



BLAISE PASCAL  
PT 2024-2025





DM 15 – à rendre mercredi 19 mars

# Interférences

Travailler avec vos cours et TD ouverts est **chaudement recommandé** : un DM est un entraînement, pas une évaluation. Réfléchir ensemble est une bonne idée, mais le travail de rédaction doit être individuel. En cas de besoin, **n'hésitez pas à me poser des questions**, à la fin d'un cours, par mail ou via l'ENT.



Flasher ou cliquer pour accéder au corrigé

Ceinture		Travail à réaliser
	Ceinture blanche	Questions 1 et 2 (facultatif) en faisant l'effort d'adapter le cours à l'exercice!
	Ceinture jaune	Questions 1 à 5 (facultatif)
	Ceinture rouge	Questions 1 à 7 (facultatif)
	Ceinture noire	En entier (facultatif)

## Interférences à trois ondes

PT A 2017

Le montage interférentiel à trois fentes a été développé par Frits Zernike afin de contrôler ou mesurer l'épaisseur d'une fine lame transparente à face parallèles par une méthode optique, donc sans contact mécanique avec la lame comme pourrait le faire un Palmer ou un pied à coulisse.

Dans tout l'exercice, les rayons lumineux sont supposés très peu inclinés par rapport à l'axe optique, et on se place dans l'air d'indice 1. On donne

$$\cos(2\varphi) = 2 \cos^2 \varphi - 1.$$

### Système interférentiel à deux fentes

Considérons d'abord un système de deux fentes  $F_1$  et  $F_2$  très fines, perpendiculaires au plan de la figure 1. Elles sont distantes de  $2a$  et de grande longueur. L'ensemble est éclairé par une source  $S$  ponctuelle monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  placée au foyer objet d'une lentille convergente. L'observation de la figure d'interférences se fait sur un écran placé dans le plan focal image d'une lentille convergente de distance focale image  $f'$ .

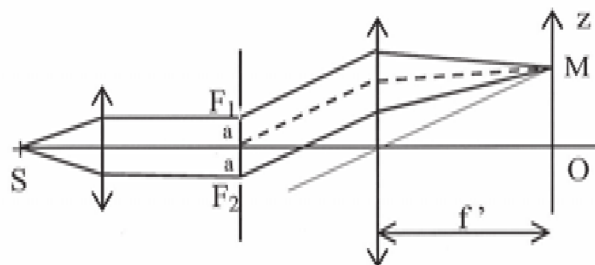


Figure 1 – Système interférentiel à deux fentes.

On s'intéresse aux ondes reçues au point  $M$  d'ordonnée  $z$  sur l'écran et on suppose  $z, a \ll f'$ . On note  $s_0$  l'amplitude associée au rayon fictif (en pointillés sur la figure 1) provenant du milieu des deux fentes. Les amplitudes complexes des deux rayons issus de  $F_1$  et  $F_2$ , déphasées d'un angle  $2\varphi$ , sont alors

$$\underline{s}_1 = s_0 e^{+j\varphi} \quad \text{et} \quad \underline{s}_2 = s_0 e^{-j\varphi}.$$

On note  $E = \underline{s_1 s_1^*} = \underline{s_2 s_2^*} = s_0^2$  l'éclairement (ou intensité lumineuse) émis par chacune des deux fentes,  $s_0$  étant une constante liée à l'intensité émise par la source.

1 - Après avoir énoncé le théorème utile, établir l'expression de  $\varphi$  en fonction de  $a$ ,  $f'$ ,  $\lambda$  et  $z$ .

2 - Exprimer l'éclairement  $E$  résultant de l'interférences des deux ondes en fonction de  $E_0$  et  $\varphi$ . Tracer l'allure de la courbe de  $E/E_0$  en fonction de  $\varphi$ .

### Système interférentiel à trois fentes

On ajoute une troisième fente  $F_0$  au milieu des deux autres et identique à celles-ci.

3 - Montrer que le nouvel éclairement peut se mettre sous la forme  $E = E_0 (1 + 2 \cos \varphi)^2$ .

4 - Reproduire et compléter le tableau de valeurs suivant :

$\varphi$	0	$2\pi/3$	$\pi$	$4\pi/3$	$2\pi$
$E/E_0$					

5 - En déduire l'allure de la courbe de  $E/E_0$  en fonction de  $\varphi$ .

### Application à la mesure d'épaisseur d'une lame de verre

À partir du montage à trois fentes, on ajoute devant la fente centrale  $F_0$  et parallèlement au plan des fentes une lame de verre à faces parallèles d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n = 1,5$ . L'épaisseur  $e$  étant très faible, on considérera que le rayon lumineux qui traverse la lame parcourt une distance  $e$  dans le verre sans être dévié.

6 - Montrer que si l'épaisseur de la lame est telle qu'elle induit un retard de phase de  $\pi/2$  pour le rayon central, on retrouve une alternance régulière de franges brillantes et de franges sombres (pas nécessairement noires), contrairement à la question précédente.

7 - Si on veut contrôler par cette méthode que la lame a bien l'épaisseur souhaitée  $e = 0,3 \mu\text{m}$ , quelle valeur faut-il choisir pour  $\lambda$ ?

Si on veut mesurer l'épaisseur  $e$ , on peut déplacer l'écran d'une distance algébrique  $x = \overline{OO'}$  de façon à retrouver la même figure d'interférences que celle qu'on avait en l'absence de lame. Le point  $O'$  de la figure 2 est tel que les trois rayons issus des trois fentes sont à nouveau en phase (comme en  $O$  sans la lame).

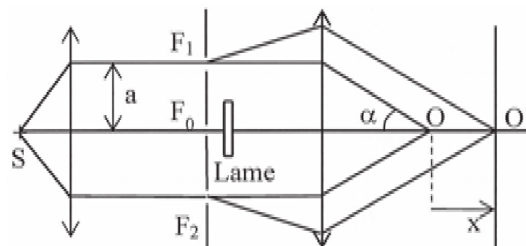


Figure 2 – Système interférentiel à trois fentes avec une lame de verre.

8 - Exprimer  $x$  en fonction de  $n$ ,  $e$  et de l'angle  $\alpha \simeq a/f'$ .

9 - On donne  $a = 0,1 \text{ mm}$ ,  $f' = 10 \text{ cm}$ ,  $n = 1,5$  et à l'aide d'un microscope viseur on mesure  $x = -1 \text{ cm}$ . En déduire l'ordre de grandeur de l'épaisseur  $e$ . On rappelle  $\cos \alpha \simeq 1 - \alpha^2/2$ .