Bienvenue !

Visiter

"Physique Fine enjah "

sur youtube

Pour plus comprendre le cours

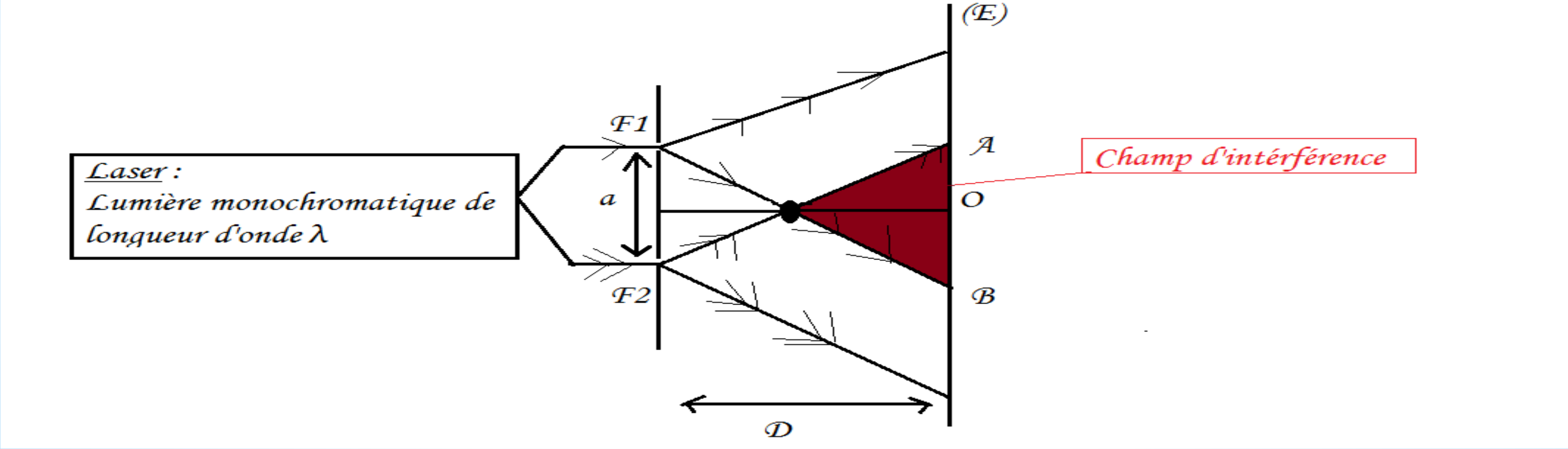
Chapitre : 2 Intérférences lumineuses

- *Définition :*

- *L'interférence est la superposition de deux ondes de même nature et de même fréquence .*

- *L'interférence de la lumière est la superposition de deux ondes lumineuses de même fréquence (synchrones) et déphasage constante (Cohérentes) .*

- *Expérience de deux fentes de Young :* Champ d'intérférence



- *La même source principale émét la lumière dans F_1 et F_2 , alors , on dit que F_1 et F_2 jouent le rôle de deux sources synchrones et cohérantes , donc la condition d'interférence est satisfaite .*

- *Dans ce chapitre , a est la distance entre les deux fentes .*

- *La largeur de chaque fente est plus petit que 1 mm .*

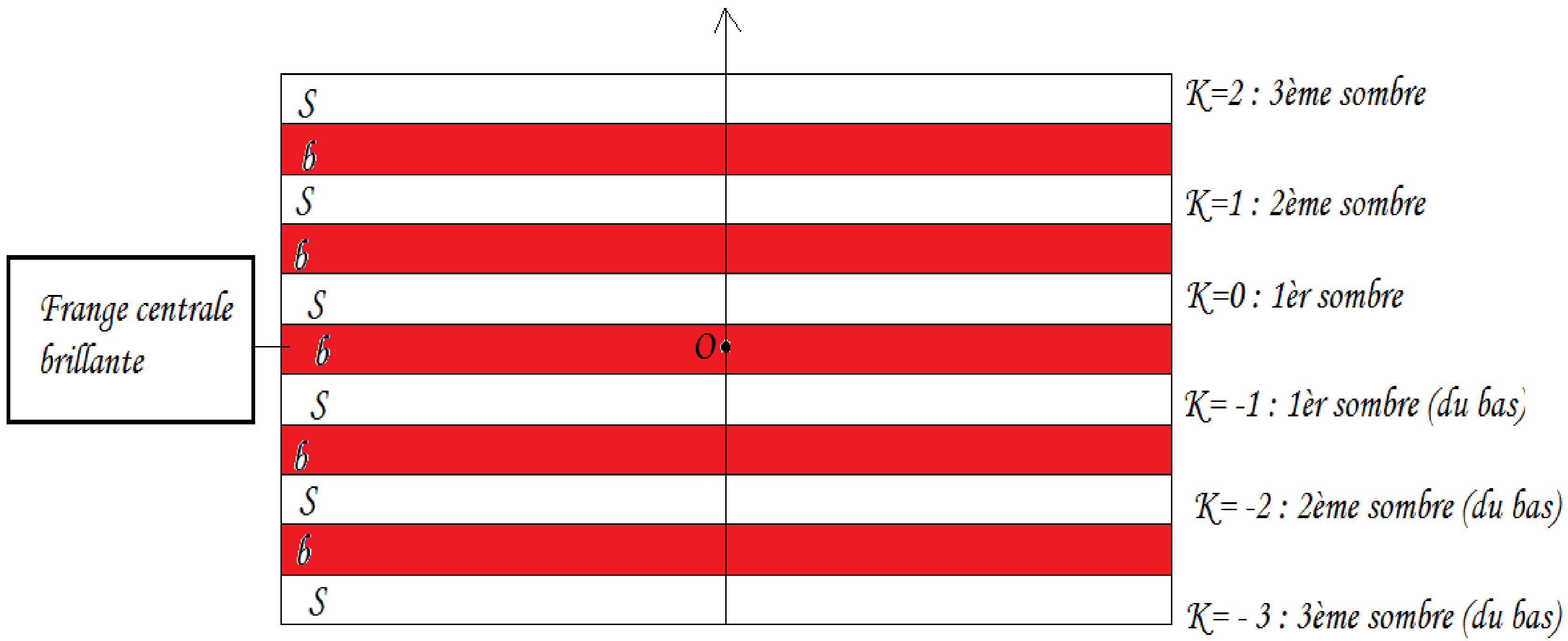
- *Le phénomène aura lieu au niveau de chaque fente est : Diffraction de la lumière .*

- *Le phénomène observé sur l'écran (E) est l'intérférence de la lumière .*

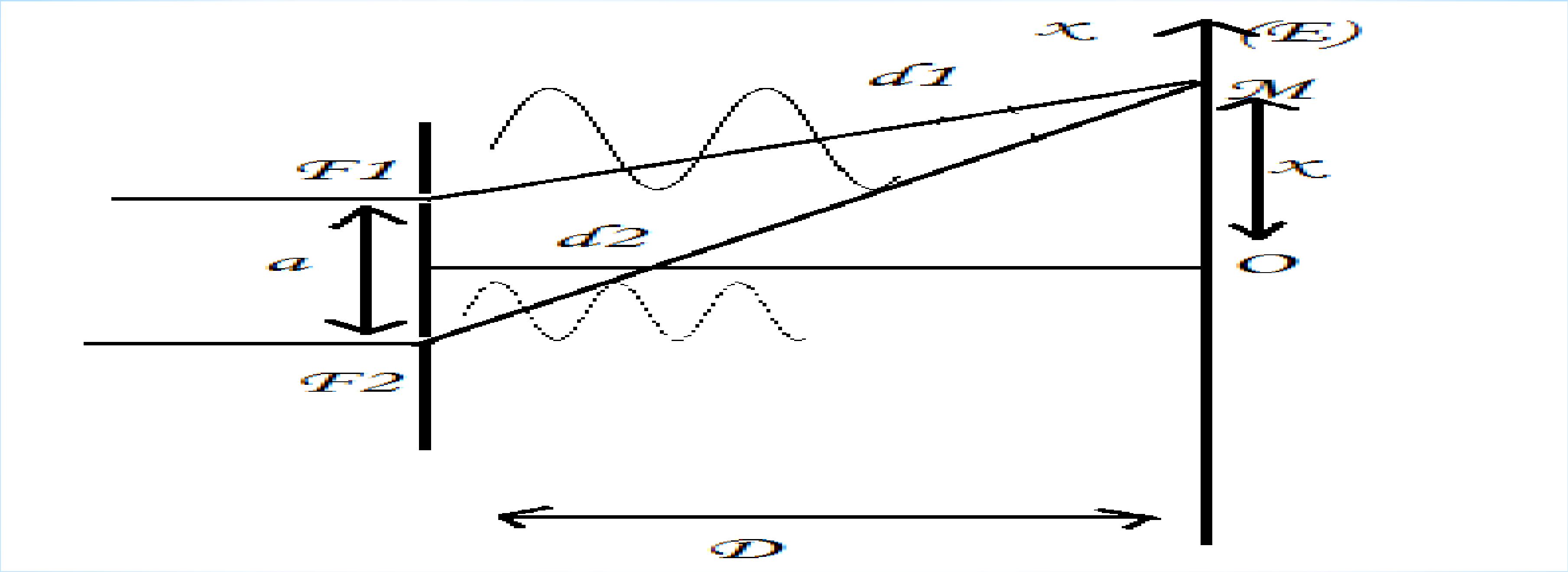
- *<u>Description de l'observations :</u>*

✓ *On observe sur l'écran et dans le champ d'interférence entre A et B des franges alternativement brillantes et sombres , rectilignes , parallèles entre eux et parallèles aux fentes et équidistantes . La frange centrale est une frange brillante .*

- *Sur l'écran :* ($K \in Z$)



➢ <u>*Position d'une frange brillante :*</u>



✓ <u>*Différence de marche optique:*</u>

Géométrie : $\delta = d_2 - d_1 = \frac{a\,x}{D}$ $(demonstration\; n'est\; pas\; demandée)$

Physiquement :

$M \in au\; centre\; d'une\; frage\; brillante\; si\; les\; deux\; ondes\; arrivent\; en\; M\; en\; phase$
$(\cap\; et\; \cap)\; ou\; (\cup\; et\;\; \cup)$: $\delta = d_2 - d_1 = k\,\lambda$.

- En combinant les deux équations , on aura : $\frac{a\,x}{D} = k\,\lambda$

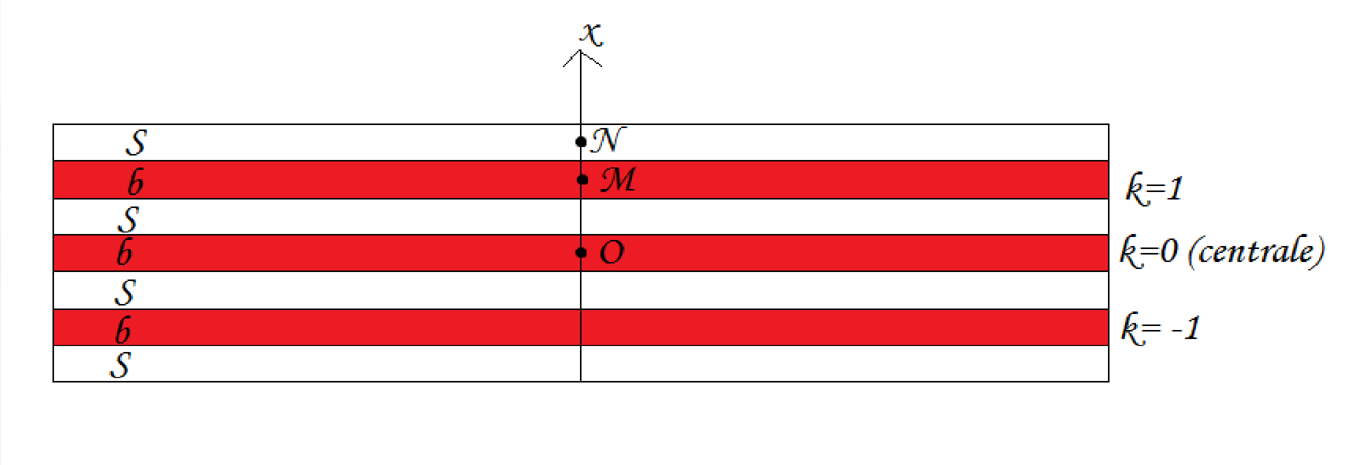
$$Donc : x = \frac{k\,\lambda\,D}{a} \quad (k \in Z)$$

À retenir ce formule , et la méthode donnée .

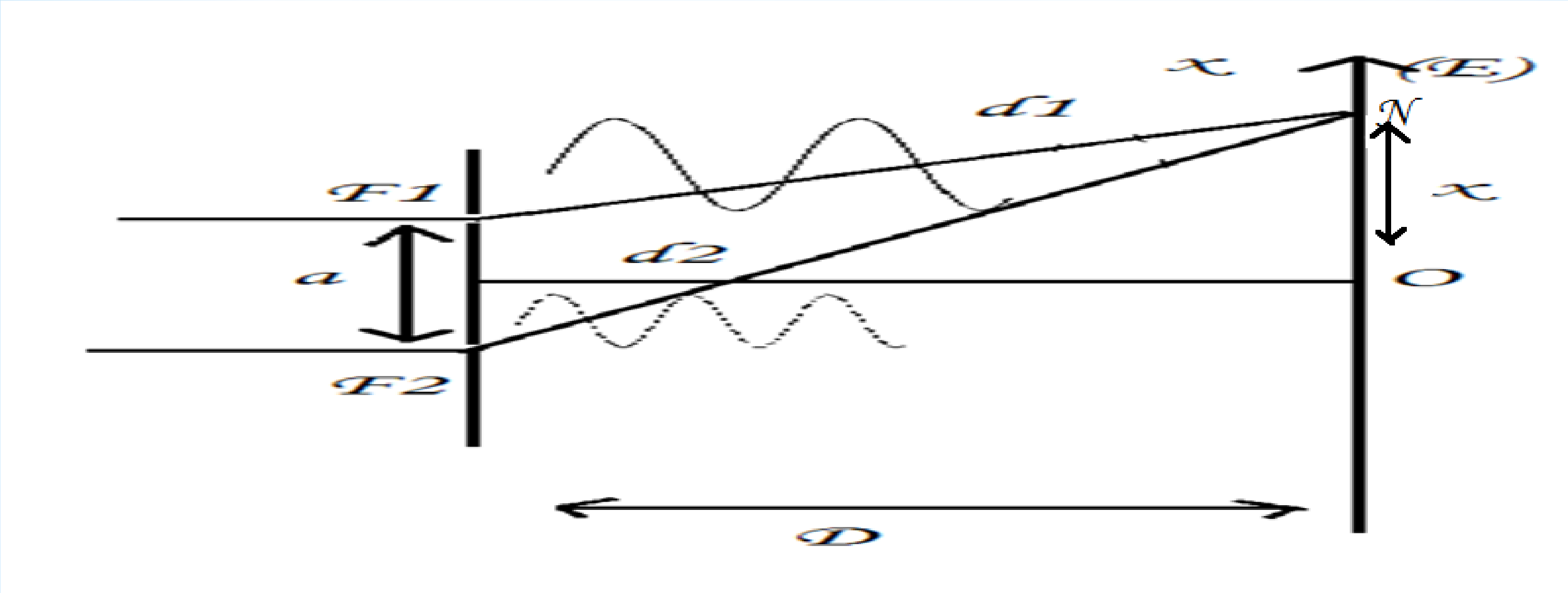
- ✓ $Pour\ k = 0 \Rightarrow x = 0\ (frange\ centrale)$

- ✓ $Pour\ k = \pm 1 \Rightarrow x = \pm\frac{\lambda\,D}{a}$ (1 èr $brillante$)

- ✓ $Pour\ k = \pm 2 \Rightarrow x = \pm\frac{2\,\lambda\,D}{a}$ (2ème $brillante$)



- ## *Position d'une frange sombre :*



- ## Différence de marche optique:

Géométrie : $\delta = d_2 - d_1 = \frac{a\,x}{D}$ $(demonstration\ n'est\ pas\ demandée)$

Physiquement : N∈ au centre d'une frange sombre si les deux ondes arrivent en N en opposition de phase .

$(\cap\ et\ \cup)$ *ou* $(\cup\ et\ \cap)$: $\delta = d_2 - d_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$.

➢ *En combinant les deux équations on aura :* $(2k+1)\frac{\lambda}{2} = \frac{a\,x}{D}$

$$Donc : x = \frac{(2k+1)\,\lambda\,D}{2\,a} \quad (k \in Z)$$

À retenir ce formule , et la méthode donnée .

✓ $Pour\ k = 0 \Rightarrow x = \frac{\lambda\,D}{2\,a}$ (1 èr $sombre$)

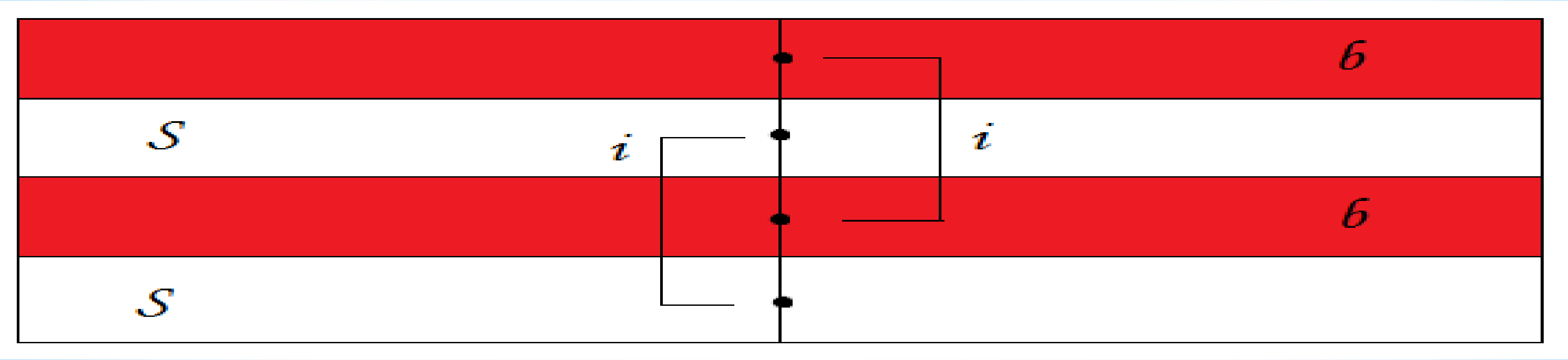
✓ $Pour\ k = -1 \Rightarrow x = -\frac{\lambda\,D}{2a}$ (1 èr $sombre\ du\ bas$)

✓ $Pour\ k = +1 \Rightarrow x = +\frac{3\,\lambda\,D}{2a}$ (2ème $sombre\ du\ haut$)

✓ *Figue : Slide 4*

➢ *Interfrange :*

L'interfrange est la distance entre les deux centres de deux franges consécutifs et de même nature (brillante et brillante) ou (sombre et sombre) .



➢ *Pour deux franges brillantes :*

$$x_b = \frac{k \lambda D}{a}$$

$$i = x_{k=n+1} - x_{k=n} = \frac{(n+1)\lambda D}{a} - \frac{n \lambda D}{a} = \frac{\lambda D}{a}(n + 1 - n) \Rightarrow i = \frac{\lambda D}{a} \ (m)$$

- *Pour deux franges sombres :*

$$x_S = \frac{(2k+1)\,\lambda\, D}{2\,a}$$

$$i = x_{k=n+1} - x_{k=n} = \frac{(2(n+1)+1)\lambda\, D}{2\,a} - \frac{(2n+1)\lambda\, D}{2\,a}$$

$$= \frac{\lambda\, D}{2\,a}(2n+2+1-2n-1)$$

$$\Rightarrow i = \frac{2\,\lambda\, D}{2\,a} = \frac{\lambda\, D}{a}\ (m)$$

- *Si l'éxpérience est dans un milieu d'indice n , on sait que :* $n = \frac{C}{V}$

Et $\lambda(air) = \frac{C}{f}$, *et* $\lambda(n) = \frac{V}{f}$ *, donc :* $\frac{\lambda(n)}{\lambda(air)} = \frac{V}{C} = \frac{1}{n}$

Donc : $i' = \frac{\lambda' D}{a} = \frac{\lambda\, D}{n\, a} = \frac{i}{n}$.

- $\delta' = d_2' - d_1' = nd_2 - nd_1 = n(d_2 - d_1) = n\,\delta$.

- ## *Exercice:*

Dans l'éxpérience des fentes de Young , la distance entre les centres de la première frange brillante et la 9ème frange sombre (les franges sont situés du même côté de la frange centrale) est de 1.9 cm . Détérminer la longueur d'onde de la lumière monochromatique utilisée , sachant que les centres de deux fentes sont distantes de 0.5 mm et que leur plan est situé à une distance de 2 m de l'écran d'observation .

- ## *Sol:*

$$\Delta x = x_{9\text{ ème } s} - x_{1\text{èr } b} = 1.9\ cm = 0.019\ m$$

On sait que : $x_b = \frac{k\,\lambda\,D}{a}$ *, 1 èr brillante , alors :* $k = 1$ *, donc :* $x_1 = \frac{\lambda\,D}{a}$

$x_S = \frac{(2k+1)\lambda\ D}{2\ a}$ *, 9 ème sombre , alors :* $k = 8$ *, donc :* $x_8 = \frac{17\,\lambda\,D}{2\ a}$

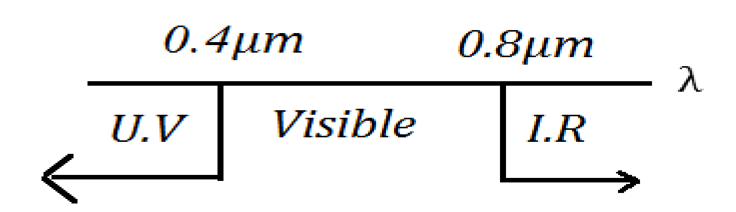
Donc : $\frac{17\,\lambda\,D}{2\ a} - \frac{\lambda\,D}{a} = 0.019 \Rightarrow \frac{15\,\lambda\,D}{2\ a} = 0.019 \Rightarrow \lambda = \frac{0.019\times2\times a}{15\ D} = \frac{0.019\times2\times0.5\times10^{-3}}{15\times2}$

$$\lambda = 0.63\times10^{-6}\ m = 0.63\ \mu m\ .$$

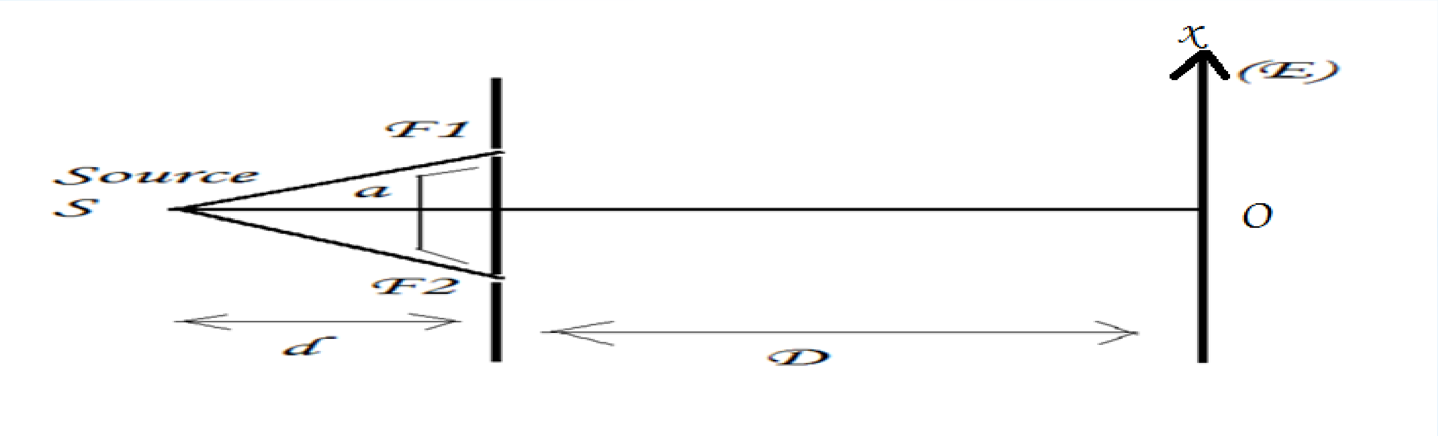
- ***Diffraction avec une lumière blanche polychromatique :***

- ***Définition :***

La lumière blanche est une lumière polychromatique formé de tous les radiations visible de rouge jusqu'à violet (arc en ciel) .



- ***Diffraction avec la lumière blanche , expériences des fentes de Young :***



- *Il y a t-il une phénomène d'interférence ?*

- *<u>Sol:</u> S est une source de lumière blacnhe émet dans tous les directions de lumière polychromatique ,*

Il y a intérférence de chaque radiation , F_1 et F_2 jouent le rôle de deux sources synchrones et cohérantes de chaque radiation ,

- *<u>Observations:</u>*

Quel est l'observation dans la frange centrale au point O sans et avec spetroscope (spectromètre) .

- *<u>Sol:</u>*

O est la position de la frange centrale de tous les radiations arrivent en O en phase .
Sans spectromètre , on observe une tache de lumière blanche .
Avec spectromètre , on observe un spectre formé de toutes les radiations visibles de rouge jusqu'à violet .

- On donne $a = 1mm$, $D = 2m$ et $d = 10\ cm$.

Un spectromètre en un point P de l'écran ($\overline{OP} = x$) , $x = 8\ mm$, *on observe des radiations manquantes dans le spectre visible .*

- *Expliquer l'éxistence des radiations manquantes , et détérminer leurs longueurs d'onde .*

- ✓ *Sol:*

Les radiations manquantes dû à l'éxistence des franges sombres en P de quelques radiations .

Pour des franges sombres , on sait que $x_S = \frac{(2k+1)\lambda\, D}{2\, a} \Rightarrow \lambda = \frac{2\, a\, x}{(2k+1)D}$

Donc : $\lambda = \frac{2\times1\times10^{-3}\times8\times10^{-3}}{(2k+1)\times2}$, *et parsuite* $\lambda = \frac{8\times10^{-6}}{2k+1}$.

Spectre visible , alors $0.4 \times 10^{-6} \leq \lambda \leq 0.8 \times 10^{-6}$

$Alors : 0.4 \times 10^{-6} \leq \frac{8\times10^{-6}}{2k+1} \leq 0.8 \times 10^{-6}$

$$\Rightarrow \frac{0.4}{8} \leq \frac{1}{2k+1} \leq \frac{0.8}{8}$$

$Donc : 10 \leq 2k + 1 \leq 20$

$Alors : 9 \leq 2k \leq 19$

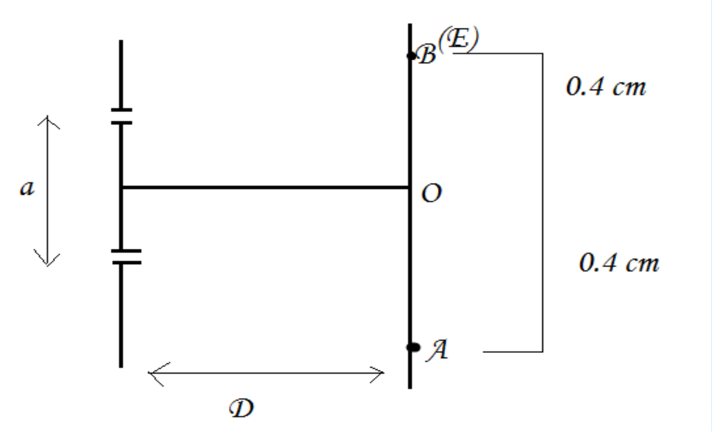
$Alors : 4.5 \leq k \leq 9.5\ , et\ puisque\ k \in Z\ , donc : k = \{5\ ; 6\ ; 7\ ; 8\ ; 9\}$

$$k = 5 \Rightarrow \lambda = \frac{8 \times 10^{-6}}{2(5) + 1} = 0.727 \times 10^{-6}\, m = 0.727\ \mu m$$

$$k = 6 \Rightarrow \lambda = 0.615\ \mu m$$
$$k = 7 \Rightarrow \lambda = 0.533\ \mu m$$
$$k = 8 \Rightarrow \lambda = 0.470\ \mu m$$
$$k = 9 \Rightarrow \lambda = 0.421\ \mu m$$

- *Exercice fondamentale :1*

Dans l'éxpérience de young , l'observation sur l'écran et sur un segment AB . La distance entre les deux fentes est $a = 1\ mm$ *, la longueur d'onde du lumière monochromatique est* $\lambda = 0.6\ \mu m$ *. La distance D entre les deux fentes et l'écran d'observation est* $D = 1.5\ m$ *.*



1. *Calculer l'interfrange i .*

- ✓ *Sol:* $i = \frac{\lambda\, D}{a} = \frac{0.6\times10^{-6}\times1.5}{1\times10^{-3}} = 0.9 \times 10^{-3}\ m$

Donc : $i = 0.9\ mm$ *.*

2. *Détérminer le nombre des franges brillantes (éclaireée) entre A et B .*

Pour une frange brillant : $x_b = \frac{k\,\lambda\, D}{a} = k\ i$ *, entre A et B , alors il faut que :*

$$x_A \leq x_b \leq x_B$$

Alors : $-0.4 \times 10^{-2} \leq k\ i \leq +0.4 \times 10^{-2}$

Donc : $-0.4 \times 10^{-2} \leq 0.9 \times 10^{-3} k \leq 0.4 \times 10^{-2}$

Alors : $-\frac{0.4 \times 10^{-2}}{0.9 \times 10^{-3}} \leq k \leq \frac{0.4 \times 10^{-2}}{0.9 \times 10^{-3}}$

Donc : $-4.44 \leq k \leq +4.44$ *, et comme* $k \in Z$ *, alors :*
$k = \{-4\,;-3\,;-2\,;-1\,;0\,;1\,;2\,;3\,;4\}$ *, donc : 9 franges brillantes entre A et B .*

3. Détérminer le nombre des franges sombres (obscures) entre A et B .

Pour une frange sombre: $x_s = \frac{(2k+1)\,\lambda\, D}{2\, a} = \frac{2k+1}{2}\ i$ *, entre A et B , alors il faut que :*

$$x_A \leq x_S \leq x_B$$

Donc : $-0.4 \times 10^{-2} \leq \frac{2k+1}{2} \times 0.9 \times 10^{-3} \leq +0.4 \times 10^{-2}$

Alors : $\frac{-0.4 \times 10^{-2} \times 2}{0.9 \times 10^{-3}} - 1 \leq 2k \leq \frac{0.4 \times 10^{-2} \times 2}{0.9 \times 10^{-3}} - 1$ *, donc :* $-9.8 \leq 2k \leq 7.8.$

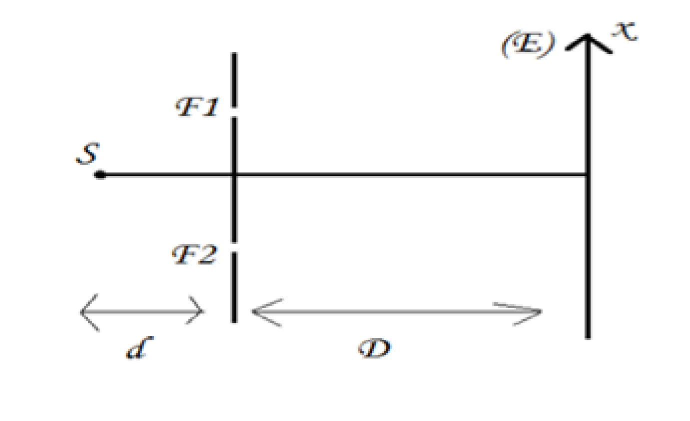
$Donc : -4.9 \leq k \leq 3.9 , et\ k \in Z , alors : k = \{-4 ; -3 ; -2 ; -1 ; 0 ; 1 ; 2 ; 3 \}$

Alors : 8 franges sombres .

- *<u>Exercice fondamentale :2</u>*

<u>Déplacement de la frange centrale</u>

- *Dans l'éxpérience de deux fentes de Young , la distance entre les deux fentes est* $a = F_1F_2 = 1\ mm$ *. La source principale S est une source de lumière monochromatique de longueur d'onde* $\lambda = 0.6\ \mu m$ *. S est situé sur la médiatrice de* $[F_1F_2]$ *et à une distance* $d = 10\ cm$ *. L'écran d'observation (E) est placée parallèle au plan de deux fentes et à une distance* $D = 1m$ *.*



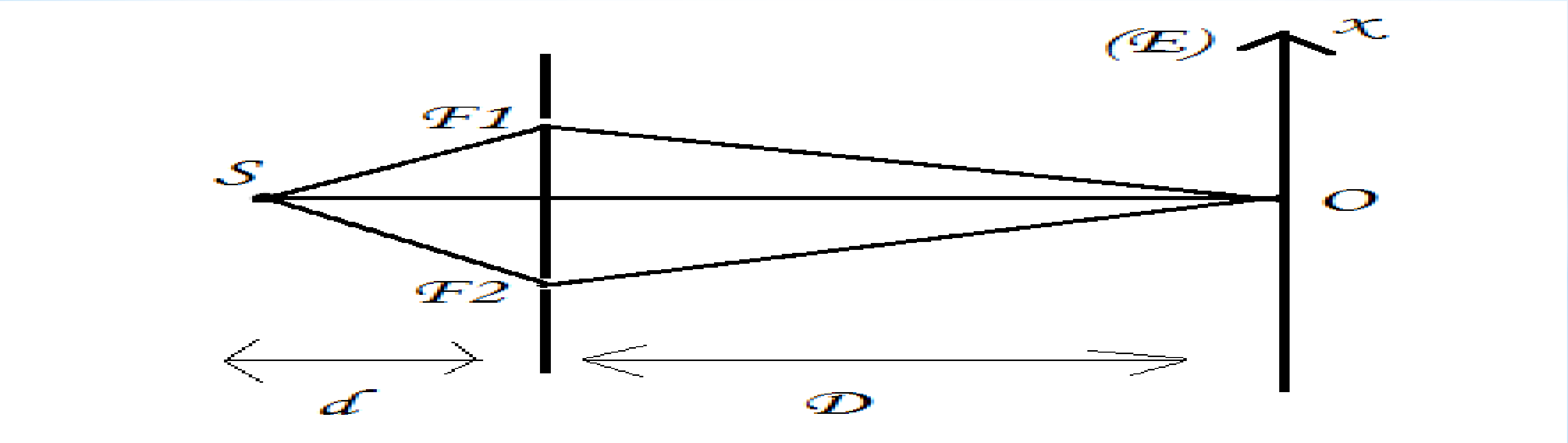
1. *Détérminer la position de la frange centrale .*

✓ <u>*Sol:*</u> *La frange centrale est définie par une différence de marche optique* $\delta = 0$.

$$\delta_O = (SF_2O)_{Opt} - (SF_1O)_{Opt} = (SF_2 + F_2O) - (SF_1 + F_1O)$$

Donc : $\delta_O = (SF_2 - SF_1) + (F_2O - F_1O)$ *, Mais* $SF_2 = SF_1$ *, car S est situé sur la médiatrice de* $[F_1F_2]$ *par hypothèse , donc :*

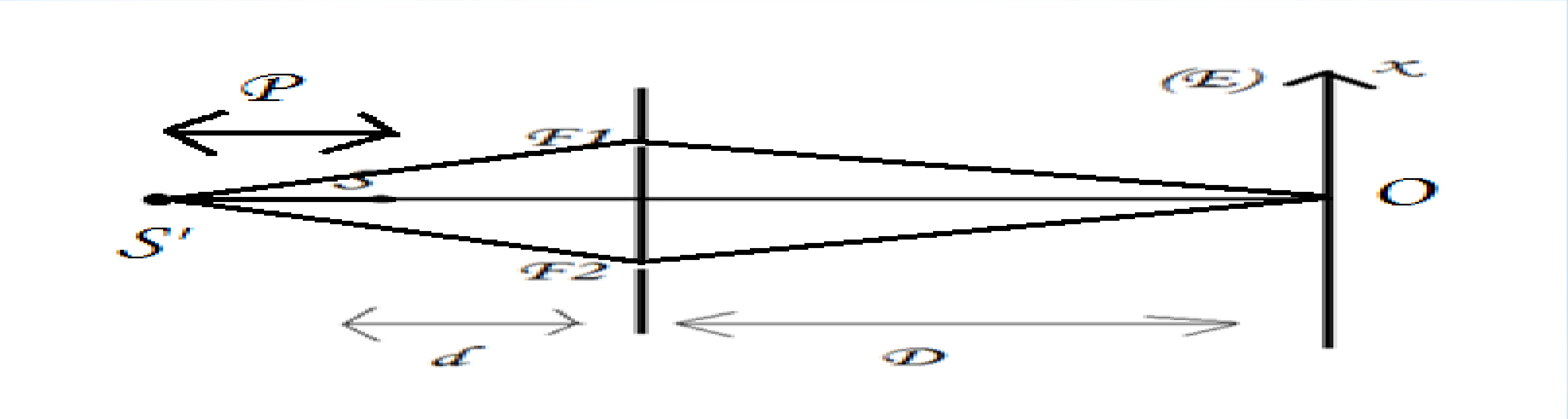
$F_2O = F_1O$ *, alors : O se trouve sur la médiatrice de* $[F_1F_2]$ *et sur l'écran (E) , alors O est leur intersection .*



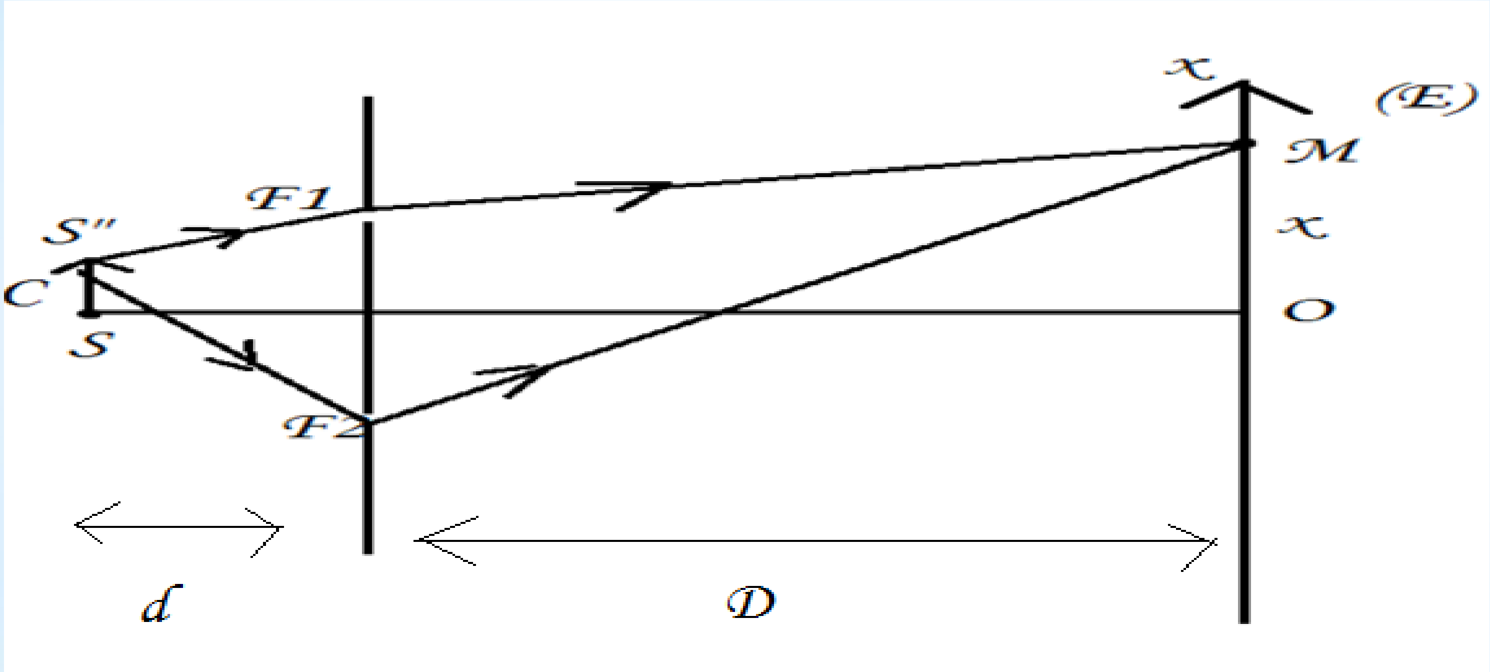
2. *On déplace la source S horizantalement d'une distance P . Détérminer la position de la frange centrale .*

✓ Sol: *Soit S' la nouvelle position de S . La différence de marche optique au point O reste nul , car $S'F_1 = S'F_2$, et O se trouve sur la médiatrice de $[F_1F_2]$.*

On déduit que O est la position du frange centrale , il n'y a pas de déplacement .



3. *La source S est dans sa position initiale , on déplace S verticalement vers le haut d'une distance C .*



a) *Détérminer la différence de marche optique en un point M sur l'écran (E) , tel que* $\overline{OM} = x$.

✓ <u>Sol:</u> *Soit S'' la nouvelle position de la frange centrale .*

$$\delta_M = (S''F_2M)_{Opt} - (S''F_1M)_{Opt} = (S''F_2 + F_2M) - (S''F_1 + F_1M)$$

$$\delta_M = (S''F_2 - S''F_1\ ) + (F_2M - F_1M) = \frac{a\,C}{d} + \frac{a\,x}{D}\,.$$

b) Montrer que la frange centrale se déplace , de combien ? Et dans quel sens ? Justifier (on donne C=0.5 cm) .

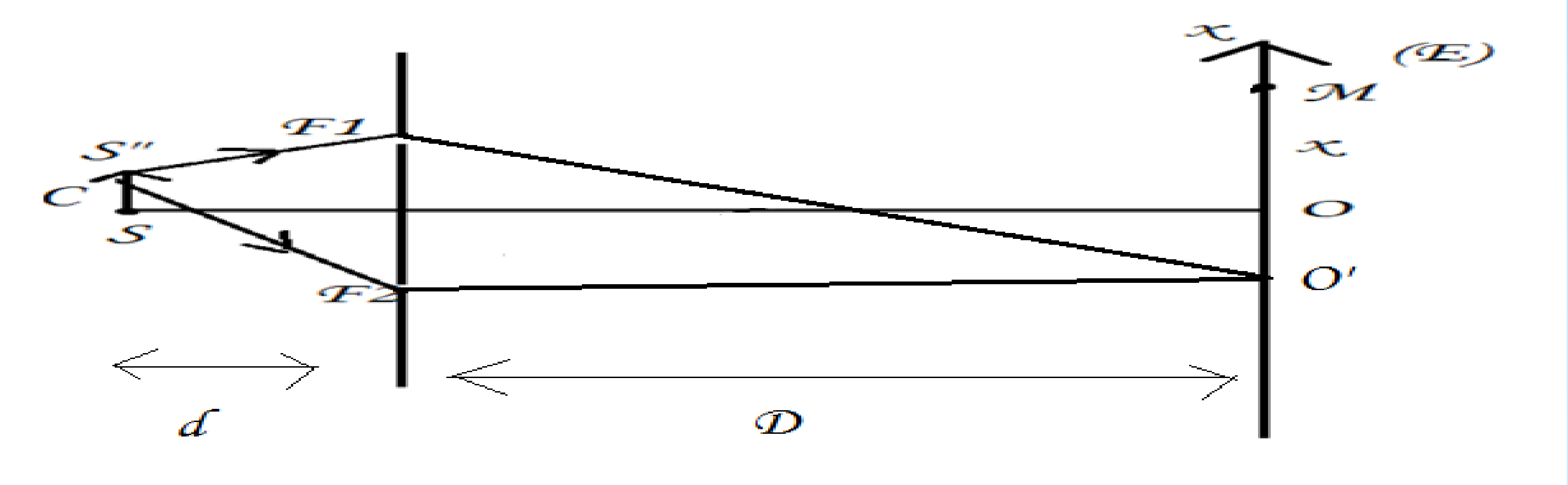
✓ <u>Sol:</u> $\delta_O = \frac{a\,C}{d} + \frac{a\,x_O}{D} = \frac{a\,C}{d} + 0 = \frac{a\,c}{d} \neq 0$

Alors : O n'est pas la position du frange centrale , donc déplacement .

Soit O' la nouvelle position du frange centrale , donc : $\delta_{O\prime} = 0$ *, alors :* $\frac{a\,C}{d} + \frac{a\,x_{O\prime}}{D} = 0$

Donc : $\frac{a\,x_{O\prime}}{D} = -\frac{a\,C}{d} \Rightarrow x_{O'} = -\frac{C\,D}{d} < 0$ *, alors déplacement vers la bas .*

$$x_{O\prime} = \frac{-0.5\times10^{-2}\times1}{10\times10^{-2}} = 0.05\ m = 5\ cm\ .$$



Augmentation du Chemin Optique

4. *La source principale est ramenée à la position initiale . On place devant F_1 une lamme à face parallèles d'épaisseur e , et d'indice n . On donne :* $e = 0.1\ mm\ et\ n = 1.5$.

a) *Détérminer le temps t nécéssaire pourque la lumière traverse la lamme .*

✓ Sol: $Dist = V \times t\ ,\ n = \frac{C}{V}\ ,alors : e = \frac{C}{n} \times t \Rightarrow t = \frac{e\,n}{C} = \frac{0.1\times10^{-3}\times1.5}{3\times10^{8}}$

Donc : $t = 5 \times 10^{-13}\ (s)$.

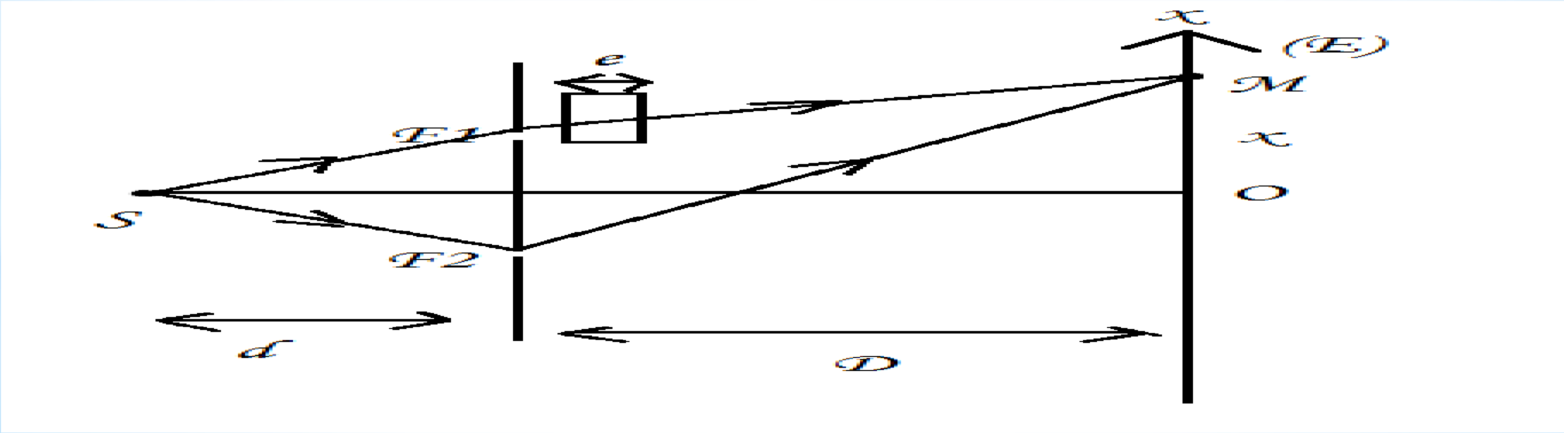
b) *Détérminer la distance parcourure par la lumière dans le vide pendant le même temps t .*

✓ <u>Sol:</u> $Dist = V \times t = C \times t = C \times \frac{e\,n}{C} = e\,n = 0.1 \times 1.5 = 0.15\,mm$.

5. *Détérminer la différence de marche optique qui dû à l'éxistence de la lamme .*

✓ <u>Sol:</u> $\delta = e\,n\, - e = e(n-1) = 0.1(1.5-1) = 0.05\,mm$.

6. *Détérminer la différence de marche optique en un point M sur l'écran , tel que* $(\overline{OM} = x)$.



✓ <u>*Sol:*</u>

$$\delta_M = (SF_2M)_{Opt} - (SF_1M)_{Opt} = (SF_2 + F_2M) - \left(SF_1 + F_1M + e(n-1)\right)$$

Donc : $\delta_M = (SF_2 - SF_1) + (F_2M - F_1M - e(n-1))$

Mais , $SF_2 = SF_1$ *, alors on obtient :*

$$\delta_M = \frac{a\,x}{D} - e(n-1)$$

Si la source est tirée verticalement vers le haut d'une distance C , alors :

$$\delta_M = \frac{a\,C}{d} + \frac{a\,x}{D} - e(n-1)$$

Avec $C > 0$ *, et si on a tirée S d'une distance C verticale vers le bas , alors : C<0 .*

7. Montrer que la frange centrale se déplace , de combien ? Dans quel sens ? Justifier .

- ✓ <u>Sol:</u>

$$\delta_O = \frac{a\,x_O}{D} - e(n-1) = 0 - e(n-1) = -e(n-1) \neq 0.$$

Donc : O n'est pas la position du frange centrale , donc déplacement .

Soit O' la nouvelle position du frange centrale , alors : $\delta_{O'} = 0$

Alors : $\frac{a\,x_{O'}}{D} - e(n-1) = 0 \Rightarrow \frac{a\,x_{O'}}{D} = e(n-1), donc :\ x_{O'} = \frac{e\,(n-1)D}{a}$

Alors : $x_{O'} = \frac{0.1\times10^{-3}(1.5-1)(1)}{1\times10^{-3}} = 0.05\ m = 5\ cm > 0$ *, alors déplacement vers le haut .*