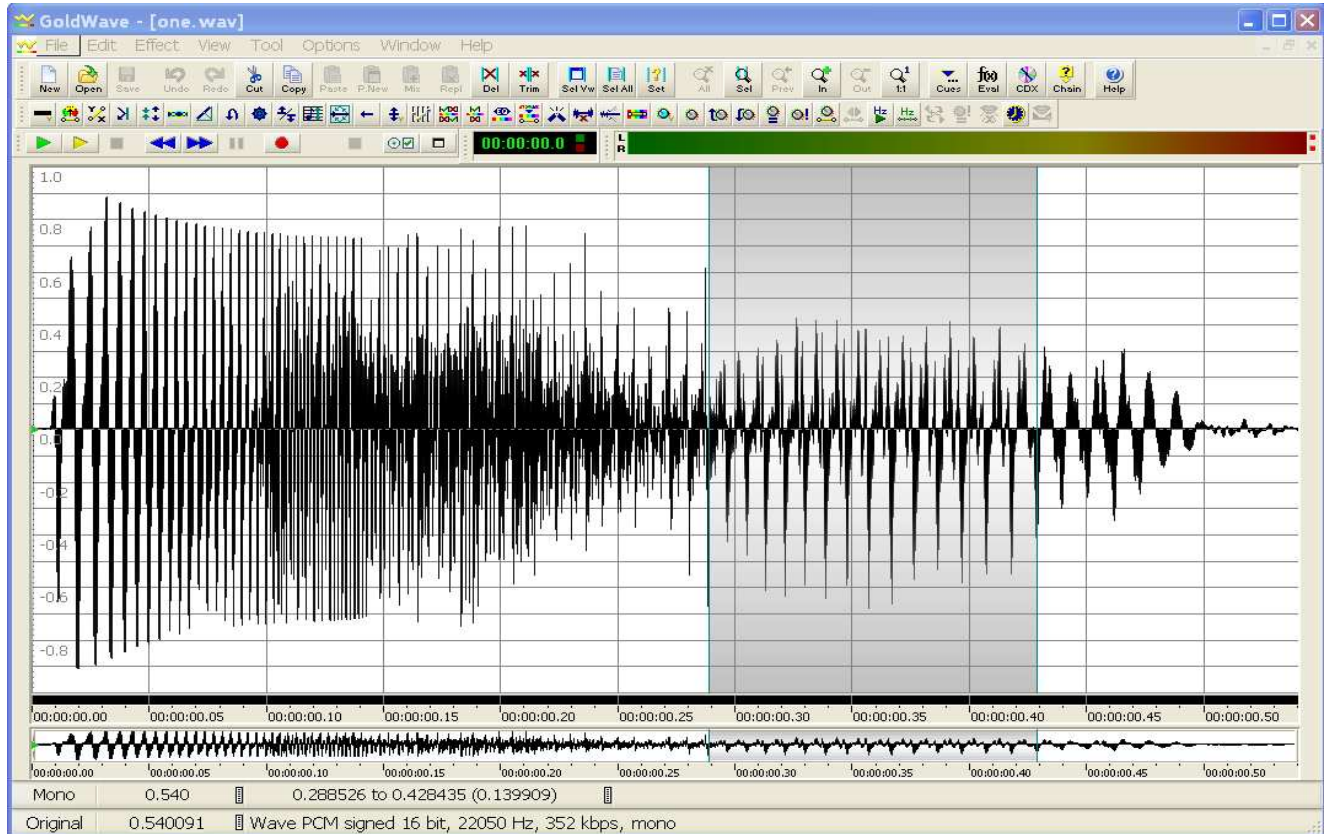
Barème	Répondre à chaque question dans la case laissée vide en dessous
0.5pt	Quelle est la fréquence d'échantillonnage f_e du signal audio analysé par Goldwave ?
1pt	Décrire ou représenter le spectre d'amplitude entre 0 et 8kHz

0.5pt	Quel est le nombre N d'échantillons de ce signal qui sont contenus dans une fenêtre rectangulaire de durée $1/60$ s ?
0.5pt	Recenser les composantes fréquentielles dans le spectre ci-dessus, en précisant pour chacune sa fréquence et son amplitude exprimée en dB
1pt	Trouver une expression temporelle $s(t)$ du signal compatible avec le spectre d'amplitude ci-dessus :
0.5pt	Tracer l'allure du spectrogramme de $s(t)$ qui serait tracé par Goldwave durant 1 s
1pt	Si on remplaçait la fenêtre rectangulaire par une fenêtre de Hamming, comment le spectre du signal $s(t)$ serait-il modifié ?

III. Exercice : Analyse du chronogramme ci-dessous tracé par Goldwave :

Rappels :

- sur le chronogramme suivant, l'axe des temps se lit en : **heure:minute:seconde.**
- de plus, le délai donné entre parenthèses est en microsecondes



Barème	On demande de répondre dans l'espace vide laissé sous les questions :
0.5pt	Relever la fréquence d'échantillonnage, le nombre de bits par échantillon, et la durée du signal audio.
1pt	Ajouter l'enveloppe du signal audio sur la figure ci-dessus et donner la durée du signal audible

1pt	Compter les quasi-périodes dans la fenêtre de signal sélectionnée en gris sur le chronogramme, et déterminer le pitch du signal dans cette fenêtre.
0.5pt	Quelle est la fréquence fondamentale associée au pitch de la question précédente ?
0.5pt	Calculer en octet la taille mémoire de ce signal audio
0.5pt	Trouver le pas de quantification Q du signal
0.5pt	Calculer la période d'échantillonnage T_e du signal.
0.5pt	Calculer le bit rate de ce signal numérique :

IV. Exercice : Synthétiser des timbres avec Matlab

Le script suivant appelle les fonctions Matlab 'envelop' et 'synthad' vues en cours pour synthétiser une note de musique :

```
fe= 8000; f1= 440; T= 3;
t= T*[0, 0.25, 0.5, 0.75, 1];
a=[0,1,0.5,0.5,0];
env=envelop(t,a,fe);
f= f1*[1.0, 3.0, 5.0];
am=[0.5,1.0,0.2];
s=synthad(am,f,0*f,T,fe);
note= s.*env;
```

Barème	On demande de répondre dans l'espace vide laissé sous les questions :
0.5pt	Quelle sera la durée de la note synthétisée ?
0.5pt	Quelle sera la fréquence de la note synthétisée ?
0.5pt	Tracer l'enveloppe de la note synthétisée entre les instants 0 et T
0.5pt	Tracer le spectre d'amplitude de la note obtenue entre les fréquences 0 et $f_e/2$
0.5pt	Que réalise la dernière instruction du script ?
0.5pt	Comment programmer la dernière instruction sous la forme d'une boucle 'for' ?
1pt	Tracer l'allure du chronogramme de la note obtenue

V. Exercice : transformée de Fourier discrète

D'après le cours, le spectre d'amplitude du signal $x(n/f_e) = 1, n = 0 \dots 31, f_e = 8000\text{Hz}$ est

$$X(f) = \left| \frac{\sin(32\pi f / f_e)}{\sin(\pi f / f_e)} \right| = \left| \sum_{n=0}^{31} e^{-2i\pi n f / f_e} \right|, f \text{ est la fréquence (en Hz). On demande :}$$

Barème	On demande de répondre dans l'espace vide laissé sous les questions :
0.5pt	D'établir que la périodicité de $X(f)$ vaut f_e
0.5pt	prouver que $X(0) = 32$
0.5pt	calculer $\sin(32\pi f / f_e)$ pour les fréquences $f_k = kf_e / 32, k$ entier, $k = 0 \dots 31$
0.5pt	représenter l'allure de $X(f)$ entre les fréquences $f = 0$ et $f = f_e$.
0.5pt	tracer $X(f_k) = X_k$, avec $f_k = kf_e / 32, k = 0 \dots 31$, entre $f = 0$ et $f = f_e$.

0.5pt	retrouver l'amplitude, la fréquence et la taille de $x(n / f_e)$ à partir des $X(f_k)$