TD 12 | O5- **Battements et interférences**

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Effectuer un calcul d'incertitude				✓			
Réaliser une approximation							✓
Démontrer un résultat	✓						
Gerer des calculs		✓			✓	✓	✓
Etudier un phénomène de battement			✓			✓	
Manipuler des valeurs efficaces	✓	✓					
Faire preuve de sens physique				✓			✓
Etudier un phénomène d'interférence				✓	✓		✓
Réaliser un schéma			✓		✓		✓

I Valeur moyenne et valeur efficace ($\star$)

On considère deux signaux $s_1(t)$ et $s_2(t)$. On appelle $S(t)$ le signal $s_1(t) + s_2(t)$. Les affirmations suivantes sont-elles vraies (justifiez la réponse par un raisonnement ou un contre-exemple) ?

1. On a toujours $\langle S \rangle = \langle s_1 \rangle + \langle s_2 \rangle$
2. On a toujours $\langle 2s_1 \rangle = 2 \langle s_1 \rangle$
3. On a toujours $S_{eff} = s_{1,eff} + s_{2,eff}$

II Signaux carré et harmoniques ($\star$)

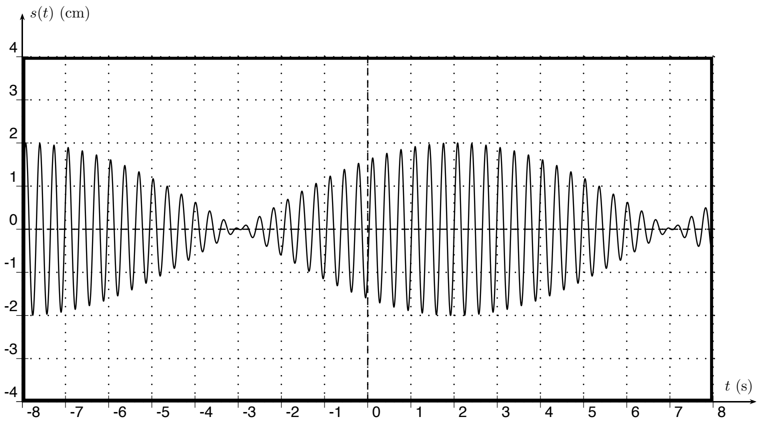
On considère le signal carré périodique de période T défini par :

$$s(t) = -E \text{ pour } t \in \left[0, \frac{T}{2}\right] \text{ et } s(t) = E \text{ pour } t \in \left[\frac{T}{2}, T\right]$$

1. Représentez graphiquement $s(t)$ puis calculez sa valeur moyenne.
2. Calculez sa valeur efficace.
3. Reprendre les questions précédentes pour le signal $h = A\cos(\omega t + \varphi)$, avec $A > 0$.

III Battements v1 ($\star\star$)

On superpose deux signaux de fréquences proches et l'on obtient l'enregistrement de la figure ci-dessous.



1. Déterminez la fréquence et l'amplitude des deux signaux.
2. Dessinez l'allure du signal obtenu lors de la superposition des signaux suivants :

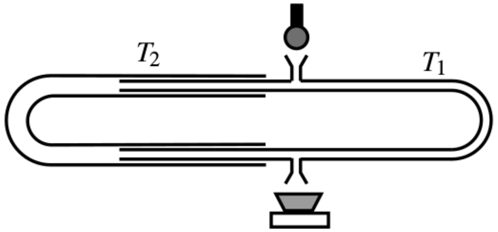
$$s_1(t) = 1,5\cos(2\pi f_1 t) \quad \text{et} \quad s_2(t) = 1,5\cos(2\pi f_2 t)$$

avec $f_1 = 9\,\text{Hz}$ et $f_2 = 10\,\text{Hz}$.

IV Mesure de la vitesse du son ($\star\star$)

Le trombone de Koenig est un dispositif de laboratoire permettant de faire interférer deux ondes sonores ayant suivi des chemins différents. Le haut-parleur, alimenté par un générateur de basses fréquences, émet un son de fréquence $f = 1500\,\text{Hz}$.

On mesure le signal à la sortie avec un microphone branché sur un oscilloscope. En déplaçant la partie mobile T_2, on fait varier l'amplitude du signal observé. Elle passe deux fois de suite par une valeur minimale lorsqu'on déplace T_2 de $d = 11{,}5\,\text{cm} \pm 2\,\text{mm}$.



1. Déterminer la valeur de la célérité du son dans l'air à 20°C, température à laquelle l'expérience est faite.
2. Donner l'incertitude associée à cette mesure.

V Interférences dans une cuve à onde ($\star$)

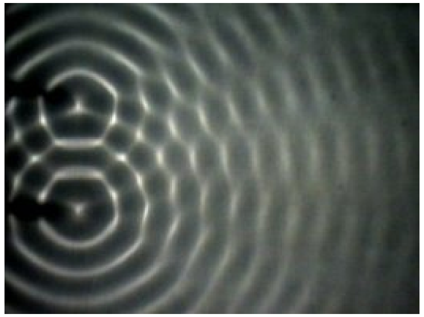
On produit des ondes progressives circulaires à la surface de l'eau en utilisant une cuve à ondes (plan Oxy). La célérité c de l'onde est mesurée et vaut $c = 0,40\ m/s$. Le point source S de la surface du liquide contenu dans la cuve à onde est animé d'un mouvement vertical sinusoïdal de fréquence $f = 20\ Hz$ et d'amplitude a supposée constante $a = 2\ mm$ (on néglige l'amortissement dû aux forces de frottements).

On note (Oz) l'axe vertical (vers le haut). L'élongation de S s'écrit : $z_s(t) = a\cos(\omega t)$.

1. Calculez la longueur d'onde λ de l'onde progressive.

On considère un point M de la surface de l'eau situé à $d = SM$ du point S.

2. Écrivez l'expression de $z_M(t)$.
3. On se place dans le cas où $d = 12\ cm$: le point M vibre-t-il en phase ou en opposition de phase avec le point source S ? Justifiez.



On réalise maintenant des interférences à la surface de l'eau. Deux points sources synchrones, notés S_1 et S_2 vibrant en phase et ayant la même amplitude a émettent chacun une onde progressive. On s'intéresse à la zone où les deux ondes interfèrent.

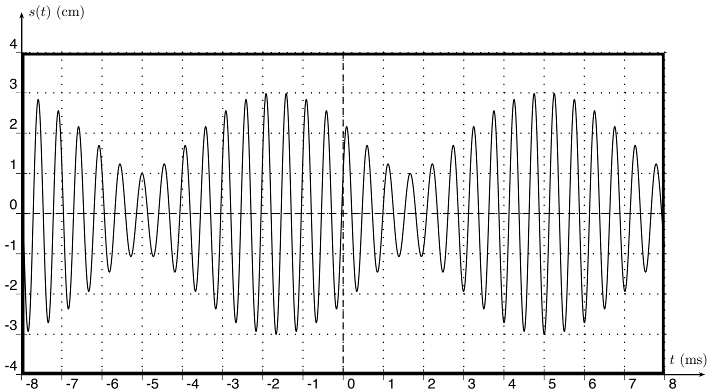
4. Rappelez la définition de la différence de marche δ.
5. On considère un point M tel que $S_1M = 8\,\text{cm}$ et $S_2M = 17\,\text{cm}$. Quel type d'interférences y observe-t-on ? Justifiez. Avec quelle amplitude le point M vibre-t-il ?

On considère le segment $[S_1S_2]$ avec $S_1S_2 = L = 11\,\text{cm}$. On note O le milieu de ce segment.

6. Determiner les expressions de S_1M et S_2M en fonction de x, la coordonnée du point $M \in [S_1, S_2]$. En choisira arbitrairement $x = 0$ lorsque M est en O.
7. Après avoir établi l'expression de la superposition des deux ondes sur ce segment, représentez graphiquement $z(x, t)$.

VI Battements v2 ($\star\star\star$)

On superpose deux autres signaux de fréquences proches et l'on obtient l'enregistrement de la figure ci-dessous.



1. Déterminez la fréquence et l'amplitude des deux signaux.

VII Ondes radio à la surface de la terre ($\star\star\star$)

Un émetteur E (longueur d'onde λ) et un récepteur M d'ondes radio se trouvent au sol à la distance D l'un de l'autre. Une couche atmosphérique réfléchissante horizontale se comporte comme un miroir plan vis-à-vis des ondes radio.
Lorsque l'altitude de la couche réfléchissante est H, l'onde directe et l'onde réfléchie sont en phase ; quand l'altitude devient $H + h$, M ne reçoit aucun signal.

1. Réalisez un schéma détaillé de la situation en précisant bien les deux chemins suivis par l'onde radio.

On note δ la différence de marche entre ces deux chemins. Dans cette question, on ne cherchera pas à exprimer δ en fonction des données géométrique du problème.

2. Que vaut δ en cas d'interférences constructives ? Destructives ? De combien δ varie-t-il lorsque l'altitude de l'atmosphère passe de H à $H + h$?
3. Établissez la relation liant D, H, h et la longueur d'onde λ, en supposant que h est petit devant D et H : $h/H \ll 1$ $h/D \ll 1$.
4. On donne $H = 80{,}0\,\text{km}$, $D = 200\,\text{km}$ et $\lambda = 400\,\text{m}$. Calculez h. Commenter

*On rappelle pour les approximations que $(1+\epsilon)^\alpha \approx 1 + \alpha\epsilon$ si $|\epsilon| \ll 1$.
Cette approximation devra être utilisée plusieurs fois dans cet exercice.*

Astuces :

E3 Q1 : On trouve $f_1 = 3\ Hz$ et $f_2 = 3,1\ Hz$
E6 Q1 : Ici, les deux amplitudes sont différentes. Pensez à identifiez les moments où ces dernières s'ajoutent ou se soustraient.
E7 Q3 : $h = \frac{\lambda}{4}\sqrt{1 + D^2/4H^2}$