**Département de Physique**
**Faculté des Sciences et Techniques**
**Université Cheikh Anta Diop -Dakar**

**L1PCSM**
**2023/2024**

-==*==*==*==*==*==*==-

# Travaux Dirigés d'Optique 1ère Série

**Période du 11 au 23 novembre 2023**

***Exercice hors_série : Rappels mathématiques***

***Cet exercice ne sera pas corrigé en salle. Il doit être traité par les étudiants en travail personnel (TPE). En cas de difficulté, suivre les étapes de travail indiquées lors du cours introductif.***

1. Calculer les moyennes, sur une période, des grandeurs :

a. $g_1(t) = \cos(at + \varphi_1)$ et $g_2(x) = sin^2(bx + \varphi_2)$ où $a, b, \varphi_1$ et $\varphi_2$ sont des constantes.

b. $\langle \vec{u}.\vec{v} \rangle$ où $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont des grandeurs vectorielles dont la direction varie de manière aléatoire au cours du temps.

2. Un théorème mathématique très important, le théorème de Fourier, stipule que *toute fonction périodique $f(t)$ de fréquence angulaire $\omega_0$ , peut être exprimée sous la forme d'une somme de fonctions sinusoïdales de fréquences angulaires $\omega_0, 2\omega_0, 3\omega_0$ .... :*

$$\begin{cases} f(t) = a_0 + \sum_{n\geq 1} a_n \cos n\omega_0 t + \sum_{n\geq 1} b_n \sin n\omega_0 t \ ; \quad \text{où n est entier naturel.} \\ \text{avec: } a_0 = \frac{1}{T_0}\int_t^{t+T_0} f(t)dt \ ; \ a_n = \frac{2}{T_0}\int_t^{t+T_0} f(t)\cos(n\omega_0 t)\,dt \text{ et } b_n = \frac{2}{T_0}\int_t^{t+T_0} f(t)\sin(n\omega_0 t)\,dt \end{cases}$$

Ce procédé de décomposition, appelé analyse spectrale ou analyse harmonique est très utile. Il est utilisé pour la modélisation dans divers domaines de la Physique.

On considère le potentiel créneau $U(t)$, dont l'évolution au cours du temps est représentée par la figure HS.

1. Donner l'expression analytique de la fonction $U(t)$ sur une période entière.
2. Calculer les coefficients $a_n$ et $b_n$ de la décomposition spectrale (de Fourier) de la fonction $U(t)$.

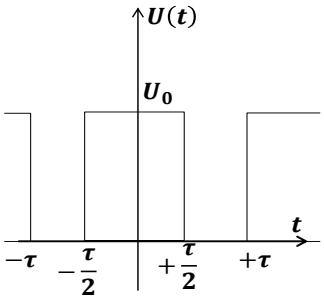



**Figure HS**

***Exercice 0_1 : propagation d'ondes***

1. Recherches personnelles à faire avant la séance de TD (TPE) : rechercher par vous-même les vitesses de la lumière et du son dans le vide puis dans l'air.
   Nogaye assite à un sabar au stade Amadou Barry de Guédiawaye. Du haut de la tribune, elle observe avec intêret le batteur de tama placé dans un coin de la scéne aménagée au milieu de la pelouse. Elle perçoit un décalage temporel entre la vision de l'impact de la baguette du batteur sur le tama et la perception du son émis.
2. Si le sabar est non sonorisé (pas d'enceintes) Nogaye verra-t-elle l'impact de la baguette avant d'entendre le son ou entendra-t-elle le son avant de percevoir l'impact ? Argumentez votre réponse.
3. Qu'en aurait-il été si le sabar était sonorisé, c'est-à-dire si les sons étaient transmis via des enceintes ?

***Exercice 0_2 : l'échographie en milieu médical***

**1.** Recherches personnelles à faire (en TPE) avant la séance de TD: définir (caractériser) les **infrasons**, les **sons** et les **ultrasons**. Et délimiter leurs domaines de fréquences.

L'échographie est une technique qui permet d'observer l'intérieur du corps humain de façon indolore et sans danger pour les organes. Une sonde échographique placée au contact du corps est constituée d'un émetteur couplé à un récepteur d'ondes ultrasonores. Lors d'une séance d'échographie, l'opérateur envoie par l'émetteur des ondes dans le corps du consultant. Chaque fois que ces ondes rencontrent une surface de séparation entre deux milieux différents constitutifs du corps, elles sont renvoyées (réfléchies) en partie et retournent vers le récepteur. La position des organes est repérée à partir des durées des allers et retours des ondes. Pour éviter la réflexion des ultrasons au niveau de la peau du consultant, celle-ci est enduite d'un gel spécial qui assure la continuité du parcourt des ondes.

Un gynécologue veut mesurer par échographie le diamètre $d$ de la tête d'un fœtus. Il utilise une sonde qui envoie de brèves impulsions des ondes qui se propagent à la vitesse moyenne $v = 800\ m.s^{-1}$ dans le corps. Sur l'écran moniteur, il observe que chaque impulsion émise donne deux "échos" (pics) séparés par une durée $\Delta t$ (voir figure 1).

**2.** À quoi correspondent les deux pics observés sur l'échogramme (figure 1b) ?

**3.** Calculer la distance $D$ entre la paroi du ventre de la maman et le fœtus.

**4.** Calculer le diamètre $d$ de la tête du fœtus supposée sphérique.

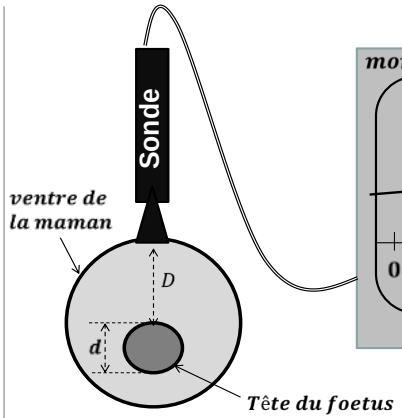



**Figure 1a**

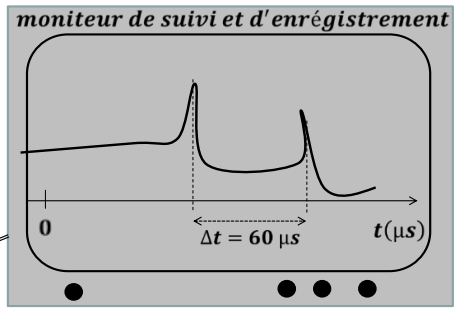



**Figure 1b**

***Exercice 1_1: Interférences en lumière monochromatique.***

On considère un système $S$ de fentes de Young constitué de deux fentes secondaires identiques $F_1$ et $F_2$, distants de $2a = 1{,}5mm$. L'ensemble est placé à la distance $D = 1m$ d'une fente principale, infiniment fine $F$, éclairées en lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0{,}5\mu m$ , parallèle aux fentes secondaires $F_1\ et\ F_2$ et équidistante de celles-ci (voir figures 2).

On étudie les phénomènes d'interférences observés sur un écran $(E)$ situé à distance $D' = 2m$ du plan contenant fentes secondaires. Remarquer que D et D' sont très grands par rapport à $a$.

**1.**

a. Décrire l'aspect des franges observées sur l'écran $(E)$;
b. Déterminer, en fonction de $a, D, D'et\ \lambda$, la position de la frange centrale ;
c. Déterminer la valeur de l'interfrange $i_1$.

**2.** Comment le phénomène serait-il modifié si :

a. la bi-fente n'est plus centrée sur l'axe $z'z$ , mais est déplacée d'une quantité $x = 1cm$ vers le haut (figure 2b) ;
b. La bifente reste centrée sur l'axe $z'z$, mais est inclinée d'un angle $\alpha = 60°$ par rapport la configuration initiale (figure 2c) ;
c. La bifente reste dans sa disposition initiale, mais l'écran est incliné du angle $\beta = 45°$ autour de l'axe parallèle aux fentes (figure 2d) ;
d. Trouver la nouvelle valeur $i_3$ de l'interfrange dans la configuration de la question 2c.

**3.** Les dispositions de la bifente et de l'écran étant à nouveau celle de la question 1 (figure 2a), quelle radiation faudrait-il envoyer sur la fente $F$ pour que l'interfrange sur l'écran $(E)$ soit égale à $i_3$.

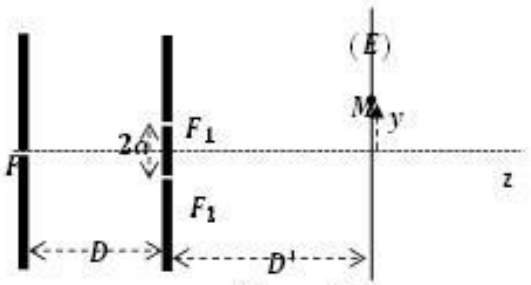


Figure 2a

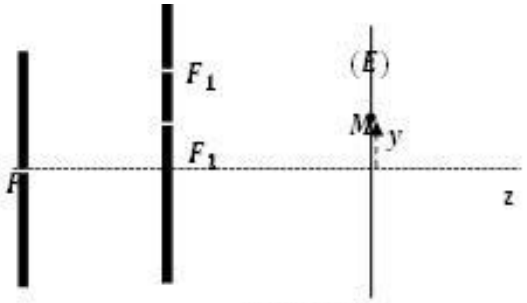


Figure 2b

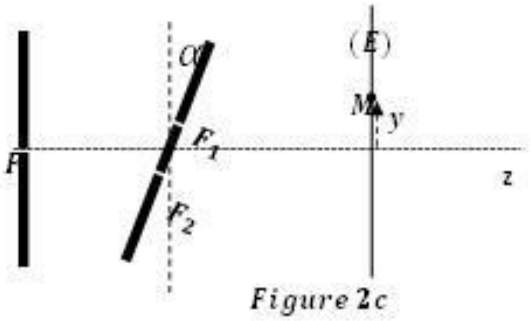


Figure 2c

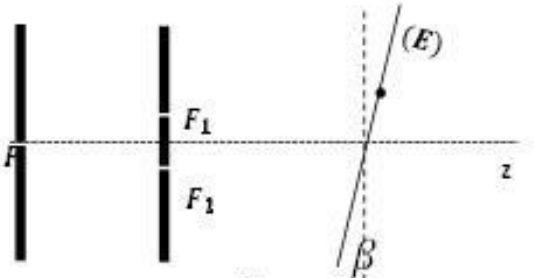


Figure 2d

***<u>Exercice</u> 1_2 : Interférences en lumière polychromatique.***

La fente $F$ du dispositif présenté à l'exercice 1_1 (configuration correspondant à la figure 2a) est éclairée par une source de lumière blanche.

1. Quelle est la nature et la couleur, le cas échéant, de la frange centrale ?
2. Aux points $M$ d'ordonnée $y = 0.5\ mm$, situé sur l'écran $(E)$ placé à la distance $D' = 2{,}5m$ du plan des fentes secondaires, construire la courbe de variation de l'intensité lumineuse en fonction de l'inverse de la longueur d'onde ($\frac{1}{\lambda}$ que l'on fera varier de 0 à $4\ .\ 10^{-3}\ nm^{-1}$). La distance inter-sources vaut : $2a = 2mm$.
3. Quelle est couleur dominante en ces points $M$?