

Module de renforcement de base 3 (RAB3)

La semaine du 30 mars au 04 avril

Section de Physique-Chimie

Cycle Secondaire

Année de formation : 2019-2020

Présenté par le professeur : **Ahmed Hader**

Chapitre 1 : Propagation des ondes mécaniques et des ondes lumineuses

A	PROPAGATION D'UNE ONDE ; ONDES PROGRESSIVES.....	2
1	LES ONDES MECANIQUES PROGRESSIVES.....	2
1.1	Introduction.....	2
1.2	Onde progressive à une dimension.....	2
2	ONDES PROGRESSIVES MECANIQUES PERIODIQUES.....	3
	La diffraction dans le cas d'ondes progressives sinusoïdales.....	5
	La dispersion.....	5
3	LA LUMIERE, MODELE ONDULATOIRE.....	5
	Modèle ondulatoire de la lumière.....	6
	Propagation de la lumière dans le vide et dans les milieux transparents.....	7
	Dispersion de la lumière blanche par un prisme.....	8
4	NOTATIONS, UNITES ET VALEURS.....	8
5	CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE EXIGIBLES.....	8

A Propagation d'une onde ; ondes progressives

1 Les ondes mécaniques progressives

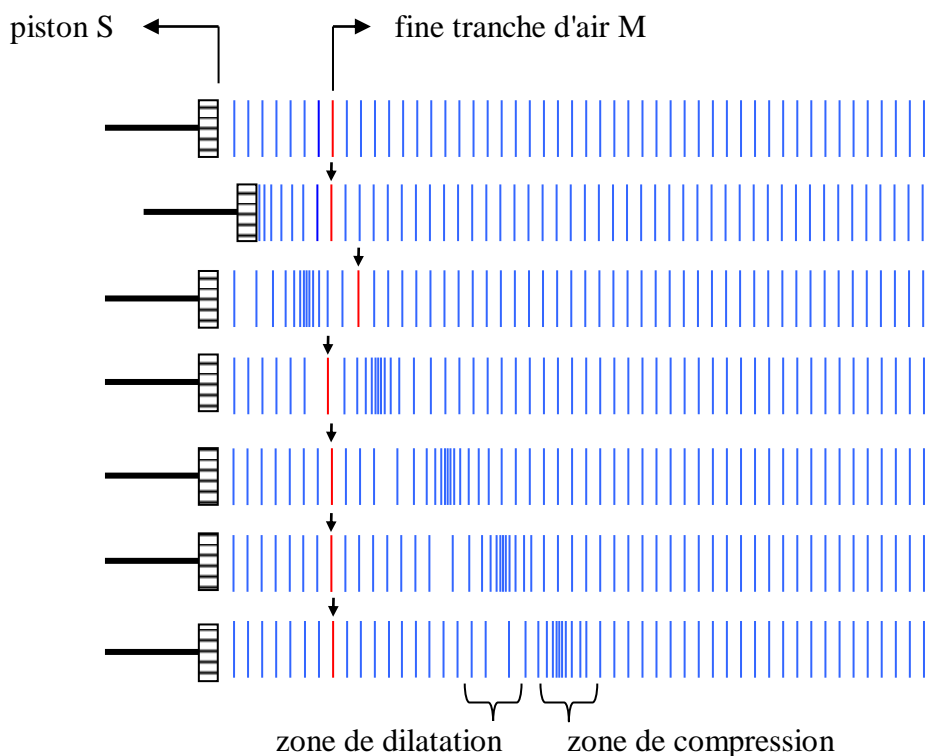
1.1 Introduction

On appelle onde mécanique le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière. L'onde ne transporte que de l'énergie.

On distingue :

- Les ondes transversales
Lors du passage de la perturbation, la matière est momentanément déplacée dans une direction perpendiculaire à la direction de propagation.
- Les ondes longitudinales
La matière est momentanément déplacée dans la direction de propagation

Exemple l'onde sonore (onde longitudinale de compression - dilatation)



La célérité est la vitesse v avec laquelle l'onde se propage. Le point M reproduit l'état de la source S avec un retard $\tau = SM / v$

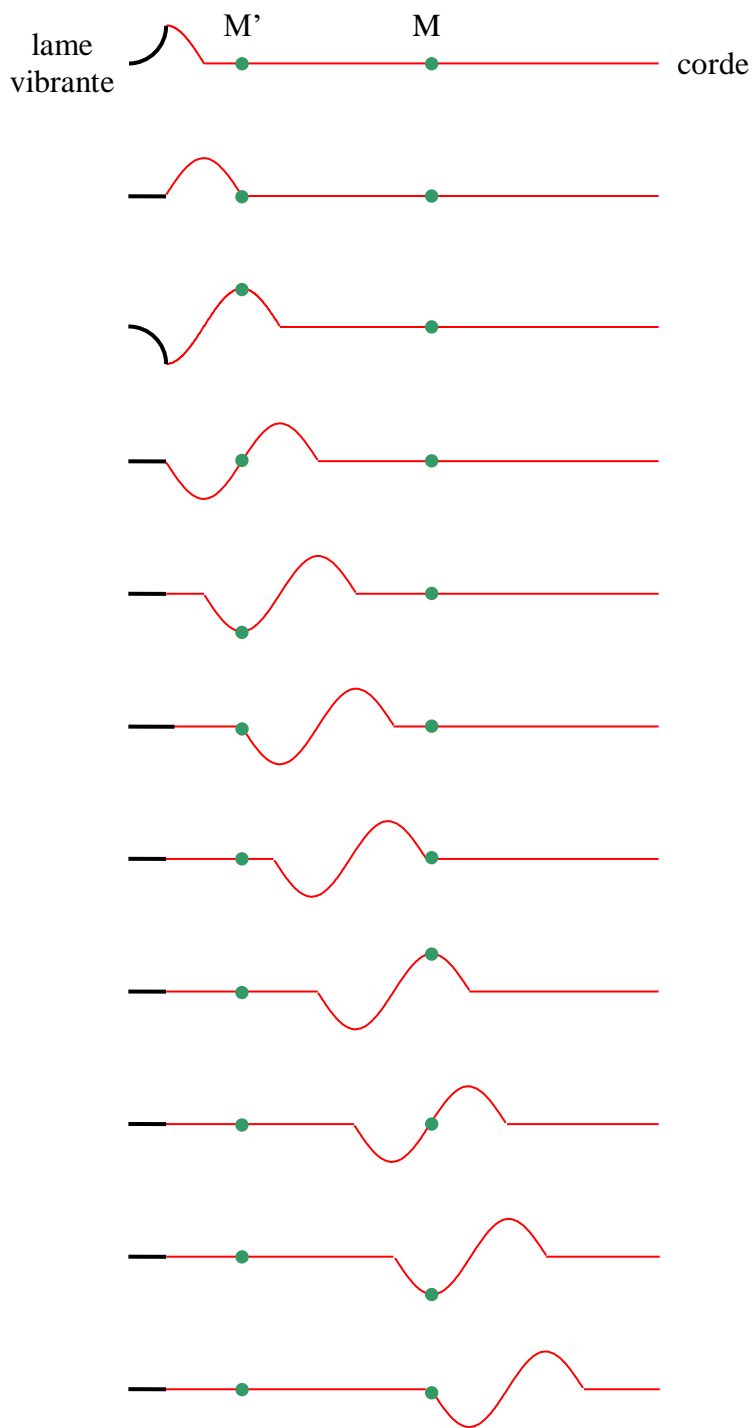
Propriétés générales des ondes :

- une onde se propage, à partir de la source, dans toutes les directions qui lui sont offertes
- la perturbation se transmet de proche en proche (transfert d'énergie sans transport de matière)
- la vitesse de propagation d'une onde est une propriété du milieu
- deux ondes peuvent se croiser sans se perturber

1.2 Onde progressive à une dimension

Le milieu de propagation d'une onde peut être tridimensionnel (onde sonore, lumineuse), bidimensionnel (onde à la surface de l'eau), ou à une dimension (onde sur une corde vibrante).

Une onde à une dimension qui se propage depuis sa source est progressive. Après réflexion sur un obstacle, cette onde se propage dans le sens inverse (l'onde est régressive).



La perturbation au point M à l'instant t est celle qui existait auparavant en un point M' à l'instant $t' = t - \tau$, avec $\tau = M'M / v$, τ étant le retard et v la célérité (pour les milieux non dispersifs).

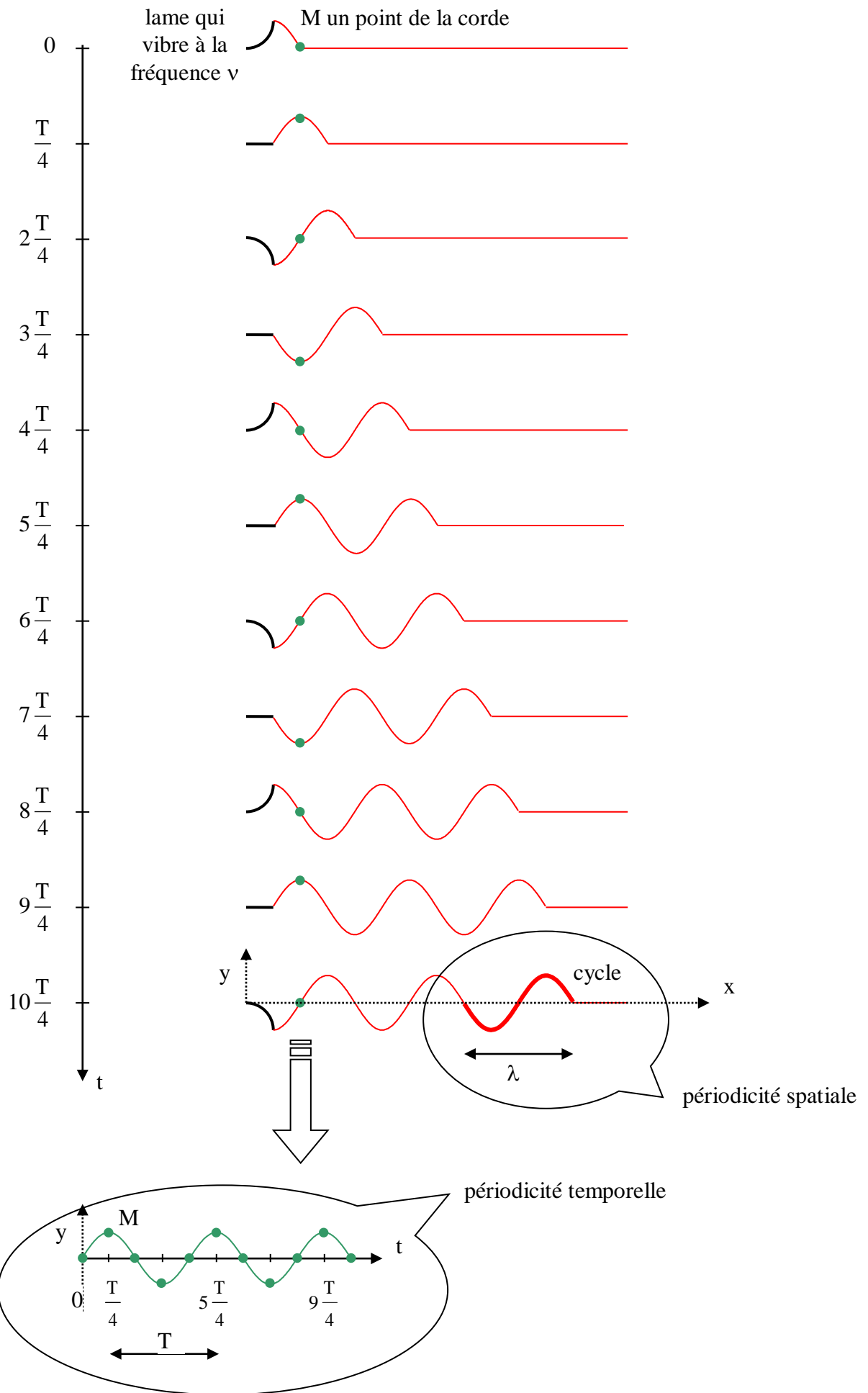
2 Ondes progressives mécaniques périodiques

Si la perturbation est produite périodiquement, on parle d'onde progressive périodique. La propriété essentielle de cette onde est sa double périodicité (spatiale et temporelle). Si on nomme « s » la grandeur physique qui se propage, à une distance « x » de la source on a :

$$s(x, t) = s(x, t + T) = s(x + \lambda, t)$$

où T est la période et λ la longueur d'onde.

Exemple



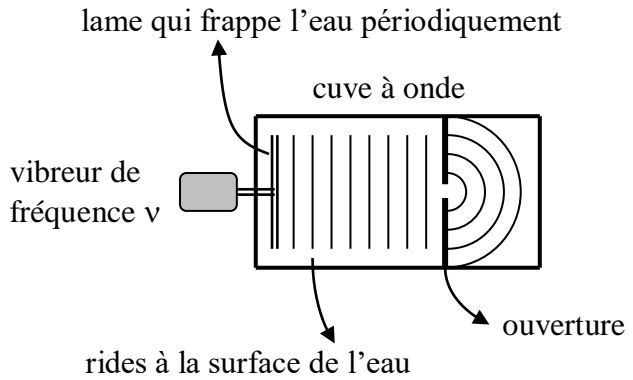
La vitesse v , la fréquence ν , la période T , et la longueur d'onde λ sont liés par les relations :

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\nu}$$

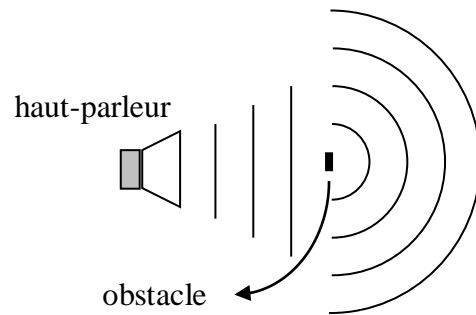
Remarques

- $\lambda = v \cdot T$ montre que la longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde pendant la période T
- La longueur d'onde λ se définit également comme la plus petite distance séparant deux points de l'onde vibrant en phase.

La diffraction dans le cas d'ondes progressives sinusoïdales



diffraction d'une onde mécanique



diffraction d'une onde sonore

La diffraction est caractéristique des ondes lorsque celles-ci rencontrent une ouverture ou un obstacle. Pour une longueur d'onde λ donnée, ce phénomène est d'autant plus marqué que la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle est petite. La diffraction n'affecte ni la fréquence, ni la célérité, ni la longueur d'onde.

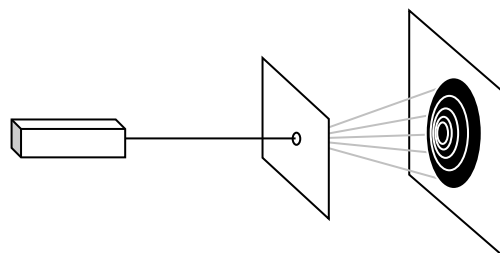
La dispersion

Sur la cuve à onde, des ondes se propagent à la surface de l'eau. La fréquence ν est réglable et peut être lue sur le générateur d'onde. Une photographie permet d'observer les rides obtenues à un instant t . Pour différentes fréquences ν , on mesure la longueur d'onde λ puis on calcule $v = \lambda \cdot \nu$. On s'aperçoit que v dépend de ν .

La célérité de l'onde progressive mécanique périodique à la surface de l'eau dépend de la fréquence de l'onde (égale à la fréquence de vibration de la source).

Un milieu dans lequel se propage une onde est dispersif si la vitesse de propagation de l'onde dépend de sa fréquence.

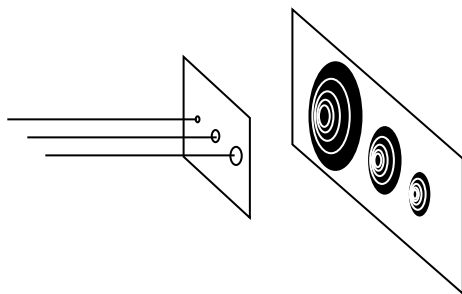
3 La lumière, modèle ondulatoire



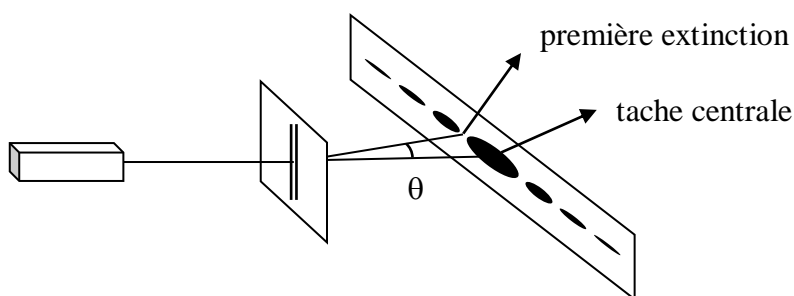
diffraction d'un pinceau laser par un trou circulaire

La diffraction est caractéristique des ondes. La lumière ayant ce comportement, on peut en déduire qu'elle possède une nature ondulatoire.

Avec de la lumière blanche, on observe ce phénomène sous forme d'irisations.



L'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la dimension « a » de l'ouverture ou de l'obstacle à la longueur d'onde λ



Dans le cas d'une fente ou d'un fil rectilignes de largeur « a », l'écart angulaire entre le milieu de la tache centrale et la première extinction du faisceau diffracté est donné par :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

Modèle ondulatoire de la lumière

La lumière est une onde électromagnétique. C'est à dire que les grandeurs qui se propagent sont un champ électrique et un champ magnétique. Elle peut donc se propager dans le vide.

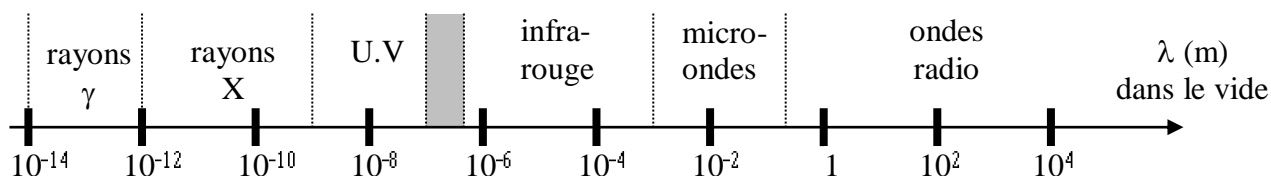
Une telle onde est caractérisée par :

- sa vitesse de propagation (nommée célérité) $c = 3.10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dans le vide
- sa fréquence ν
- sa longueur d'onde λ dans le vide

Ces grandeurs sont liés par les relations :

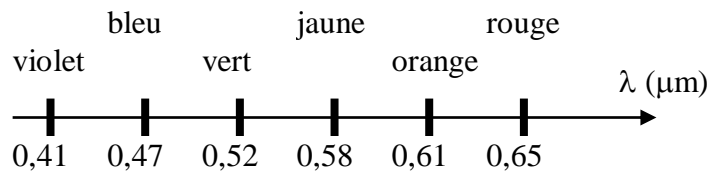
$$\lambda = c.T = \frac{c}{\nu}$$

On a l'habitude de classer l'onde électromagnétique en différents domaines de longueur d'onde suivant la technologie nécessaire à leur production :

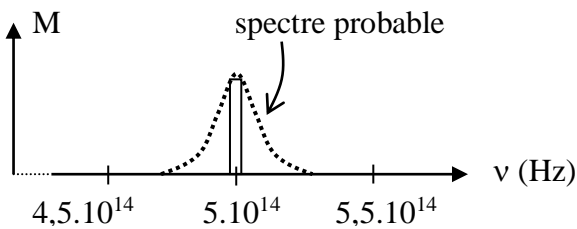


La lumière visible est le domaine auquel l'œil est sensible. Ce domaine (grisé ci-dessus) est tel que :

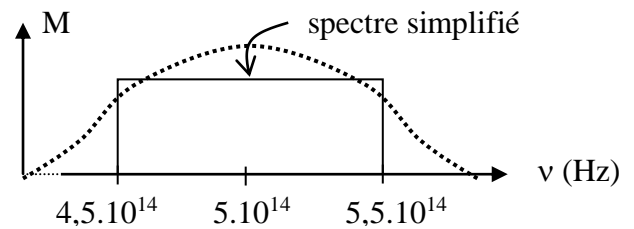
$$400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$$



La puissance d'une onde se présente sous une des deux formes (très schématiques) suivantes :



la puissance rayonnée est concentrée dans un intervalle de fréquence très étroit (dans cet exemple $\pm 0,1\%$ de la valeur moyenne). C'est une onde quasi monochromatique.



la puissance rayonnée est dispersée dans un intervalle de fréquence assez large (dans cet exemple $\pm 10\%$ de la valeur moyenne). C'est une onde polychromatique.

Propagation de la lumière dans le vide et dans les milieux transparents

L'indice de réfraction « n » d'un milieu transparent est le rapport de la célérité « c » de la lumière dans le vide à la vitesse de propagation « v » de la lumière dans ce milieu :

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

L'indice de réfraction dépend du milieu transparent considéré.

Exemple

milieu	eau	alcool	verre	diamant	air
indice	1,33	1,36	1,50	2,42	1,00

L'indice de réfraction dépend également de la fréquence de la lumière.

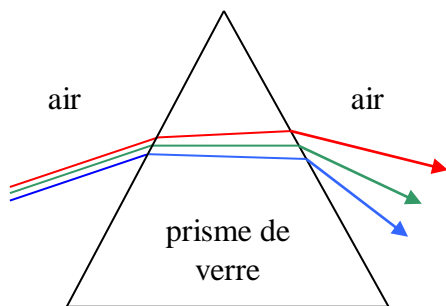
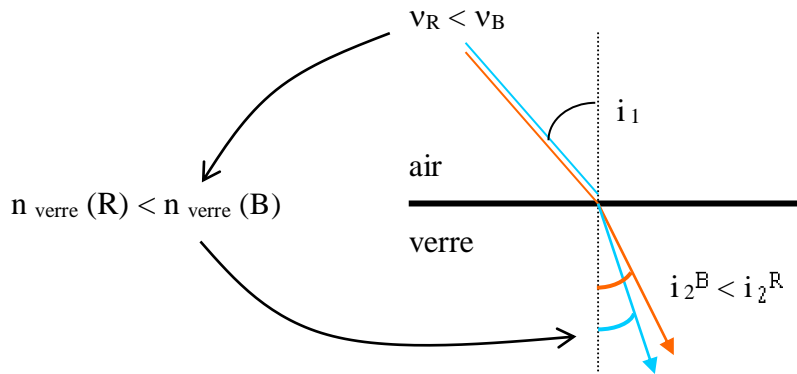
Exemple

fréquence ν (Hz)	$4,57 \cdot 10^{14}$	$5,09 \cdot 10^{14}$	$6,17 \cdot 10^{14}$
indice de réfraction d'un verre	1,504	1,507	1,521

Remarques

- La fréquence d'une radiation monochromatique ne change pas lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre (dans le cas contraire sa couleur changerait !).
- Tous les milieux transparents (autres que l'air) sont plus ou moins dispersifs.

Dispersion de la lumière blanche par un prisme



lumières colorées dans la figure porte le nom de spectre de la lumière

4 Notations, unités et valeurs

- a largeur d'une fente ou d'un fil rectilignes. [a] = m
- c célérité de la lumière. [c] = m.s⁻¹
- M émittance spectrale. [M] = SI
- n indice de réfraction d'un milieu transparent. [n] = sans unité
- T période. [T] = s
- v vitesse d'une onde mécanique. [v] = m.s⁻¹
- λ longueur d'onde. [λ] = m
- ν fréquence. [ν] = Hz
- θ angle. [θ] = rad
- τ retard d'une perturbation entre deux points dans un milieu non dispersif. [τ] = s

5 Connaissances et savoir-faire exigibles

1 Ondes mécaniques progressives

Définir une onde mécanique et sa célérité.

Définir et reconnaître une onde transversale et une onde longitudinale.

Connaître et exploiter les propriétés générales des ondes.

Définir une onde progressive à une dimension et savoir que la perturbation en un point du milieu, à l'instant t, est celle qu'avait la source au temps t' = t - τ , τ étant le retard (dans un milieu non dispersif).

Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité.

Exploiter un document expérimental (chronophotographies, vidéo) donnant l'aspect de la perturbation à des dates données en fonction de l'abscisse : interprétation, mesure d'une distance, calcul d'un retard et/ou d'une célérité.

Exploiter un document expérimental (oscillogrammes, acquisition de données avec un ordinateur...) obtenu à partir de capteurs délivrant un signal lié à la perturbation et donnant l'évolution temporelle de la perturbation en un point donné : interprétation, mesure d'un retard, calcul d'une célérité, calcul d'une distance.

2 Ondes progressives mécaniques périodiques

Reconnaître une onde progressive périodique et sa période.

Définir pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence, la longueur d'onde.

Connaître et utiliser la relation $\lambda = vT$, connaître la signification et l'unité de chaque terme, savoir justifier cette relation par une équation aux dimensions.

Savoir, pour une longueur d'onde donnée, que le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension d'une ouverture ou d'un obstacle est plus petite.

Définir un milieu dispersif.

Exploiter un document expérimental (série de photos, oscillogramme, acquisition de données avec un ordinateur...) : détermination de la période, de la fréquence, de la longueur d'onde.

Reconnaître sur un document un phénomène de diffraction.

Définir une onde mécanique et sa célérité.

3 La lumière, modèle ondulatoire

Savoir que, étant diffractée, la lumière peut être décrite comme une onde.

Connaître l'importance de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène observé.

Exploiter une figure de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.

Connaître et savoir utiliser la relation $\lambda = c / \nu$, la signification et l'unité de chaque terme.

Connaître et utiliser la relation $\theta = \lambda / a$, la signification et l'unité de chaque terme.

Définir une lumière monochromatique et une lumière polychromatique.

Connaître les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible et les couleurs correspondantes.

Situer les rayonnements ultraviolets et infrarouges par rapport au spectre visible.

Savoir que la lumière se propage dans le vide et dans les milieux transparents.

Savoir que la fréquence d'une radiation monochromatique ne change pas lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre.

Savoir que les milieux transparents sont plus ou moins dispersifs.

Définir l'indice d'un milieu transparent pour une fréquence donnée.