

## TEST 2 'OPTIQUE PHYSIQUE'

(sans documents - les calculatrices sont autorisées)

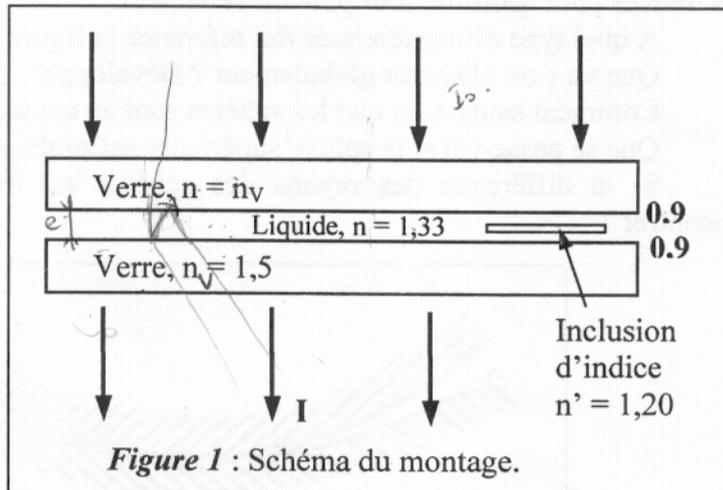
### EXERCICE 1 : Observation d'inclusions transparentes

Un liquide d'indice  $n = 1,33$  est inséré entre deux plaques de verre dont les faces au contact du liquide sont rigoureusement parallèles et traitées pour donner un pouvoir de réflexion valant 0.9 (cf Fig. 1). Les lames de verre ne sont là que pour supporter le liquide et améliorer le pouvoir réflecteur ; elles n'ont aucune influence sur le mécanisme d'interférences. L'épaisseur de cette couche de liquide est rendue variable grâce à un mouvement mécanique d'une des plaques de verre ; elle sera notée 'e'.

L'ensemble est éclairé par un faisceau parallèle de lumière monochromatique, dont la longueur d'onde est  $\lambda = 0,5460 \mu\text{m}$ , arrivant normalement aux faces du liquide.

On sait que l'intensité transmise par ce montage est de la forme :

$$I = \frac{I_0}{1 + m \sin^2 \varphi/2} \quad \text{avec} \quad m = \frac{4R}{(1-R)^2}$$



1°) A quel type de montage et à quel type d'interférences a-t-on affaire ?

2°) A quoi font référence les grandeurs  $I_0$ ,  $R$  et  $\varphi$  des formules ci-dessus ?

Donner l'expression de  $\varphi$ .

Le fait que le verre ait un indice supérieur à celui du liquide change-t-il l'intensité transmise perçue ?

3°) Donner l'aspect du champ lumineux qui sera observé.

Si l'épaisseur 'e' était rendue continûment variable, qu'observerait-on ?

Donner alors la valeur du contraste observé, littéralement et numériquement.

4°) Par déplacement lent d'une des plaques de verre, on réduit l'épaisseur de liquide et on arrête le déplacement quand l'intensité observée est maximale. Quelle relation vérifie l'épaisseur ?

On reprend le déplacement puis on s'arrête quand l'intensité est pour la première fois divisée par 10. De combien l'épaisseur a été réduite entre la position précédente ( $I_{\text{Max}}$ ) et la nouvelle ( $0,1 I_{\text{Max}}$ ) ?

5°) Dans le liquide flotte une inclusion transparente sous forme d'une fine lamelle d'épaisseur 'ε' d'indice  $n' = 1,20$  (cf Fig. 1). Les faces de séparation lamelle/liquide ne sont pas assez réfléchissantes pour que s'instaure un processus des réflexions internes à la lamelle ; la lamelle est juste traversée par les rayons véhiculés par le liquide.

-a- Donner la nouvelle expression de  $\varphi$  en présence de l'inclusion (faire un schéma)

-b- Partant d'une épaisseur du liquide adaptée pour qu'à côté de l'inclusion l'intensité transmise soit maximale, quelle est l'épaisseur minimale 'ε' de l'inclusion qui ramène cette intensité au dixième de sa valeur maximale ?

6°) Le calcul précédent (5°-b-) est effectué en considérant une épaisseur de liquide sans inclusion rendant l'intensité transmise maximale. Cette situation n'est pas optimale pour mettre en évidence la présence d'inclusions. A votre avis, quelle condition mathématique faudrait-il respecter pour optimiser la sensibilité à détecter des inclusions (donner seulement la condition sans rechercher à développer) ?

## EXERCICE 2 :

Par contact de 2 surfaces sphériques (cf figure 2), on réalise un coin d'air de faible épaisseur. L'ensemble est observé du même côté que l'éclairage (en réflexion) quasi verticalement, la source de lumière étant la lumière blanche ambiante. Les surfaces ne sont pas traitées pour accroître leur pouvoir réflecteur.

A quel type d'interférences fait référence la figure observée ?

Que va-t-on observer globalement ? Développer.

Comment saura-t-on que les sphères sont au contact ? Expliciter.

Que se passe-t-il si la sphère supérieure est soulevée ? Justifier.

Si la différence des rayons des sphères est trop grande, quel problème va-t-on rencontrer ?



**Figure 2 :** Coin d'air 'sphérique' formé par contact de 2 surfaces sphériques concave et convexe.

### Solution Exercice 1 :

- 1°) Type de montage : à division d'amplitude  
Type d'interférences : interférences multiples
- 2°)  $I_0$  : intensité de l'onde incidente  
R : pouvoir de réflexion  
 $\varphi$  : différence de phase entre 2 ondes consécutivement doublement réfléchies dans la couche de liquide.  
 $\varphi = 2\pi \delta/\lambda$  avec  $\delta = 2ne$  (+ $\lambda$  en principe à cause des réflexions).  
Le changement de phase par réflexion existe puisque  $n_v > n$ , mais comme il y a 2 réflexions successives, le changement de phase sera de  $2\pi$ , donc sans effet.
- 3°) Le champ lumineux observé correspond à un éclairage uniforme.  
Si  $e$  varie, on observe alternativement un champ lumineux sombre, clair, etc..., le champ clair étant bien moins présent que le champ noir en rapport avec le profil d'intensité découlant du phénomène d'interférences multiples.  
Le contraste sera :  $C = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min}) = m / (m + 2) = 0,994$
- 4°) Si  $I = I_{\max}$ ,  $\delta = 2ne = k\lambda$  ( $k$  : entier).  
Si  $I = I_{\max}/10$ , il faut que  $\sin^2(\varphi/2) = 9/m = 9/360 = 1/40$ . La phase passe alors de la valeur  $2k\pi$  à  $2k\pi \pm 2\arcsin(1/\sqrt{40})$  et la variation d'épaisseur  $\Delta e$  vaut :  $-2\lambda \arcsin(1/\sqrt{40}) / 4\pi n = -10,4 \text{ nm}$ .
- 5°) -a- La nouvelle différence de marche vaut :  $\delta = 2n(e-\varepsilon) + 2n'\varepsilon = 2ne + 2(n'-n)\varepsilon$ , soit :  $\varphi = 4\pi[(ne + (n'-n)\varepsilon)/\lambda]$   
-b- La variation de phase (entre à côté et au niveau de l'inclusion) est de  $\Delta\varphi = 4\pi(n'-n)\varepsilon/\lambda$ , qui doit valoir  $\pm 2\arcsin(1/\sqrt{40})$  (cf ci-dessus).  
Donc :  $\varepsilon = -2\lambda \arcsin(1/\sqrt{40}) / 4\pi(n'-n) = 106 \text{ nm}$ .
- 6°) Naturellement, il serait préférable de se positionner là où la variation de l'intensité transmise est maximale lorsque la phase varie, c'est-à-dire lorsque :  $d^2I/d^2\varphi = 0$ .

### Solution Exercice 2 :

- Le type d'interférences est à division d'amplitude ou de type coin d'air.
- On va observer globalement des anneaux irisés (à cause de la lumière blanche mais aussi à cause de la symétrie de révolution du montage - ou parce que le lieu des points de même  $\delta$  est un cercle) localisés sur le coin (en raison de l'éclairage large mais pas trop large malgré du fait que la pupille de nos yeux limitent l'ouverture des rayons).
- Si les sphères sont au contact, l'anneau central est noir (et très peu irisé autour) à cause du changement de phase par réflexion sur la sphère inférieure.
- Si la sphère supérieure est soulevée, les anneaux rentrent (à une distance  $\rho$  de l'axe du système, la différence de marche augmente donc l'anneau associé à la même différence de marche avant le soulèvement était plus loin de l'axe). Ensuite, les franges disparaissent par manque de cohérence.
- Les rayons seraient trop resserrés et alors deviennent invisibles.

Total :

Total :