

Travaux pratiques sur les franges d'Young en ondes centimétriques

par R. JOUANISSON,
U.E.R. Sciences, Clermont II.

Les équipements hyperfréquences actuellement commercialisés permettent de réaliser des séances de travaux pratiques intéressantes (classes de première, classes préparatoires). Il est possible, par exemple, de faire des mesures précises de longueur d'onde par la méthode des ondes stationnaires.

Nous proposons dans cet article une manipulation comprenant :

- la réalisation d'un interféromètre à faisceaux séparés (fentes d'Young),
- la description d'expériences simples sur la cohérence,
- le tracé point par point de la courbe de répartition de l'énergie dans un plan perpendiculaire aux fentes,
- une application simple de l'interféromètre.

Ces expériences ont été réalisées avec un équipement d'ondes centimétriques de 3 cm de longueur d'onde utilisant comme générateur une diode à effet Gunn. Pour la commodité des mesures, il est nécessaire de disposer d'un goniomètre.

I. VERIFICATIONS PRELIMINAIRES.

La diode détectrice délivre une tension proportionnelle à la puissance reçue, à condition que cette puissance ne soit pas trop grande.

Cette tension, amplifiée, sera mesurée avec un voltmètre (à aiguille, de préférence, pour mieux observer les variations).

Il est intéressant de rechercher d'abord les conditions pour lesquelles on a une bonne proportionnalité entre la tension U mesurée et la puissance P reçue. Pour cela, on utilise le fait que l'onde émise est polarisée. Lorsque le récepteur a son plan de polarisation parallèle à celui de l'émetteur, la puissance P_0 est maximale. Lorsque ces plans font un angle α , la puissance reçue vaut :

$$P = P_0 \cos^2 \alpha.$$

On pourra tracer des courbes :

$$\frac{U}{U_0} = f(\cos^2 \alpha)$$

et rechercher la valeur de U à ne pas dépasser pour que la proportionnalité recherchée soit satisfaisante.

La courbe *a*) de la fig. 1 correspond à $U_0 = 0,5$ V et la courbe *b*) à $U_0 = 3$ V.

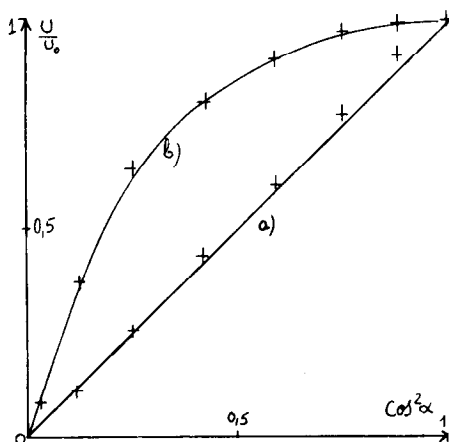


Fig. 1

II. REALISATION DES FENTES D'YOUNG.

Dans une feuille d'aluminium mince (*), on découpe soigneusement deux fenêtres F_1 et F_2 (fentes) à l'aide d'une lame de rasoir. On a intérêt à fixer la feuille d'aluminium (par exemple $32,5 \times 40$ cm²) sur un carton rigide. Il n'est pas nécessaire de découper le carton à l'emplacement des fentes (montrer que le carton est transparent pour les ondes utilisées).

Les dimensions rapportées sur la fig. 2 ne sont pas critiques.

On a intérêt cependant à ce que le nombre $\frac{d}{a}$, rapport entre la distance des fentes et leur largeur, soit de l'ordre de 3 ou 4 et à ce que a soit voisin de $\lambda/2$.

(*) Le « papier » d'aluminium vendu en rouleaux pour des usages domestiques convient parfaitement.

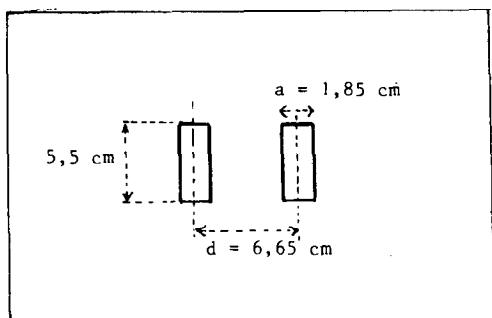


Fig. 2

Pour les expériences qui vont suivre, on peut éviter de détacher complètement la partie découpée de manière à la rabattre pour refermer l'ouverture.

Placées convenablement devant l'émetteur, les fentes diffractent l'onde et se comportent comme des sources synchrones. On obtient un interféromètre à faisceaux séparés.

III. MESURES.

Le récepteur (R) est placé à environ 20 cm des fentes et l'émetteur (E) à une distance aussi grande que possible compatible avec la sensibilité de l'appareil de mesure et les dimensions de l'écran d'aluminium (il ne faut pas recueillir de l'énergie diffractée par les bords de cet écran). Avec les données numériques précédentes, la distance de l'émetteur au plan des fentes peut être de l'ordre de 50 cm.

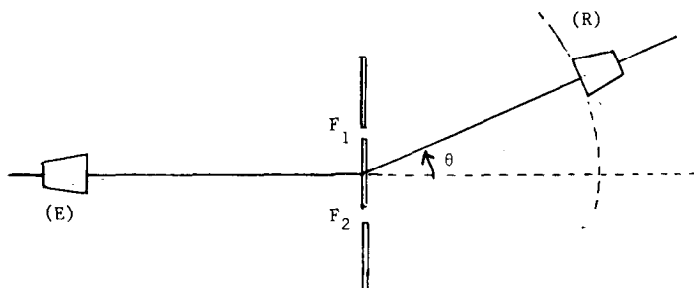


Fig. 3

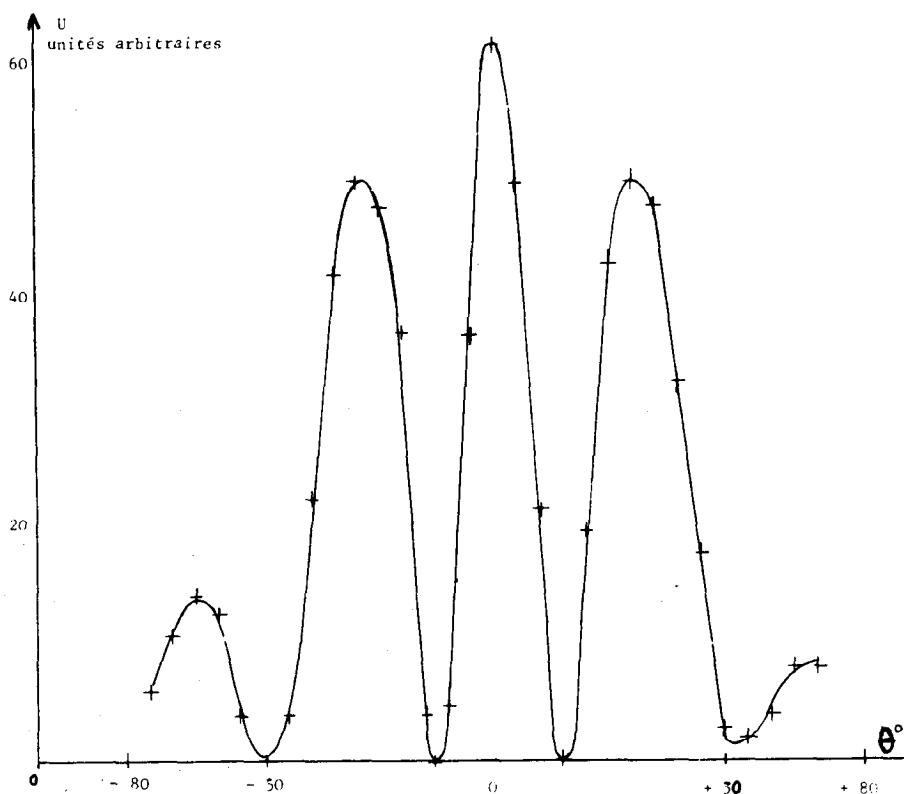
On règle au préalable (E) et (R) de manière que lorsque $\theta = 0$, les axes des cornets soient confondus (énergie maximale

reçue). Puis on dispose les fentes symétriquement par rapport à l'axe du système par tâtonnement, en vérifiant qu'on a toujours un maximum d'énergie dans la direction $\theta = 0$ et que les franges d'ordre 1 et -1 sont symétriques par rapport à l'axe et correspondent à la même énergie.

On fait varier l'angle θ : on observe des maximums et des minimums (pratiquement nuls, au moins pour les deux premiers).

a) On se place sur la frange centrale ($\theta = 0$) ; on mesure la tension recueillie U . On ferme une fenêtre : on mesure une tension voisine de $\frac{U}{4}$. On obtient le même résultat avec l'autre fenêtre.

b) On se place sur une frange « noire » ; la puissance reçue est nulle. Cependant si on ferme une fenêtre, on reçoit une puissance mesurée par U . On obtient sensiblement la même tension U en fermant l'autre fenêtre.



On est donc amené à introduire la notion de *cohérence* de la lumière et à expliquer pourquoi de la lumière ajoutée à de la lumière peut donner de l'obscurité : on verra avec les exemples précédents que les énergies ne s'ajoutent pas.

c) Les deux fenêtres étant ouvertes, on trace $U = f(\theta)$ (voir fig. 4). On compare à la figure de diffraction donnée par chaque fente séparément.

On déterminera par exemple la longueur d'onde λ en mesurant la distance angulaire entre les franges d'ordre 1 et -1 .

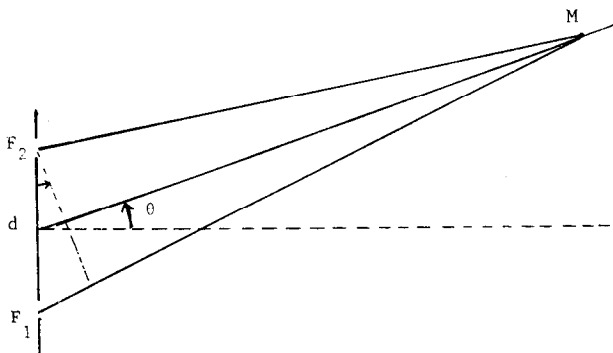


Fig. 5

La différence de marche : $MF_1 - MF_2 = \delta \simeq d \sin \theta$.

Pour les franges d'ordre 1 et -1 , on a : $\theta_1 = 30^\circ$ $\theta_{-1} = 28^\circ$,

$$\lambda = \frac{d}{2} (\sin \theta_1 + \sin \theta_{-1}) = 3,2 \text{ cm.}$$

d) *Déplacement des franges.*

Sur l'un des faisceaux, on introduit une lame à faces parallèles (plexiglas, bois,...) d'épaisseur e et d'indice de réfraction :

$$n = \sqrt{\epsilon_r}$$

ϵ_r , étant la perméabilité relative du milieu. Il se produit un déplacement des franges du côté de la lame. Par exemple, avec une planchette d'aggloméré, d'épaisseur $e = 22 \text{ mm}$, une frange noire repérée par $\theta_1 = +15^\circ$ a tourné de 9° . D'où $\theta_2 = 24^\circ$,

$$(n-1)e = d(\sin \theta_2 - \sin \theta_1)$$

on en déduit l'indice $n = 1,45$ et $\epsilon_r = 2,1$.

On remarquera que ces expériences très simples en ondes centimétriques sont pratiquement irréalisables en lumière visible avec les moyens usuels pour des raisons qu'il sera facile d'expliquer.