

## Chapitre 3: propriétés des ondes

### Bac blanc 2013

#### A. Le rayonnement fossile de l'univers.

A l'aide du texte suivant, répondez aux questions qui suivent :

Selon la théorie du Big-Bang, il y a 13,7 milliards d'années, L'Univers était alors extrêmement dense et chaud. Il était constitué de particules qui ne formaient pas encore des atomes : les protons, des neutrons, des électrons, des photons. Les photons étaient en interaction avec les particules chargées : les photons « rebondissent » sur les électrons et ne peuvent s'éloigner d'eux.

Leur quantité et leurs longueurs d'onde obéissaient aux propriétés du rayonnement thermique d'un corps dense : la loi de Wien permet de lier la température d'un corps dense avec la longueur d'onde du rayonnement qu'il émet :  $\lambda_{\max} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{T}$  avec  $T$  en Kelvin et  $\lambda_{\max}$  en mètre.

Lorsque l'âge de l'Univers a atteint 600000 ans, sa température n'était plus que de 3000 K et les électrons ont pu se lier aux protons pour former les premiers atomes. L'Univers n'était plus ionisé.

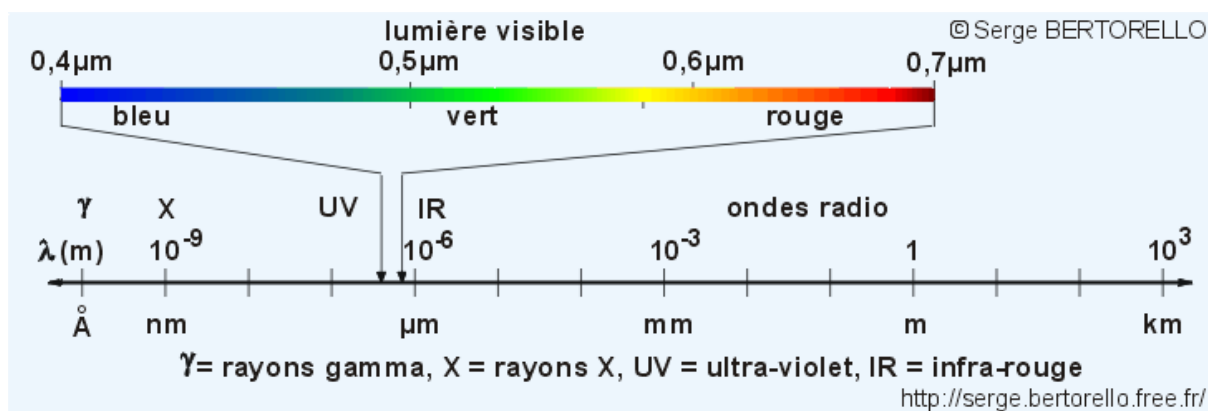
Contrairement aux particules chargées, les atomes neutres laissent librement voyager les photons. Les physiciens avaient prévu que, selon la théorie de Big Bang, les photons devaient remplir l'Univers d'un rayonnement électromagnétique, se propageant dans toutes les directions. Ce rayonnement n'a pas disparu : Il reste un résidu du rayonnement thermique de l'Univers primordial, et devrait avoir une température très basse, de l'ordre de 5 K, en raison de l'expansion de l'univers.

En 1965, deux astronomes américains, Arno Penzias et Robert Wilson, découvrirent un rayonnement électromagnétique provenant de toutes les directions de l'espace, dont le maximum d'intensité est celui d'un rayonnement thermique pour une température de 3K (la valeur admise actuellement est de 2,73K). La communauté scientifique l'identifia comme le rayonnement fossile attendu

Donnée : un corps dense à la température  $T$  émet un rayonnement thermique dont la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission est donnée par la loi de Wien:  $\lambda_{\max} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{T}$  avec  $T$  en Kelvin et  $\lambda_{\max}$  en mètre.

Données : Les photons sont ses particules sans masse qui véhiculent la lumière.

Echelle des longueurs d'ondes des ondes électromagnétiques



1. Comment se trouve la matière au début de la formation de l'Univers ?
2. La lumière peut-elle se propager librement au début de la formation de l'Univers ?
3. A quelle température les atomes peuvent-ils exister ? Quelle conséquence cela provoque-t-il sur la propagation de la lumière ?
4. Justifier le nom de « rayonnement fossile » que l'on donne souvent au rayonnement primordial.
5. Sous quelle forme se présente aujourd'hui le rayonnement le plus ancien que l'on détecte dans l'Univers ?
6. Quelle est la longueur d'onde du maximum d'émission de ce rayonnement ? A quelle type de rayonnement ( $\gamma$ , UV...) cela correspond-t-il ?

- Quelle était la longueur d'onde du maximum d'émission de ce rayonnement lors de son émission ? Quel est le type de rayonnement ?
- Quelle conséquence l'expansion de l'Univers a-t-elle sur la lumière émise par les sources anciennes ou très lointaine ?

### **B. QCM sur les ondes**

- Le phénomène suivant n'est pas une onde progressive :
  - La lumière des phares d'une voiture
  - une bourrasque de vent
  - le son émis par un piano
- Le phénomène suivant n'est pas une onde sinusoïdale
  - La voix humaine
  - Le son d'un diapason
  - La lumière d'un laser
- La fréquence  $f$  d'une onde progressive sinusoïdale de période  $T = 250$  ms vaut :
  - $1,0 \cdot 10^4$  s
  - 4 s
  - 4 Hz
- Lors d'un orage, on voit l'éclair 30 secondes avant d'entendre le tonnerre. A quelle distance de l'observateur se produit l'orage ? ( $C = 3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup> et  $v_{\text{son}} = 340$  m.s<sup>-1</sup>)
  - $1,0 \cdot 10^4$  m
  - 11m
  - 88 m
- Une onde de fréquence  $5 \cdot 10^3$  Hz et de célérité  $5000$  m.s<sup>-1</sup> a une longueur d'onde de
  - 5 m
  - $10^6$  m
  - 1 m

### **C. Les interférences**

Un groupe d'élèves souhaite étudier le phénomène d'interférences lumineuses. Ils disposent d'un laser de couleur rouge mais dont ils ne connaissent pas la longueur d'onde avec précision, de fils calibrés de diamètre connus, de fentes doubles séparées d'une distance  $b$  et de largeurs  $d$

#### **Première partie : Détermination de la longueur d'onde du laser**

Les élèves décident de déterminer la longueur d'onde du laser. Ils réalisent un montage et recueillent les résultats suivants. La distance entre le dispositif d'étude (fils ou fentes doubles) et l'écran est de  $D = 3$  mètres

|  |            |             |            |             |             |             |
|--|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Largeur de la tache de diffraction L (cm)</b> | <b>1,9</b> | <b>2,5</b>  | <b>3,8</b> | <b>7,6</b>  | <b>9,5</b>  | <b>12,5</b> |
| <b>a (mm)</b>                                    | <b>0,2</b> | <b>0,15</b> | <b>0,1</b> | <b>0,05</b> | <b>0,04</b> | <b>0,03</b> |

- Schématiser le montage réalisé, placer la distance  $D$  et les grandeurs  $a$  et  $L$ .
- Dessiner la figure observée sur l'écran.
- Définir le phénomène de diffraction
- Quelle relation existe entre le diamètre des fils et la longueur d'onde de la lumière  $\lambda$  ?
- Montrer que  $L = 2D\lambda/a$
- Tracer  $L$  en fonction de  $1/a$  (échelle : abscisse 3 cm pour  $10000$  m<sup>-1</sup> ; ordonnée : 1cm pour 1 cm)
- Calculer le coefficient directeur et en déduire la valeur de  $\lambda$

#### **Deuxième partie : étude des interférences**

En plaçant une fente double à la place des fils, les élèves observent des figures d'interférences. Ils mesurent des interfranges  $i$

- Décrire la figure d'interférences
- Mesurer l'interfrange  $i$  avec le maximum de précision
- En déduire la valeur de  $b$ , distance séparant les deux fentes (Rappel :  $i = \lambda D/b$ )