



## Chapitre 3 : Le modèle ondulatoire de la lumière

### Pré requis :

- ✓ TP  $\phi$  de 2<sup>nde</sup> sur l'épaisseur du cheveu
- ✓ Cours de physique de 2<sup>nde</sup> sur la lumière : spectres, domaines de longueurs d'ondes de la lumière visible, prisme, indice d'un milieu ...

### Connaissances et savoir-faire exigibles :

- (1) Savoir que, étant diffractée, la lumière peut être décrite comme une onde.
- (2) Connaître l'importance de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène observé.
- (3) Exploiter une figure de diffraction dans le cas des ondes lumineuses (**voir TP $\phi$ n°2**).
- (4) Connaître et savoir utiliser la relation  $\lambda = c/v$ , la signification et l'unité de chaque terme.
- (5) Connaître et utiliser la relation  $\theta = \lambda/a$ , la signification et l'unité de chaque terme.
- (6) Définir une lumière monochromatique et une lumière polychromatique.
- (7) Connaître les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible et les couleurs correspondantes.
- (8) Situer les rayonnements ultraviolets et infrarouges par rapport au spectre visible.
- (9) Savoir que la lumière se propage dans le vide et dans les milieux transparents.
- (10) Savoir que la fréquence d'une radiation monochromatique ne change pas lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre.
- (11) Savoir que les milieux transparents sont plus ou moins dispersifs.
- (12) Définir l'indice d'un milieu transparent pour une fréquence donnée.
- (13) Savoir-faire expérimentaux : (**voir TP $\phi$ n°2**)  
Réaliser un montage permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction dans le cas d'ondes lumineuses.  
Réaliser des mesures permettant de vérifier la pertinence de la relation  $\theta = \lambda/a$ .

### Introduction :

*Texte historique de Huygens*

- 1) Newton s'oppose à Huygens sur la nature de la lumière.
- 2) Newton défend la théorie corpusculaire alors que Huygens défend la théorie ondulatoire.
- 3) La lumière ne transporte pas de matière et deux lumières peuvent se traverser l'une l'autre sans se perturber.
- 4) L'analogie entre la lumière et la propagation du son dans l'air.

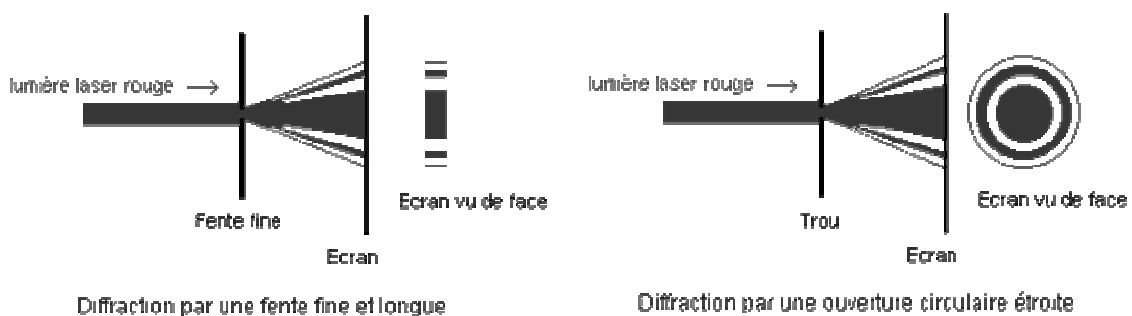
### L'analogie entre la lumière et les ondes mécaniques : la diffraction :

- 1) Nature ondulatoire de la lumière <sup>(1)</sup> :

Nous avons vu, par exemple grâce à la cuve à onde, que lorsqu'une onde à la surface de l'eau rencontre une petite ouverture, dont la dimension était de l'ordre de la longueur d'onde de l'onde incidente, il y avait un phénomène d'étalement de l'onde après l'ouverture.

En est-il de même avec la lumière ?

#### a. Expérience :





b. Observations :

Comme dans le cas des ondes mécaniques, **nos observations ne sont pas conformes avec nos prévisions** (guidées par la théorie de la **propagation rectiligne de la lumière**). Il y a **étalement de la lumière** avec en plus l'apparition de **franges successivement brillantes et sombres**.

c. Conclusion :

C'est le physicien **Huygens en 1690** qui propose d'interpréter la lumière comme une onde : en effet, **étant diffractée, la lumière peut être décrite comme une onde**.

2) Caractéristiques de la lumière :

Comme la lumière a un caractère ondulatoire, elle présente les mêmes caractéristiques qu'une onde mécanique :

a. Longueur d'onde dans le vide et fréquence <sup>(4)</sup> :

Une onde lumineuse ou **radiation lumineuse est caractérisée par sa longueur d'onde dans le vide  $\lambda$  exprimée en mètres**.

Celle-ci est reliée à la période de l'onde T ou à sa fréquence  $\nu$  par l'intermédiaire de la célérité :

$$\lambda = c \times T = \frac{c}{\nu}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda : \text{longueur d'onde dans le vide (m)} \\ T : \text{période (s)} \\ \nu : \text{fréquence (Hz)} \\ c : \text{célérité (m/s)} \end{array} \right.$$

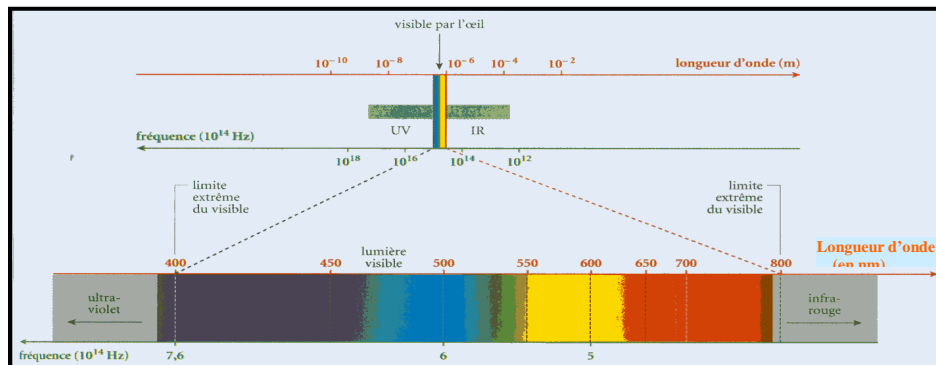
b. Célérité :

Dans le vide et pratiquement dans l'air, **toutes les radiations lumineuses se propagent avec la même célérité  $c = 3.00 \times 10^8$  m/s, quelque soit leur fréquence**.

c. Lumières, couleurs et domaines de radiations <sup>(7)</sup> et <sup>(8)</sup> :

Les valeurs des longueurs d'onde  $\lambda$  des radiations lumineuses nous permettent de les classer en différents domaines :

- **Si  $400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$** , la radiation appartient au domaine des **radiations visibles** :  
En effet l'œil n'est sensible qu'à ce domaine de longueur d'onde, et nous permet de voir toutes les couleurs :



- **Si  $\lambda < 400 \text{ nm}$** , la radiation appartient au domaine des **ultraviolets**.
- **Si  $\lambda > 800 \text{ nm}$** , la radiation appartient au domaine des **infrarouges**.

d. Définitions <sup>(6)</sup> :

- Une lumière est dite **monochromatique** lorsqu'elle est composée d'**une seule radiation de longueur d'onde déterminée** (donc d'une seule couleur).  
Ex : Lumière d'un laser.
- Une lumière est dite **polychromatique** si elle est composée de **plusieurs radiations de longueurs d'ondes différentes** (donc de plusieurs couleurs).  
Ex : Lumière blanche.

Exercices n°1 et 2

3) Retour sur la diffraction : influence de la dimension de l'ouverture :

a. Expérience <sup>(2)</sup>:

On recommence l'expérience de diffraction en utilisant **deux fentes de taille différente**. On observe les différences entre les figures de diffraction.

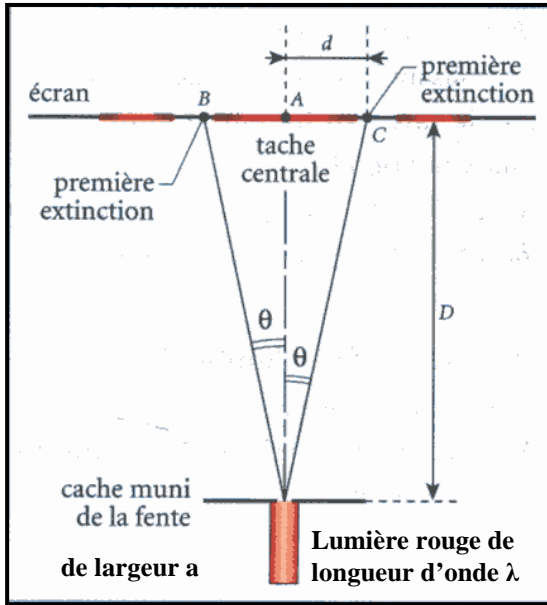
Observations :

**Plus la fente est fine et étroite**, plus la lumière s'étale et plus la **taille de la tâche centrale de la figure de diffraction est grande**.

b. Une relation qui régit le phénomène <sup>(5)</sup>:

On voit donc qu'il y a un lien direct entre la taille de l'ouverture et la figure de diffraction.

On peut quantifier ce lien par une relation mathématique :



Soit :

$\lambda$  : longueur d'onde de la lumière utilisée (**m**)

**a** : largeur de la fente (**m**)

$\theta$  : demi largeur angulaire de la tâche centrale de diffraction (entre le milieu de la tâche et le centre de la première extinction) (**rad**)

$$\text{on a : } \theta = \frac{\lambda}{a}$$

Cela confirme nos observations : plus **a** est petit, plus  $\theta$  est grand.

**Attention !!!**

L'apparence de la figure de diffraction dépend aussi de la distance entre la fente et l'écran puisque :

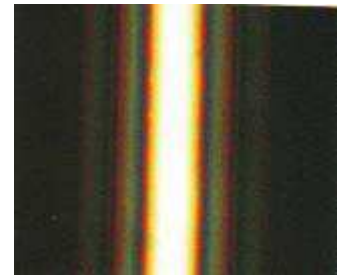
$$\tan \theta \approx \theta = \frac{d}{D}$$

c. Mais si  $\theta$  dépend de  $\lambda$ , qu'obtient-on en diffractant de la lumière blanche ?

On effectue l'expérience de diffraction de la lumière blanche avec une fente, on observe.

**On obtient une irisation des franges de part et d'autre de la frange centrale qui elle, est blanche.**

En effet, les radiations de longueur d'onde différente sont diffractées différemment, les figures de diffraction pour chaque couleur se superposent.



**II Propagation de la lumière dans les milieux transparents :**

1) Définition <sup>(9)</sup>:

**La lumière est une onde qui se propage dans le vide est dans tous milieux transparents.**

2) Caractéristiques de cette propagation :

a. Invariance de la fréquence d'une radiation monochromatique <sup>(10)</sup>:

La **fréquence** d'une radiation monochromatique est **imposée par la source**, elle ne dépend donc pas du milieu de propagation et **reste inchangée quand la lumière passe d'un milieu transparent à une autre**.

b. Indice d'un milieu transparent <sup>(12)</sup>:

Pour une radiation lumineuse de fréquence donnée, la **célérité de propagation** de cette onde **dépend et est une caractéristique du milieu transparent** dans laquelle elle se propage.



On définit alors l'**indice de réfraction** du milieu :

$$n = \frac{c}{v}$$

- $n$  : indice de réfraction du milieu (sans unité)
- $c$  : célérité de l'onde dans le vide (m/s)
- $v$  : célérité de l'onde dans le milieu considéré (m/s)

Cet indice de réfraction est **supérieure ou égal à 1** puisqu'il ne peut exister de célérité plus grande que celle de la lumière dans le vide.

<u>Milieu</u>	<u>Indice n</u>
Air, vide	1
Eau	1.33
Ethanol	1.36
Plexiglas	1.50
Verre	1.50
Diamant	2.42

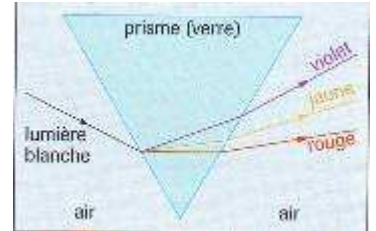
3) Milieux transparents dispersifs ou non dispersifs <sup>(11)</sup> :

a. Expérience :

Après avoir réalisé un faisceau mince de lumière blanche, on fait passer celui-ci à travers un prisme.

Observations :

Dans une direction déviée par rapport à la direction du faisceau incident, on observe le **spectre de la lumière blanche** qui est composé de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.



*Quels phénomènes de dispersion sont observables dans la vie de tous les jours ?*  
*Arc-en-ciel / bulle de savon / surface eau essence ...*

site web : <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Climats/Rayonnement/Arc-en-ciel/arc.htm>  
<http://villemin.gerard.free.fr/Scienmod/ArcCiel.htm>

b. Interprétations :

On a effectué une expérience de dispersion de la lumière blanche.

Le matériau dans lequel est taillé le prisme est ce que l'on appelle un **milieu dispersif** :

**Dans ces milieux, la célérité des ondes dépend de leur fréquence. Ainsi l'indice du milieu dépend également de la fréquence de la radiation lumineuse.**

Ex : Pour le verre :  $n_{\text{ROUGE}} = 1.510$  /  $n_{\text{ORANGE}} = 1.515$  /  $n_{\text{VIOLET}} = 1.520$

Un milieu est donc non dispersif lorsque la célérité des ondes et l'indice du milieu ne dépendent pas de leur fréquence (vide, air).

c. Remarques :

- Il existe des milieux transparents plus ou moins dispersifs :  
Un milieu est **d'autant plus dispersif que son indice dépend plus fortement de la fréquence** de la lumière qui s'y propage.
- **Seule une lumière polychromatique peut-être décomposée par un milieu dispersif.** Le spectre d'une lumière monochromatique sera composé un seule raie.

Exercices n°11, 13 et 15 p 70-71