

TD 4 - PROPAGATION D'UN SIGNAL

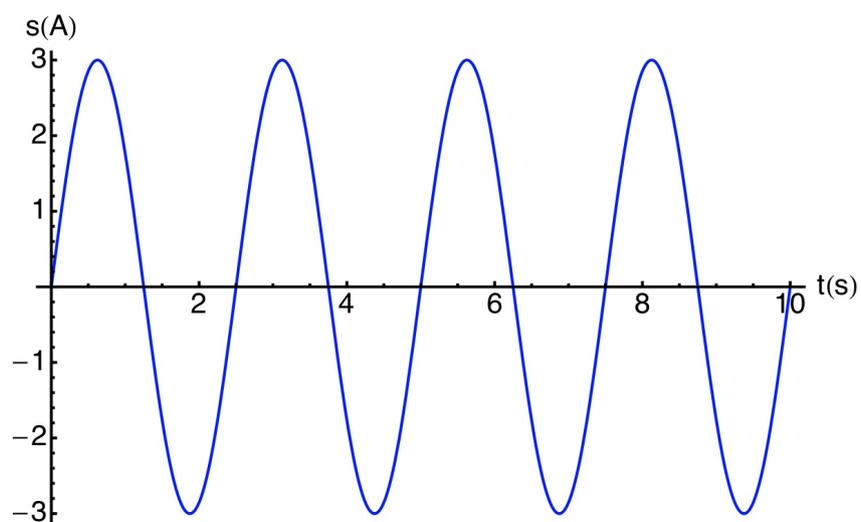
1 Exercice 1 - Représentation de signaux sinusoïdaux.

Question (1.1)

Représentez un signal sinusoïdal $s(t) = 2 \cos(10t + \pi/4)$. Représentez sur la même figure un signal identique mais déphasé de $-\pi/2$.

Question (1.2)

Déterminez la fréquence, la pulsation, la période, l'amplitude et la phase initiale du signal ci-dessous.



2 Exercice 2 - Spectres de signaux

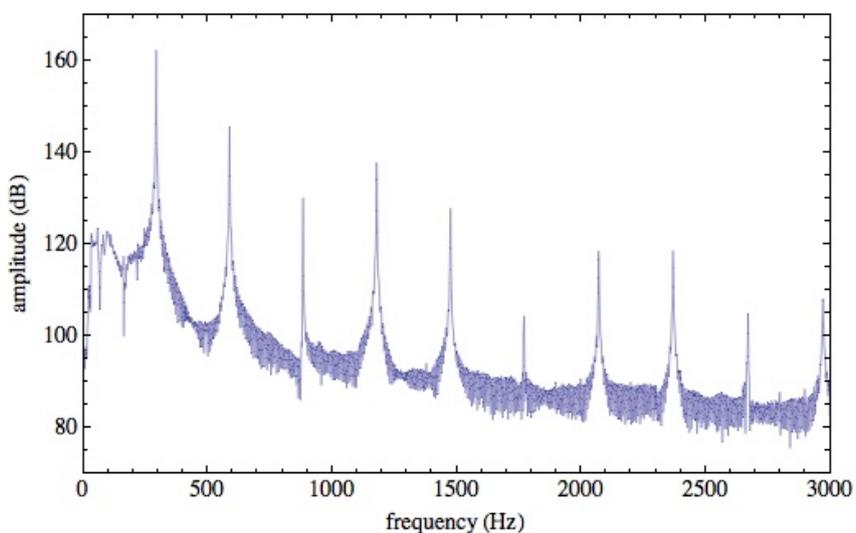


FIGURE 1 – Spectre d'une note jouée au piano

Question (2.1)

Pour chaque signal, représentez le spectre d'amplitude et dites quelle est la fréquence fondamentale :

2.1.a.) $s_1(t) = 3 \cos(240\pi t) + 5 \cos(720\pi t) + 7 \cos(1440\pi t + \pi/2)$

2.1.b.) $s_2(t) = 7 \cos(120\pi t + \pi/4) + 3 \cos(160\pi t - \pi/2)$

2.1.c.) $s_3(t) = 4 + \cos(200\pi t + \pi/3)$

2.1.d.) $s_4(t) = 5 \cos(2\pi f_1 t) \cos(2\pi f_2 t)$.

Vous pouvez utiliser la relation de trigonométrie $\cos a \cos b = \frac{1}{2}[\cos(a + b) + \cos(a - b)]$. Que se passe-t'il pour $f_1 = f_2$?

Question (2.2)

On vous présente le spectre d'une note jouée au piano (Fig. 1). Sachant que dans la troisième octave (on passe d'une octave à la suivante en multipliant la fréquence par deux) les notes ont pour fréquence :

Note	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si
Fréquence (Hz)	262	294	330	349	392	440	494

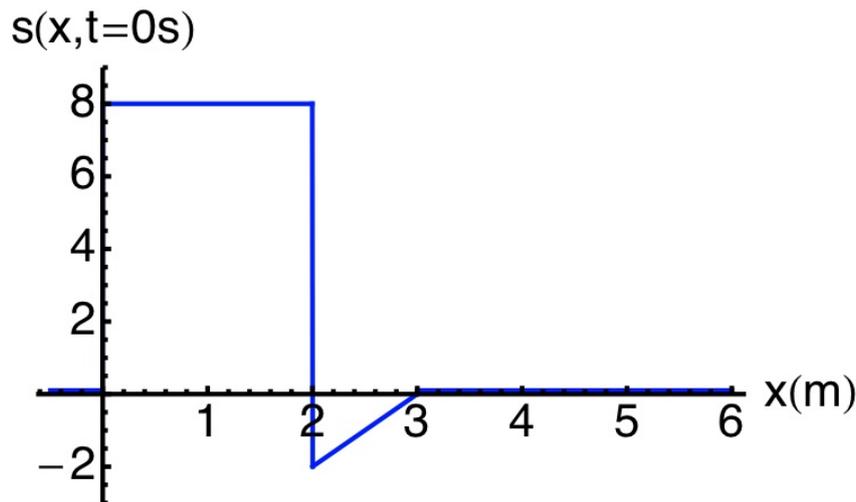
2.2.a.) Quelle est la note jouée par le piano ?

2.2.b.) Combien d'harmoniques comptez-vous ? Et d'octaves ?

3 Exercice 3 - Onde progressive.

Question (3.1)

On vous donne l'amplitude en $t = 0$ d'une onde progressive se propageant à la célérité $c = 2 \text{ m.s}^{-1}$ dans le sens des x croissant.



3.1.a.) Représentez l'amplitude de l'onde en fonction de x à $t = 3 \text{ s}$.

3.1.b.) Représentez l'amplitude de l'onde en fonction de t en $x = 2 \text{ m}$. Vous veillerez bien à préciser l'échelle de temps.

4 Exercice 4 - Expressions d'une onde progressive.

Question (4.1)

On considère une onde progressive le long de l'axe z dans le sens des z décroissant à la célérité c . A l'origine $z = 0$, le signal est de la forme :

$$s(0, t) = \begin{cases} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & \text{si } 0 < t < 2T ; \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

4.1.a.) Donnez la formule exprimant le signal reçu en $z_1 > 0$.

4.1.b.) Donnez la formule exprimant la forme du signal à $t_1 < 0$.

4.1.c.) Représentez le signal reçu en $z_2 = -3 \text{ m}$ sachant que $c = 6 \text{ m.s}^{-1}$ et que $T = 2 \text{ s}$.

5 Exercice 5 - Radar de recul.

On considère un radar de recul de voiture, un système qui permet d'informer le conducteur de la distance entre sa voiture et un obstacle, par l'émission de bips dont la fréquence dépend de la distance mesurée. La distance est mesurée par écholocation : un émetteur émet des ultrasons depuis l'arrière de la voiture, et un récepteur mesure le temps mis par l'onde pour revenir après rebond sur l'obstacle. Sur la majorité des voitures l'émetteur et le récepteur sont confondus, il s'agit d'un matériau piezo-électriques qui convertit du courant en vibrations (pour l'émission) et des vibrations en courant (pour la réception). A cause de cette double fonction, le récepteur ne peut être actif uniquement quand l'émetteur ne l'est pas. L'émetteur émet des salves d'ultrasons, chacune d'une durée $t_1 = 2$ ms, avec une périodicité $t_2 = 12$ ms.

Question (5.1)

Représentez le signal émis par l'émetteur sur une durée de 30 ms. Indiquez à quels moments le récepteur est actif.

Question (5.2)

Quelles sont les distances maximale et minimale de fonctionnement du radar de recul? (Vous prendrez un soin particulier à expliquer votre démarche, ci-besoin à l'aide schémas. Toute ébauche de raisonnement sera prise en compte, à l'inverse d'une réponse non-justifiée.)

6 Exercice 6 - Relation fréquence-longueur d'onde.

Question (6.1)

Déterminez la longueur d'onde :

- 6.1.a.) pour une onde de four micro-ondes à 2,45 GHz. Est-elle de l'ordre du micromètre ?
- 6.1.b.) pour une onde acoustique à 440 Hz dans l'air.
- 6.1.c.) d'ultrasons à 40 kHz utilisés pour les échographies, dans l'air, puis dans le corps humain (qu'on assimilera à de l'eau).
- 6.1.d.) pour des rayons X de fréquence 30 PHz.

Question (6.2)

Déterminez la fréquence :

- 6.2.a.) d'une radiation lumineuse de longueur d'onde 600 nm.
- 6.2.b.) d'une onde sonore de longueur d'onde 1 mm dans le corps humain.

7 Exercice 7 - Onde progressive sinusoïdale.

Question (7.1)

On considère une onde progressive à une dimension dont le signal s'exprime par la formule :

$$s(x, t) = 3 \cos(2,4 \times 10^3 \pi t - 7,0 \pi x + 0,3 \pi),$$

où l'on a exprimé le temps t en secondes et les distances x en mètres.

- 7.1.a.) Quelle est la fréquence, la pulsation et la longueur d'onde de cette onde ?
- 7.1.b.) Dans quel sens se propage t'elle ?
- 7.1.c.) Quelle est sa vitesse de propagation ?
- 7.1.d.) De quel type d'onde pourrait-il s'agir ?