

# CHAP 1Φ LUMIERE DIFFRACTION & INTERFERENCE

**Sujet 1 : A propos de la lumière – Antilles 2006**

**Sujet 2 : Parlons de Cd – Polynésie 2005**

**Sujet 3 : Ondes & particules – Amérique du Nord 2014**

**Sujet 4 : Cd et autres supports de l'information – Antilles 2014**

## 1. LA LUMIERE DU LASER.

On utilise une lumière émise par un laser, de longueur d'onde dans le vide  $\lambda = 0,633 \mu\text{m}$ .

1. Donner les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible et les couleurs correspondantes. Situer les domaines des rayonnements ultraviolets et infrarouges par rapport au domaine du spectre visible.
2. Quelle est la couleur de la lumière émise par cette diode laser ?
3. Comment qualifie-t-on une telle lumière ?
4. Rappeler la valeur de la célérité  $c$  de la lumière dans le vide
5. Donner la relation entre longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde émise par le laser, sa fréquence  $\nu$  et sa célérité  $c$ . Calculer  $\nu$ .

## 2. DIFFRACTION

Découper et coller la figure 1.

On place perpendiculairement au faisceau lumineux et à quelques centimètres du laser, une fente fine et verticale de largeur  $a$ . Un écran situé à une distance  $D$  de la fente, montre des taches lumineuses réparties sur une ligne horizontale.

6. (coller figure 2) Quel phénomène subit la lumière émise par le laser dans cette expérience ? Décrire qualitativement ce que l'on observe sur l'écran
7. (coller figure 3& 4) Le phénomène de diffraction existe-t-il dans d'autres domaines que celui de la lumière ? Si oui, donner un exemple avec un schéma explicatif
8. Que peut-on en conclure par analogie avec les ondes mécaniques ?
9. (coller figure 5) Quelle condition sur la largeur  $a$  d'une fente est nécessaire pour que le phénomène de diffraction soit nettement observable ?
10. (coller la figure 6). Faire apparaître sur la figure 6 (et sur la figure 2 déjà collée) l'écart angulaire ou demi-angle de diffraction  $\theta$ , la distance  $D$  entre l'objet diffractant (en l'occurrence le fil) et l'écran et la largeur  $\ell$  de la tâche centrale.
11. Donner la relation qui lie l'angle  $\theta$  à la longueur d'onde  $\lambda$ . Préciser les unités de chaque terme intervenant dans cette relation.
12. Toutes les autres grandeurs restant inchangées, comment est modifiée la figure observée sur l'écran si on diminue la largeur de la fente ? On diminue la longueur d'onde ? Justifier les réponses.
13. Exprimer  $\theta$  en fonction de la largeur  $\ell$  de la tâche centrale et de la distance  $D$ . L'angle  $\theta$  étant faible, on pourra utiliser l'approximation  $\tan\theta \approx \theta$
14. En utilisant les réponses données aux questions précédentes, montrer que la largeur  $a$  de la fente s'exprime par le relation  $a = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{\ell}$ .
15. Calculer  $a$  pour  $\ell = 38 \text{ mm}$  et  $D = 3,00 \text{ m}$ .
16. (coller le document 3). Dans un lecteur CD on lit des informations gravées sur le disque sous forme de petites cuvettes réfléchissantes dont le diamètre limite le nombre d'informations. Actuellement on éclaire le disque avec une diode laser de longueur d'onde  $\lambda = 0,790 \mu\text{m}$ .

On commercialise des lecteurs utilisant une diode laser émettant une longueur d'onde dans le bleu (lecteurs « blu-ray disc »).

D'après les réponses données aux questions précédentes, quel intérêt présente ce changement de longueur d'onde ?

### 3. INTERFERENCES

17. (coller figure 7) Préciser une des propriétés des ondes lorsqu'elles se croisent. Dans quel cas parle-t-on d'interférences constructive ? destructive ? Donner un exemple dans votre vie de tous les jours, qui utilise les interférences (coller figure 8)

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, Thomas Young éclaire deux fentes  $F_1, F_2$  fines et parallèles (appelés fentes d'Young) à l'aide d'une source lumineuse monochromatique.

18. (coller figure 9 &10) Décrire le montage des fentes de Young.  
Décrire ce qu'on observe sur l'écran en utilisant le vocabulaire adapté.  
Qualifier les interférences en A et en B.

19. (coller figure 11) Les évolutions temporelles de l'élongation de trois ondes (a), (b) et (c) sont représentées. Choisir en justifiant, les deux ondes qui interfèrent en A et les deux ondes qui interfèrent en B permettant de rendre compte du phénomène observé.

20. (coller figure 12) Justifier que la différence de marche  $\delta$  peut être assimilée à  $(S_2M - S_1M)$  dans le cas où le milieu traversé par les ondes lumineuses est l'air.

21. En appliquant le théorème de Pythagore dans les triangles  $S_1O_1M$  et  $S_2O_2M$  de la figure 12, donner les expressions de  $(S_1M)^2$  et  $(S_2M)^2$  en fonction de  $D, x$  et  $\frac{b}{2}$

22. La distance  $D$  entre les trous d'Young et l'écran étant très supérieure à  $b$ , on peut montrer que

$$(S_2M)^2 - (S_1M)^2 = 2.D.\delta.$$

En s'appuyant sur les résultats de la question précédente, en déduire que la différence de marche s'écrit

$$\delta = \frac{x.b}{D}$$

23. A quelles conditions sur la différence de marche  $\delta$ , observe-t-on sur l'écran des interférences constructive et destructive ?

24. En vous aidant des réponses aux deux questions précédentes, montrer que  $x = \frac{k.\lambda.D}{b}$  pour un point M situé au maximum d'intensité d'une frange brillante.

25. Rappeler la définition de l'interfrange  $i$ .

26. Établir l'expression de l'interfrange  $i$  en fonction de  $\lambda, b$  et  $D$ .

27. Découper et coller la figure 13. Déterminer précisément la valeur de l'interfrange  $i$ .

28. En déduire la valeur de la longueur d'onde de la lumière utilisée dans l'expérience.

#### Données :

- La distance entre les trous d'Young est  $b = 2,0 \times 10^{-4} \pm 0,1 \times 10^{-4} \text{ m}$
- La distance  $D$  entre le plan des trous et l'écran a pour valeur  $D = 119,0 \pm 0,5 \text{ cm}$

29. Plusieurs lasers ont pu être utilisés dans cette expérience

Laser	Bleu	Vert	Rouge A	Rouge B	Rouge C
Longueur d'onde	473 nm	532 nm	632 nm	650 nm	694 nm

On admet que l'incertitude-type sur la longueur d'onde  $\lambda$ , notée  $D\lambda$ , est donnée par la relation :

$$D\lambda = \lambda \times \sqrt{\left(\frac{D b}{b}\right)^2 + \left(\frac{D i}{i}\right)^2 + \left(\frac{D D}{D}\right)^2}$$

On considère que l'incertitude sur  $i$  est  $D i = 0,1 \text{ mm}$ .

Parmi les lasers cités, identifier le (ou les) laser(s) qui ont pu être utilisé(s) pour réaliser l'expérience.

30 À partir du début des années 80, le disque audio (CD) a supplanté les vinyles en raison d'une grande facilité d'utilisation et de la quantité d'information stockable. Expliquer le principe de lecture du CD à l'aide des notions d'interférence. On fera apparaître notamment :

- Quel type d'interférences (constructives ou destructives) y-a-t-il entre l'onde réfléchiée par un creux et celle réfléchiée par un plat au niveau du capteur. La réponse s'appuiera sur un schéma.
- Quelle doit-être la profondeur d'un creux sur un disque Blu-ray ?
- Pourquoi ne peut-on pas lire un disque Blu-ray avec un lecteur de CD ?

#### **4. DUALITE ONDE - PARTICULES**

En 1961, Claus Jönsson reproduit l'expérience des fentes d'Young en remplaçant la source lumineuse par un canon à électrons émettant des électrons, de mêmes caractéristiques, un à un. L'impact des électrons sur l'écran est détecté après leur passage à travers la plaque percée de deux fentes.

Répondre aux questions suivantes à partir des documents 1 et 2.

31. Peut-on prévoir la position de l'impact d'un électron ? Justifier en quoi cette expérience met-elle en évidence la dualité onde-particule pour l'électron ? Détailler la réponse.
32. A l'aide des documents, déterminer la valeur de l'interfrange  $i$ . On admettra une incertitude sur la mesure de l'interfrange :  $\Delta i = 0,2 \mu m$
33. Rappeler la relation qui permet de calculer l'interfrange  $i$ . Préciser chaque terme de la formule.
34. En déduire la valeur de la longueur d'onde de l'onde de matière associée à un électron. On donnera le résultat en tenant compte de l'incertitude sur la mesure évaluée par

$$\Delta \lambda = \lambda \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta i}{i}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2}$$

#### **5. APPLICATION : LECTURE D'UN DISC-OPTIQUE**

**Voir document 3.**

À partir du début des années 80, le disque audio (CD) a supplanté les vinyles en raison d'une grande facilité d'utilisation et de la quantité d'information stockable. Nous allons, dans un premier temps, étudier un Compact-Disc, puis nous nous intéresserons à la technologie Blu-ray.

Lorsque le spot laser se réfléchit autour d'une alvéole, il y a interférences entre la partie de l'onde qui se réfléchit sur le plat et celle qui se réfléchit sur le creux.

35. Déterminer la différence de parcours entre l'onde qui se réfléchit sur un creux et celle qui se réfléchit sur un plat
36. Ce parcours ayant lieu dans le polycarbonate, déterminer le retard de l'onde réfléchie dans un creux par rapport à l'onde réfléchie sur un plat au niveau du capteur.
37. Comparer ce retard à la période de l'onde émise par le laser.
38. En déduire le type d'interférences (constructives ou destructives) entre l'onde réfléchie par un creux et celle réfléchie par un plat au niveau du capteur. La réponse s'appuiera sur un schéma.
39. Dans ce cas, le signal reçu par le capteur est-il maximal ou minimal ? Commenter.

La technologie Blu-ray a été développée au début des années 2000 afin de commercialiser des films en haute définition. Le principe de fonctionnement est le même que celui d'un CD.

40. Quelle doit-être la profondeur d'un creux sur un disque Blu-ray ?
41. Pourquoi ne peut-on pas lire un disque Blu-ray avec un lecteur de CD ?