Compte rendu du TP Audacity

par Hartmann Matthias, 2A

Table des matières

Partie 2 : Analyse temporelle

1) Formes d'ondes d'études

a) Objectif et conditions d'expérimentation

L'objectif de cette expérimentation est de générer et d'analyser des signaux d'onde simple : sinusoïdal et carré.

On génère alors trois signaux :

1. Un signal sinusoïdal d'amplitude 1 et de fréquence 1000Hz
2. Un signal sinusoïdal d'amplitude 0.1 et de fréquence 1000Hz
3. Un signal carré d'amplitude 0.5 et de fréquence 500Hz

La fréquence d'échantillonnage est fixée à 44100Hz.

b) Étude théorique

Le signal théorique d'une onde sinusoïdale d'amplitude 1 et de fréquence 1000Hz à les caractéristique suivantes :

- la période T d'un motif est égale à 1 milliseconde
- Une amplitude crête à crête de 2 centrée autour de 0.

Le signal théorique d'une onde sinusoïdale d'amplitude 0.1 et de fréquence 1000Hz à les caractéristique suivantes :

- la période T d'un motif est égale à 1 milliseconde
- Une amplitude crête à crête de 0.2 centrée autour de 0.

Le signal théorique d'une onde carré d'amplitude 0.5 et de fréquence 1000Hz à les caractéristique suivantes :

- la période T d'un motif est égale à 2 millisecondes
- Une amplitude crête à crête de 0.5 centrée autour de 0.

c) Observation

La figure 1 montre la représentation des signaux d'études générés avec l'outil Audacity.

L'observation permet de voir 10 motifs sur les signaux sinusoïdaux et 5 sur le signal carré. On peut aussi constater que l'amplitude est bien respectée (1 pour le premier sinus, 0.1 pour le deuxième et 0.5 pour le signal carré).

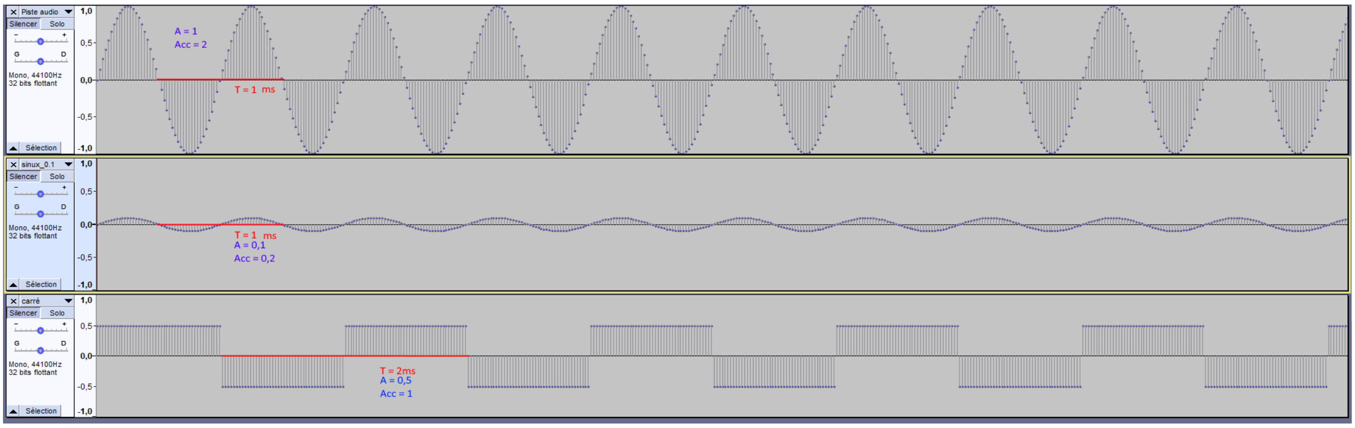

Figure 1 – Représentation des trois signaux d'étude

(En premier le sinus d'amplitude 1 et de fréquence 1000Hz, puis le sinus d'amplitude 0.1 et de fréquence 1000 Hz et enfin le signal carré d'amplitude 0.5 et de fréquence 500Hz)

d) Interprétation

D'après les observations, on remarque que les signaux ayant une fréquence à 1000Hz possèdent tous les deux 10 motifs sur 10ms. Cela revient donc à dire qu'un motif prend 1ms.

Nous pouvons ainsi faire le lien avec l'étude théorique et le calcul suivant :

$f = \frac{1}{T}$ et donc la réciproque : $T = \frac{1}{f}$ avec T en secondes et f en Hz

En remplaçant par les valeurs observées on obtient :

Pour les signaux sinusoïdaux :

$T = 0.001\, s$ et donc $f = \frac{1}{0.001\, s} = 1000\, Hz$

Pour le signal carré:

$T = 0.002\, s$ et donc $f = \frac{1}{0.002\, s} = 500\, Hz$

Les valeurs observées correspondent alors aux valeurs théoriques.

On peut représenter mathématiquement un signal sinusoïdal de la façon suivante :

$$signal(t) = A \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \phi) + V_{moy}$$

On pourra alors représenter le signal sinusoïdal d'amplitude 0.1 et de fréquence 1000Hz comme suit :

$sinus_{0.1}(t) = 0.1 \cdot \sin(2\pi \cdot 1000 \cdot t + \phi) + V_{moy}$ Avec φ = 0° et V_{moy} = 0

D'après cette représentation, on peut dire que la phase à l'origine du signal $sinus_{0.1}$ est égale à 0°.

2) Mixage et déphasage

a) Objectif et conditions d'expérimentation

L'objectif de cette expérimentation est d'observer l'impact de l'addition d'un signal sinusoïdal avec un même signal mais déphasé.

Pour cela on génère un signal sinusoïdal d'amplitude 1, de fréquence 1000Hz et d'une durée de 3 secondes que l'on nommera « Sinus » puis on le duplique et on nomme le duplicata « Sinus Déphasé ».

b) Étude théorique

Lors de l'expérimentation nous observerons 3 cas :

1. L'addition du signal « Sinus » et du signal « Sinus Déphasé » ayant pour déphasage $\phi = 90° = \frac{\pi}{2} rad \cdot s^{-1}$
2. L'addition du signal « Sinus » et du signal « Sinus Déphasé » ayant pour déphasage $\phi = 180° = \pi\, rad \cdot s^{-1}$
3. L'addition du signal « Sinus » et du signal « Sinus Déphasé » ayant pour déphasage $\phi = 270° = \frac{3\pi}{2} rad \cdot s^{-1}$

c) Observation

On observe sur la figure 2 un signal sinusoïdal ayant une amplitude d'environ 1.5 mais étant en retard par rapport au signal « Sinus ».

On observe sur la figure 3 un signal sinusoïdal ayant une amplitude quasiment égale à 0.

On observe sur la figure 4 un signal sinusoïdal ayant une amplitude d'environ 1.5 mais étant en avance par rapport au signal « Sinus ».

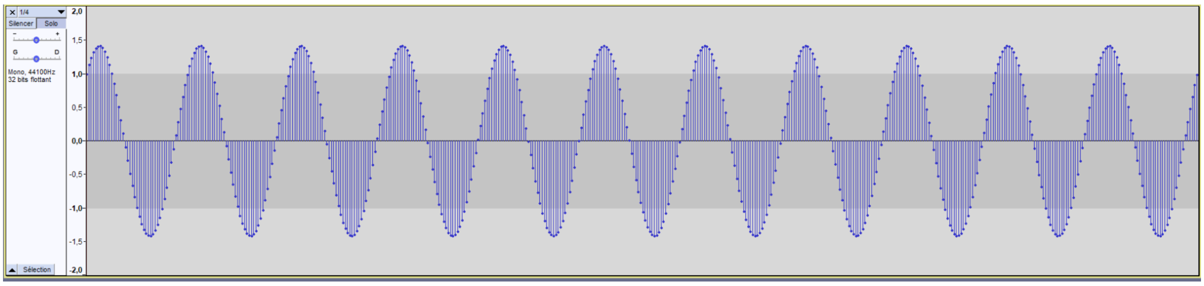

Figure 2 – Représentation du signal « Sinus » additionné au signal « Sinus Déphasé » pour φ = 90°

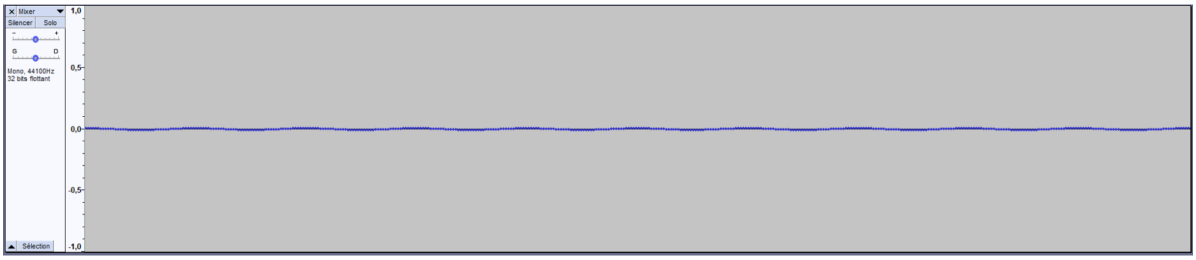

Figure 3 – Représentation du signal « Sinus » additionné au signal « Sinus Déphasé » pour φ = 180°

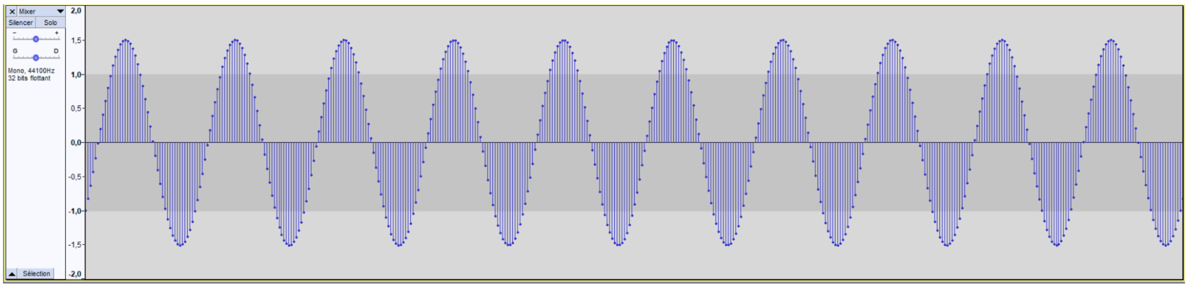

Figure 4 – Représentation du signal « Sinus » additionné au signal « Sinus Déphasé » pour φ = 180

d) Interprétation

D'après les observations, on peut déduire que l'addition du signal déphasé de 90° a amplifié le signal « Sinus » et l'a retardé. Cela se vérifie par le calcul suivant :

$$\sin(1000\pi t)+\sin(1000\pi t+\frac{\pi}{2})=2\sin(\frac{2000\pi+2000\pi+\frac{\pi}{2}}{2}t)\cos(\frac{2000\pi-2000\pi+\frac{\pi}{2}}{2}t)$$

$$2\sin(2000\pi+\frac{\pi}{4})\cos(\frac{\pi}{4})=2\sin(2000\pi+\frac{\pi}{4})\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}t=\sqrt{(2)}\cdot\sin(2000\pi+\frac{\pi}{4})$$

On retrouve alors l'amplitude observée $\sqrt{2}\approx 1.5$ et on retrouve aussi le déphasage retardant le signal car $\phi=\frac{\pi}{4}=45°$

D’après les observations, on peut déduire que l’addition du signal déphasé de 180° a atténué le signal « Sinus ». Cela se vérifie par le calcul suivant :

$$\sin(1000\pi\, t)+\sin(1000\pi\, t+\pi)=2\sin(\frac{2000\pi+2000\pi+\pi}{2}t)\cos(\frac{2000\pi-2000\pi+\pi}{2}t)$$

$$2\sin(2000\pi+\frac{\pi}{2})\cos(\frac{\pi}{2})=2\sin(2000\pi+\frac{\pi}{2})\cdot 0=0$$

On retrouve alors un signal égal à 0 ce qui correspond à notre observation.

D’après les observations, on peut déduire que l’addition du signal déphasé de 90° a amplifié le signal « Sinus » et l’a retardé. Cela se vérifie par le calcul suivant :

$$\sin(1000\pi\, t)+\sin(1000\pi\, t+\frac{3\pi}{2})=2\sin(\frac{2000\pi+2000\pi+\frac{3\pi}{2}}{2}t)\cos(\frac{2000\pi-2000\pi+\frac{3\pi}{2}}{2}t)$$

$$2\sin(2000\pi+\frac{3\pi}{4})\cos(\frac{3\pi}{4})=2\sin(2000\pi+\frac{3\pi}{4})\cdot\frac{-\sqrt{2}}{2}t=-\sqrt{(2)}\cdot\sin(2000\pi+\frac{3\pi}{4})$$

On retrouve alors l’amplitude observée $\sqrt{2}\approx 1.5$ et on retrouve aussi le déphasage avançant le signal car $\phi=\frac{3\pi}{4}=135°$ et que $A=-\sqrt{2}$.

On en conclu donc le tableau suivant :

ϕ	Impacte sur le mix des signaux par rapport au signal de départ
$\frac{\pi}{2}\, ou\, 90°$	Le signal est retardé de 45° et amplifié
$\pi\, ou\, 180°$	Le signal atténué jusqu’à 0 A
$\frac{3\pi}{2}\, ou\, 270°$	Le signal est avancé de 45° et amplifié

Tableau 1 – Impacte du déphasage sur le mix des signaux sinusoïdaux

3) Analyse du La

a) Objectif et conditions d'expérimentation

L'objectif est d'analyse la représentation graphique d'un La.

Pour cela on utilisera le fichier audio La.wav et l'outil de mesure d'Audacity.

b) Étude théorique

Dans le cadre de l'analyse d'un La, on sait que la première harmonique du La se trouve à 220Hz et sa fréquence fondamentale se trouve à 440Hz.

c) Observation

On observe au instant 0s, 1s et 2s :

0. On observe sur la figure 5 que 10 périodes sont faites en 0,041 secondes soit 0,0041s par période.
1. On observe sur la figure 6 que 10 périodes sont faites en 0,023 secondes soit 0,0023s par période.
2. On observe sur la figure 7 que 10 périodes sont faites en 0,022 secondes soit 0,0022s par période.

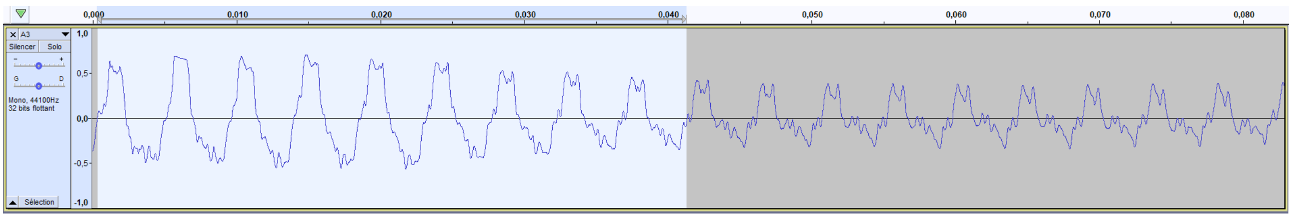

Figure 5 – Analyse fréquentielle d'un La à l'instant T_0

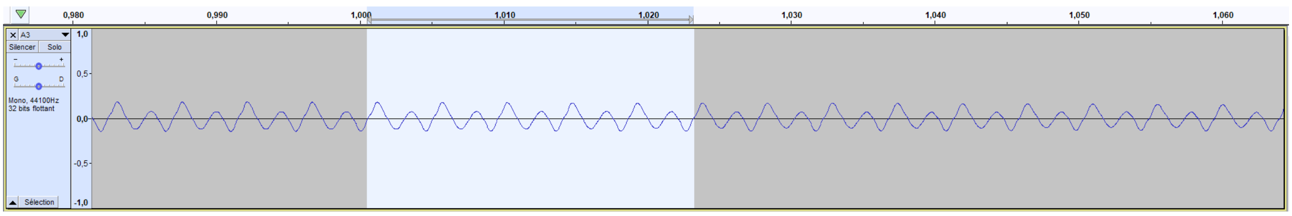

Figure 6 – Analyse fréquentielle d'un La à l'instant T_1

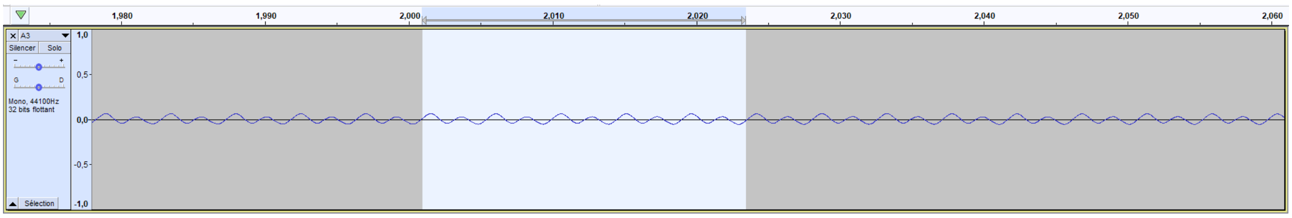

Figure 7 – Analyse fréquentielle d'un La à l'instant T_2

d) Interprétation

On peut déduire les fréquences à chaque instant grâce au calcul suivant $f=\frac{1}{T}$ et donc ici on a :

- $f_0=\frac{1}{0.0041\,s}=243.9\,Hz$
- $f_1=\frac{1}{0.0023\,s}=434.8\,Hz$
- $f_2=\frac{1}{0.0022\,s}=454.5\,Hz$

Il semblerait alors que le début d'un La ait pour fréquence fondamentale 243,9 Hz puis qu'après elle soit d'environ 444Hz.

Partie 3 : Analyse fréquentielle

1) Spectre des formes d'ondes d'études

a) Objectif et conditions d'expérimentation

L'objectif de cette expérimentation est d'observer le spectre de fréquence des ondes d'études.

b) Étude théorique

D'après les connaissances acquises en signaux et système, nous savons que théoriquement un signal sinusoïdal ne contient qu'une raie à la fréquence f.

Nous devrions donc voir pour le signal « Sinus d'amplitude 1 » une raie à 1000Hz et la même chose pour le signal « Sinus d'amplitude 0.1 ».

Quant au signal carré, nous savons qu'il a une infinité de raie dont leur fréquence est basé sur les multiples impaires de la fréquence fondamentale.

Nous devrions donc voir une raie à 500 Hz, puis une à 1500Hz, une autre à 2500Hz etc.

c) Observation

Nous observons sur la figure 8 une seule raie ayant pour fréquence 1000Hz et pour amplitude de 0.1dB

Nous observons sur la figure 9 une seule raie ayant pour fréquence 1000Hz et pour amplitude de -19.9dB

Nous observons sur la figure 10 plusieurs raies :

1. 500Hz et -4 dB
2. 1500Hz et -13 dB
3. 2500Hz et -17.6 dB

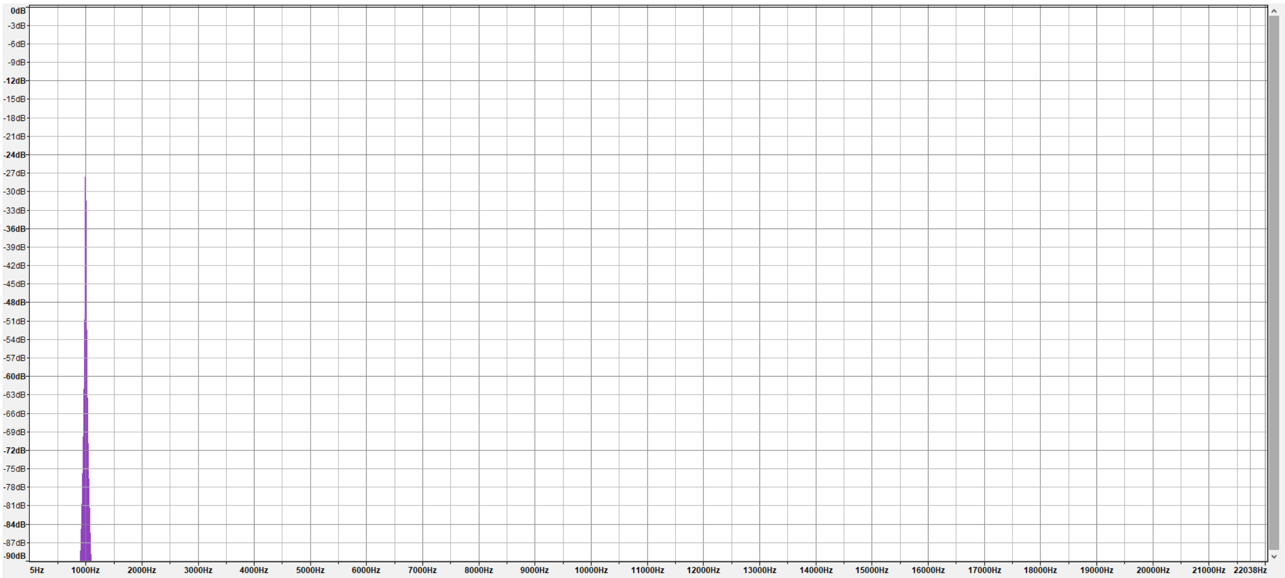

Figure 8 – Spectre fréquentiel d'un signal sinusoïde d'amplitude 1 et de fréquence 1000 Hz

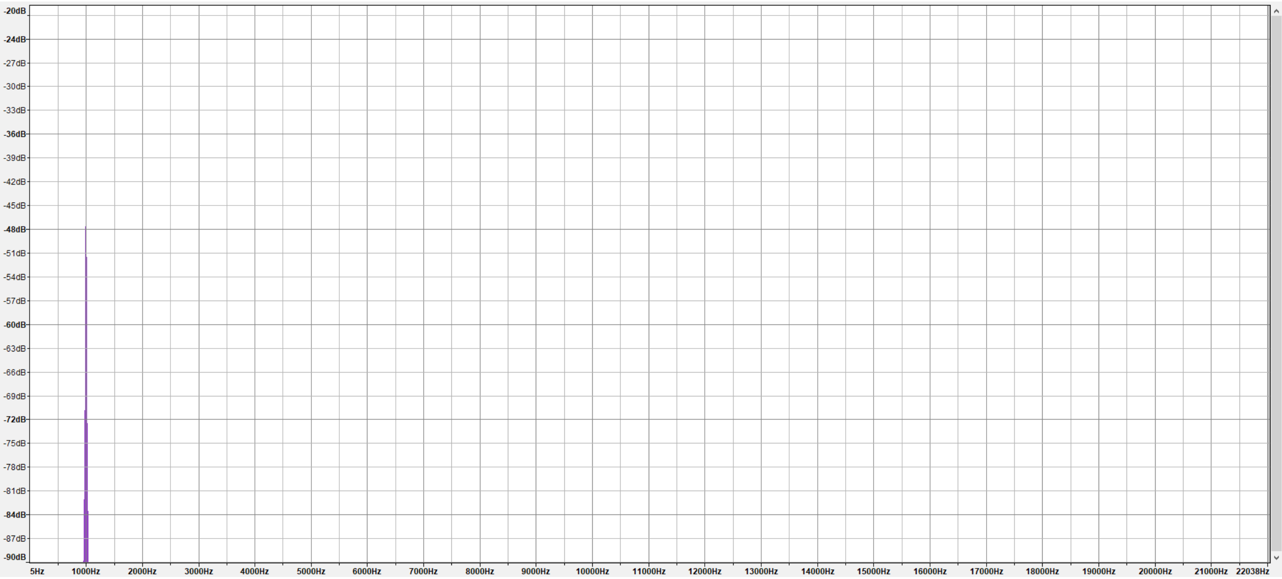

Figure 8 – Spectre fréquentiel d'un signal sinusoïde d'amplitude 0.1 et de fréquence 1000 Hz

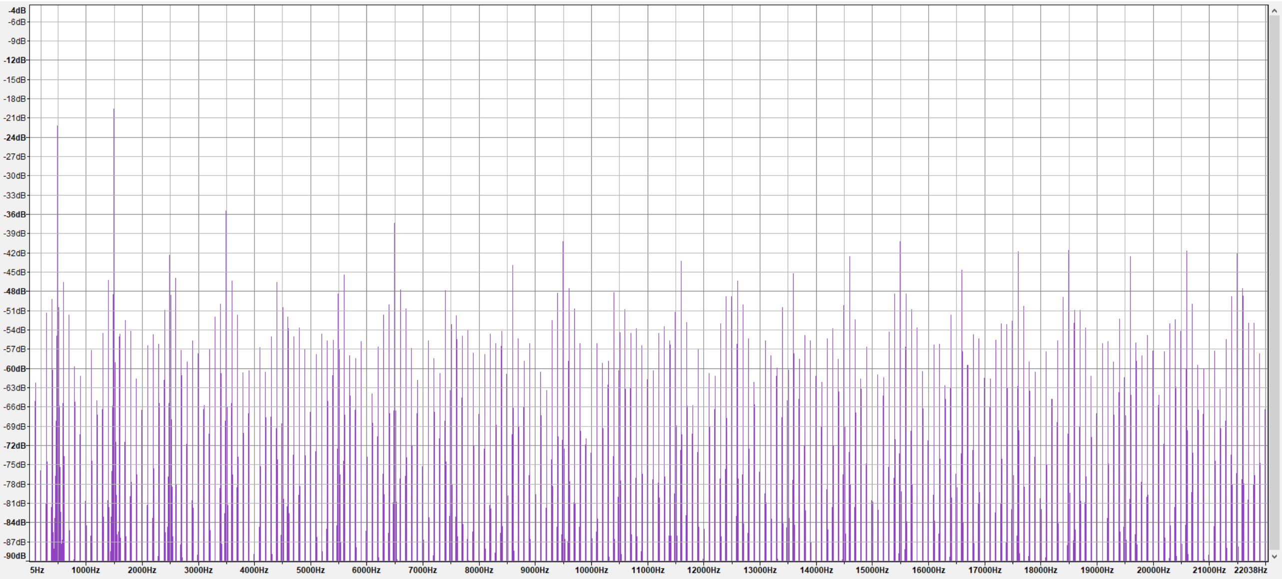

Figure 8 – Spectre fréquentiel d'un signal carré d'amplitude 0.5 et de fréquence 500Hz

d) Interprétation

En comparant les valeurs théoriques avec les valeurs observé on s'aperçoit que ce sont les même pour chaque signal.

Nous remarquons aussi que la deuxième raie du signal carré correspond à 3 fois la fréquence de la première raie, et que la troisième correspond à 5 fois la fréquence de la première raie.

Nous pouvons aussi regarder la différence entre l'amplitude de la raie du signal « Sinus d'amplitude 1 » et du signal « Signal d'amplitude 0.1 » :

$$A_{sinus_{0.1}} - A\,sinus_1 = -19.9\,dB - 0.1\,dB = -20\,dB$$

Nous pouvons convertir cette différence d'amplitude en dB afin d'avoir le facteur linéaire :

$$Facteur_{lineaire} = 10^{\frac{Facteur_{logarithmique}}{20}} = 10^{\frac{-20}{20}} = \frac{1}{10}$$

On comprend alors que le signal « Sinus d'amplitude 0.1 » possède une amplitude 10 fois plus petite que le signal « Sinus d'amplitude 1 ».

2) Spectre du La

a) Objectif et conditions d'expérimentation

L'objectif de cette expérimentation est de générer et analyse le spectre de fréquence d'un La.

b) Étude théorique

D'après les informations trouvées sur internet, on sait que le La est décomposé en plusieurs raies. On sait aussi que la première raie à pour fréquence 220Hz et que les autres raies ont des fréquences multiples de la première (440Hz, 660Hz…).

c) Observation

On observe que le spectre du La est composé de plusieurs raies dont les 3 plus importantes sont :

1. la fréquence fondamentale à 221Hz et d'amplitude -23.6 dB
2. 2 fois la fréquence fondamentale à 442Hz et d'amplitude -23.6 dB
3. 3 fois la fréquence fondamentale à 662Hz et d'amplitude -40dB

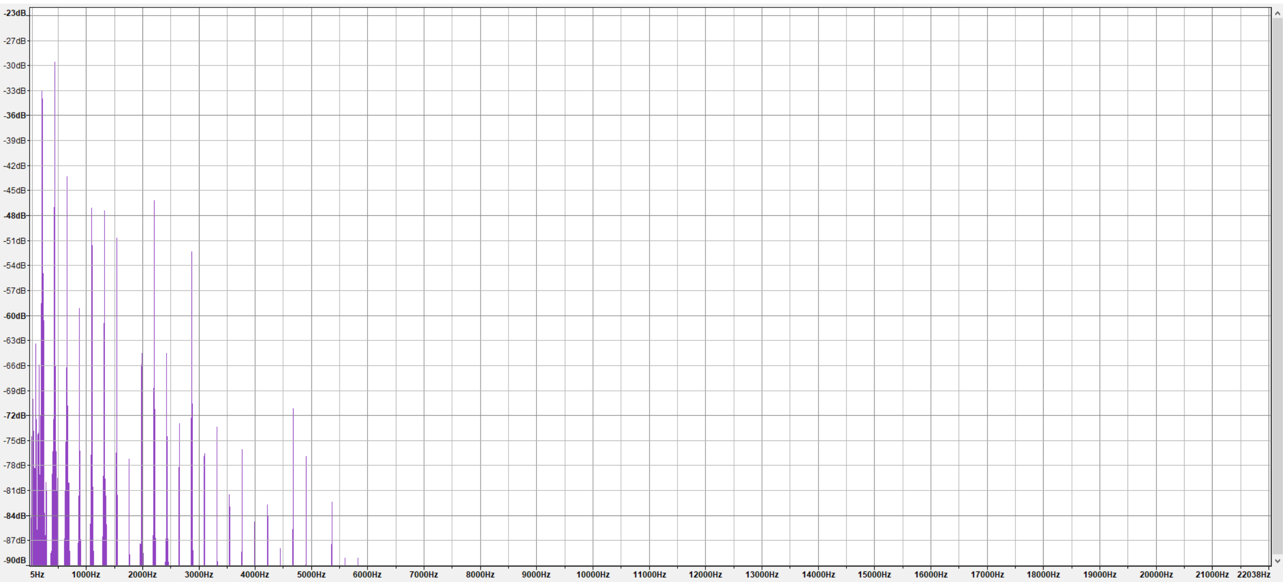

Figure 9 – Spectre fréquentiel du signal représentant un La

d) Interprétation

Lors de l'analyse temporelle nous avions déterminer que la fréquence fondamentale était de environ 243.9Hz. On remarque alors qu'en ayant des imprécisions lors l'analyse temporelle nous sommes proches de la valeur indiquée par le spectre fréquentiel de la figure 9.

De plus on observe que la fréquence de la raie 2 est le double de la fréquence de la raie 1. De la même façon la fréquence de la raie 3 est le triple de la fréquence de la raie 1.

Cela correspond bien avec les informations de l'étude théorique.

Partie 4 : Périodogramme

1) Analyse du spectrogramme des ondes d'étude

a) Objectif et conditions d'expérimentation

L'objectif de cette expérimentation est de voir la puissance de chaque fréquence des ondes d'étude par rapport au temps.

Chaque spectrogramme a été fait en suivant les paramètres suivant :

- Gain à 2db
- Plage à 50db
- Largeur de la fenêtre à 2048
- Plage de fréquence allant de 0 à 6000Hz

b) Étude théorique

En théorie nous devrions observer sur les spectrogrammes de longues lignes aux fréquences des raies du spectre des signaux. Nous devons aussi voir des « résidus » de puissance autours des lignes.

c) Observation

On observe sur la figure 10 une colorisation importante formant une ligne à la fréquence 1000Hz. Cela correspond à une amplitude de 1.

On observe sur la figure 11 une faible colorisation formant une ligne à la fréquence 1000Hz. Cela correspond à une amplitude de 0.1 .

On observe sur la figure 12 une colorisation importante à plusieurs reprises formant des lignes. Ces lignes se trouvent à 500Hz, 1500Hz, 2500Hz… On voit aussi que la colorisation est de moins en moins forte plus on monte dans les hautes fréquences.

On observe que la puissance des fréquences caractéristiques est continue sur tout le signal (sinus ou carré) alors que les autres puissances tendent à se dissiper.

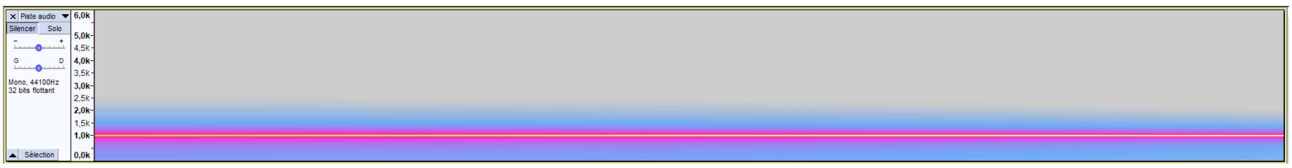

Figure 10 – Spectrogramme d'un signal sinusoïdal d'amplitude 1 et de fréquence 1000Hz

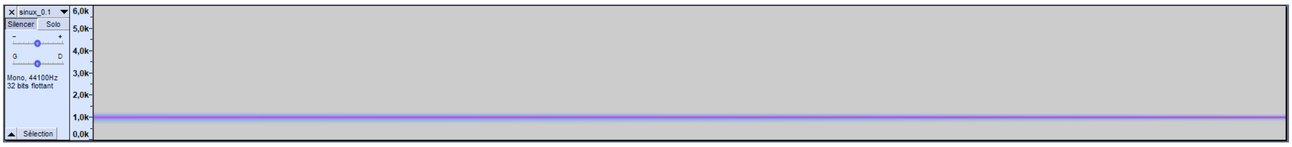

Figure 11 – Spectrogramme d'un signal sinusoïdal d'amplitude 0.1 et de fréquence 1000Hz

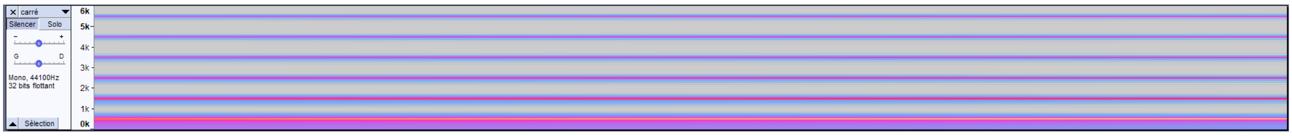

Figure 12 – Spectrogramme d'un signal sinusoïdal d'amplitude 0.5 et de fréquence 500Hz

d) Interprétation

En comparant l'étude théorique et les observations on se rend compte que les valeurs sont les mêmes.

On retrouve bien la puissance autours des fréquences caractéristiques avec quelques résidus sur les fréquences avoisinantes.

On peut alors conclure que la puissance des signaux se trouve majoritairement à leur fréquence caractéristique.

2) Analyse du spectrogramme d'une gamme

a) Objectif et conditions d'expérimentation

L'objectif de cette expérimentation est d'observer le spectrogramme d'une gamme en musique.

On utilisera alors le fichier gamme.wav et les paramètres de spectrogramme suivant :

- Gain à 2db
- Plage à 50db
- Plage de fréquence allant de 0 à 3000Hz

b) Étude théorique

c) Observation

Nous observons sur la figure 13 8 notes composées chacune de 3 fréquences se démarquant

La première fréquence de chaque note (accompagné de son nom) :

- $Do \approx 260\,Hz$
- $Ré \approx 290\,Hz$

- $Mi \approx 330\ Hz$
- $Fa \approx 350\ Hz$
- $Sol \approx 392\ Hz$
- $La \approx 440\ Hz$
- $Si \approx 490\ Hz$
- $Do \approx 520\ Hz$

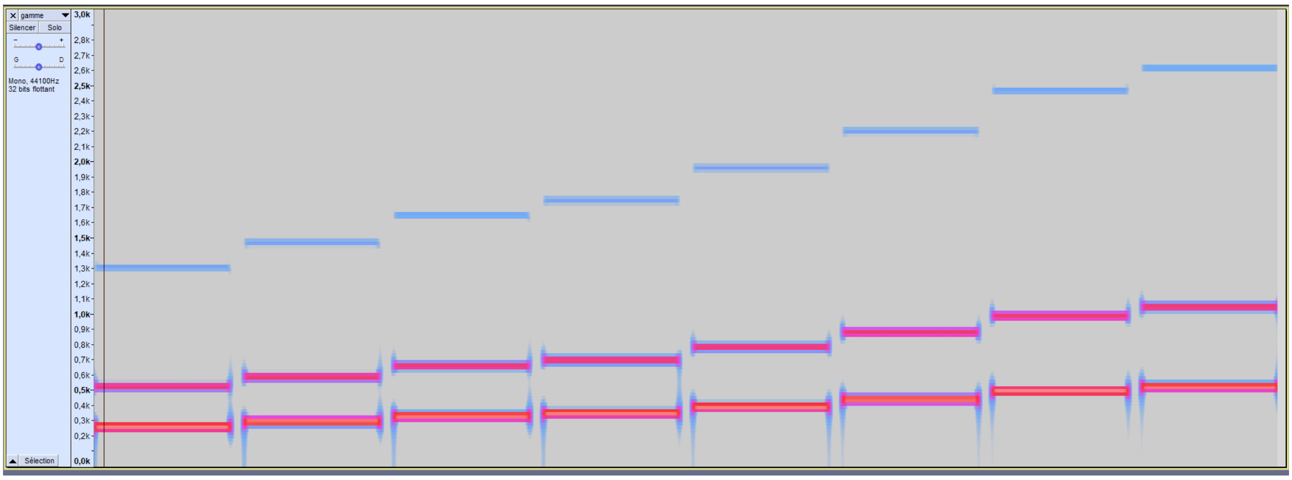

Figure 13– Spectrogramme d'une gamme avec une taille de fenêtre = 2048

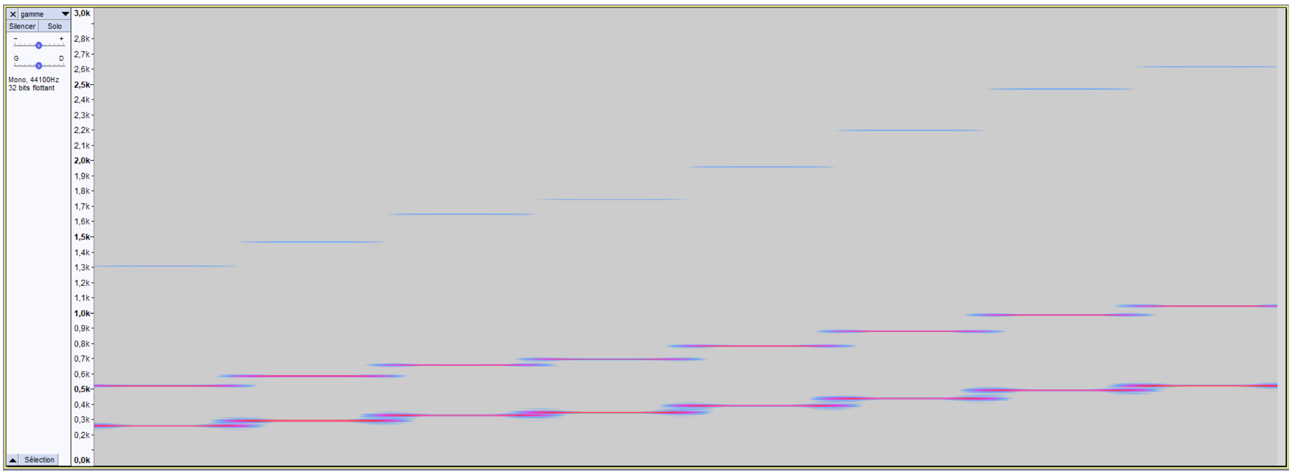

Figure 14– Spectrogramme d'une gamme avec une taille de fenêtre = 16384

d) Interprétation

On constate un écart moyen de 35Hz entre chaque note.

On peut aussi observer l'impacte de la taille de la fenêtre sur le spectrogramme, sur la figure 13 on peut clairement observer les 8 gammes sans chevauchement alors que sur la figure 14 les lignes se touchent et sont plus fines.

3) Analyse du spectrogramme d'un son de la mer

a) Objectif et conditions d'expérimentation

L'objectif de cette expérimentation est de généré et d'observer le spectrogramme du son produit par la mer.

b) Étude théorique

Le son de la mer est un son complexe composé de multiples fréquences. Cependant on sait que ces fréquences sont majoritairement basses.

c) Observation

On observe sur la figure 15 une importante colorisation des fréquences allant de 0Hz à 1000Hz. Cependant on observe aussi une longue étant de puissance entre les fréquences 1000Hz et 10000Hz.

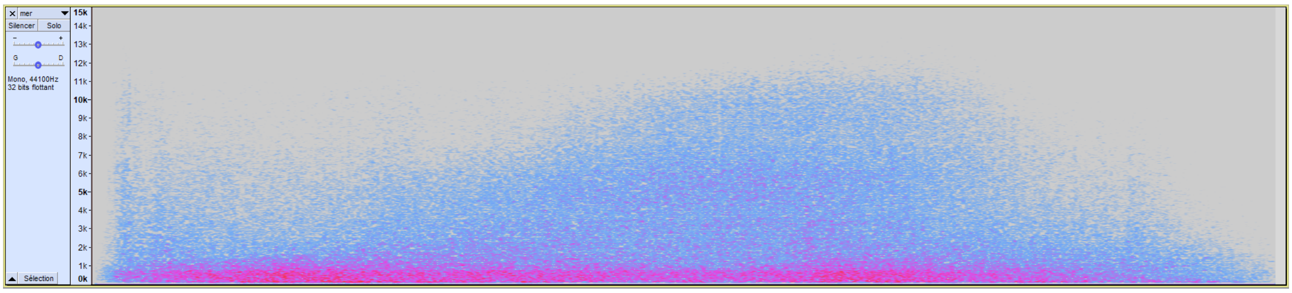

Figure 15– Spectrogramme d'une son de la mer

d) Interprétation

On comprend donc que le son de la mer est majoritairement composé d'ondes de basses fréquences(de par l'importante colorisation de celles-ci) mais qu'on y trouve quand même des fréquences plus hautes (que montre l'étendu de colorisation bleue sur la figure 16).

Partie 5 : Enregistrement et analyse d'un son

1) Enregistrement d'un son et analyse de son volume

a) Objectif et conditions d'expérimentation

L'objectif de cette expérimentation est d'enregistrer un son et de voir le volume qu'il prendra une fois numérisé.

Pour cela nous générerons un son sur une durée de 10 secondes puis nous l'enregistrerons avec les paramètres suivants :

- Taux d'échantillonnage à 44100Hz
- Nombre de bits de quantifications à 16

b) Étude théorique

Le volume théorique se calculerait de la façon suivante :

$$V_{bits} = temps \cdot nbBits \cdot frequence = 10 \cdot 16 \cdot 44100 = 7076000\, bits$$

Ce qui est équivalent à 884 500 octet.

c) Observation

Après avoir enregistré un son sur 10 secondes, nous avons pu constater que son volume était de 884 736 octets.

d) Interprétation

On constate que le fichier réel est plus lourd que le volume théorique. C'est dû aux informations additionnelles enregistré par le format wav (le nom du compositeur, la date, l'album...)