

(2^{ème} partie : une physique moins immédiatement accessible et demandant plus de réflexion par rapport aux phénomènes constatés ou mesurés. Une physique plus moderne.)

Chapitre 4 Ondes

A - Propagation d'une onde ; ondes progressives ; ondes périodiques

I - Les ondes, présentation

1) introduction

Suite à l'observation de la propagation d'une perturbation le long d'une corde (expérience professeur), Nous sommes convaincus que nous n'observons pas un mouvement classique. Le système est dans le même état avant et après le passage de la perturbation. Il n'y a pas eu de transfert de matière.

C'est pour cela que nous employons déjà des termes différents et adaptés à cette nouvelle situation (« propagation », « perturbation ») :

La propagation d'une onde

Nous venons d'observer une **ONDE** (transport d'énergie sans transfert de matière)

PROGRESSIVE (la perturbation se transmet de proche en proche, progresse, d'un point de départ vers un point d'arrivée)

Lorsqu'un milieu matériel est nécessaire à la propagation d'une onde (ondes sismiques, houle, son, déformation d'une corde, d'un ressort...) L'onde est dite **MÉCANIQUE**.

2) Grandeurs caractéristiques des ondes

Ces grandeurs sont :

- Le nombre de dimensions spatiales utilisées pour la propagation ;
- le caractère transversal ou longitudinal de l'onde ;
- la célérité ;
- l'amplitude et la durée de la perturbation ;

3) Précisons à l'aide de quelques exemples...

Nombre de dimensions, transversalité/longitudinalité (définitions et exemples)

- Cas de la corde :

- une onde à une dimension ;
- L'onde est dite transversale : la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

- Impulsion donnée à un ressort :

- à 1 dimension ;
- longitudinale : la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation ;
- il s'agit d'une compression unique suivie d'une dilatation unique (c'est à dire un aller-retour) qui se transmet d'une spire à l'autre et se propage le long du ressort.
- La houle (ou un coup de pied dans une flaque) est une onde à la surface d'un liquide : transversale et à 2 dimensions.

Remarque : si la source est ponctuelle : onde circulaire
(discussion, explication : logique l'onde se propage à la même vitesse depuis un point unique dans toutes les dimensions permises d'un milieu à 2 dimensions...)

- **Son (cri bref) : onde 3 D et longitudinale (propagation d'une compression/dilatation de l'air).**
- Tremblement de Terre, ... ou du plancher de la salle de classe.

Pour le cas des séismes, les perturbations peuvent être transversales ou longitudinales, l'onde est à 3D.

Une onde se propage donc dans toutes les dimensions disponibles...

4) Détail n°1 : Célérité

Lors de la propagation d'une onde on peut distinguer deux types de mouvements qui ne doivent pas être confondus :

- le mouvement d'un point du milieu lorsqu'il est traversé par la perturbation. pendant toute la durée du passage de la perturbation, les points perturbés sont en mouvement, on peut déterminer leurs positions et vitesses instantanées caractéristiques de la perturbation. Nous nous intéresserons à cet aspect du mouvement en considérant essentiellement l'amplitude de l'onde (voir plus loin). Toutefois, on peut aussi considérer la durée de la perturbation d'un point du milieu, avec en particulier un début de perturbation qui peut être vu comme l'arrivée du **front d'onde** sur le point (il faudra retenir ce terme : « front d'onde »). (*schéma*)

- le mouvement de propagation de l'onde pour lequel on détermine plutôt les positions successives, la direction et le sens de la propagation ainsi que la vitesse de déplacement de la perturbation appelée **célérité de l'onde** (**vitesse célérité de propagation**).

(prendre un exemple, faire un schéma)

Notons bien que la célérité d'une onde est une propriété du milieu.

Exemples de modifications du milieu mécanique influençant la célérité :

- tension de la corde ou du ressort,
- profondeur pour la propagation de la houle,
- propagation du son (Hecht p 498)

Voir TP ultrasons première partie : mesure de la célérité des ondes ultra sonores.

(en passant par des mesures de retards)

5) Détail n°2 : notion de retard (cas d'une onde progressive à une dimension, mais on peut aussi se référer à une onde à 2D ou 3D tout en travaillant sur un seul axe de propagation parmi d'autres... Ainsi, on peut évoquer les 2 récepteurs alignés et positionnés en M et M' dans le TP « ultrasons »)

- La perturbation se propage à la célérité v constante (milieu homogène).
- Elle passe par un point M de coordonnée x à la date (l'instant) t .
- Elle passe ensuite par un point M' de coordonnée x' , situé à la distance $d = x' - x$ de M, à la date t' ($x' > x$ et $t' > t$).
- L'écart $t' - t$ est noté τ et est appelé retard au passage de la perturbation en M' (par rapport au passage en M).

$$t = \frac{MM'}{v} = \frac{d}{v}$$

- M' est perturbé à la date t' comme M l'a été à la date t , l'état de M' à la date t' est identique à l'état de M à la date $t' - \tau$ (car $t = t' - \tau$).

6) Détail n°3 : amplitude d'une onde

Introduction

Nous avons conscience que l'amplitude de l'onde est étroitement associée à l'énergie transportée par cette onde.

Evoquer l'énergie, la puissance, l'intensité d'une onde est donc une façon quasi-directe de considérer son amplitude.

L'énergie E (ou W , le travail), c'est en joules (J).

La puissance P , c'est l'énergie par unité de temps en watt (W), $1W = 1 J.s^{-1}$.

L'intensité I , c'est la puissance par unité de surface $I = \frac{P}{S}$, en $W.m^{-2}$.

Echelles logarithmiques (premier exemple : niveau d'intensité sonore)

L'idée est qu'avec la grandeur logarithmique (notée $y = \log x$), on avance d'une unité lorsqu'avec la grandeur initiale (notée x) on multiplie, par exemple, par 10.

Si x passe de I_0 à $10 \cdot I_0$, alors y passe de y_0 à $y_0 + 1$.

Considérons la relation $x = 10^y$.

Partons de $x_0 = 10^{y_0}$

Si y augmente d'une unité x est bien multiplié par 10 : $x = 10^{(y_0+1)} = 10^{y_0} \cdot 10$.

Nous avons exprimé x en fonction de y .

Nous considérerons la fonction inverse permettant d'exprimer y en fonction de x . Cette fonction est appelée logarithme décimal (\log).

Si $x = 10^y$, alors $y = \log(x)$

Une avancée d'une unité dans cette échelle logarithmique est en fait un saut d'un ordre de grandeur (une multiplication par 10) dans les valeurs de x .

Il existe d'autres fonctions logarithmiques associées à des puissances d'autres nombres que 10...

Prenons maintenant l'exemple des ondes sonores. Il se trouve que les différences d'intensité entre des sons courants (le ronron d'un chat et le moteur d'un avion au décollage) sont immenses. Il est courant de changer la manière de graduer à l'aide d'une **échelle logarithmique**, de manière à se déplacer sur un domaine raisonnable de valeurs (de 0 à 100, par exemple). On définit alors une nouvelle grandeur : le niveau d'intensité sonore L :

$$L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}, \quad I_0 \text{ étant l'intensité sonore de référence de valeur } 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}.$$

L s'exprime en décibels (dB)

D'après ce que l'on a vu sur la fonction \log , on comprend qu'une augmentation de 1 dB correspond à une intensité (ainsi qu'à une énergie reçue, finalement) 10 fois plus importante.

Nos oreilles reçoivent donc 10^{11} fois plus d'énergie lorsque nous écoutons le décollage d'un avion (125 dB) que lorsque nous écoutons notre chat ronronner (15 dB)... (*nous avons réalisé le calcul ensemble*)

Magnitude d'un séisme

Exercice double page Hachette p 30-31

On note que la formule exacte n'est pas donnée... parce qu'elle est un peu plus compliquée (Elle contient toutefois toujours un terme fondamental de type $\log(A/A_0)$).

8) Conclusions

- Une onde se propage à partir d'une source, dans toutes les directions qui lui sont offertes.
(ex : son, houle, ...) Elle peut être à 1, 2 ou 3 dimensions (*exemples*)
- Une onde consiste en la propagation d'une perturbation qui se transmet de proche en proche, il y a transfert d'énergie sans transfert de matière.
- Deux ondes peuvent se croiser sans se perturber (ex. sur corde, échelle de perroquet, ressort). Toutefois, le temps du croisement, on peut constater que deux perturbations « opposées » s'annulent.
(*schéma*)

- Les ondes réelles peuvent constituer une combinaison, onde transversale / onde longitudinale, mais si l'on sait bien étudier et caractériser une O.T. ou une O.L., on saura aussi en faire de même pour toute combinaison O.L./O.T.

C'est un principe assez général : savoir décrire un objet simple et savoir présenter un objet compliqué comme une combinaison plus ou moins complexe d'objets simples connus.

A ce stade, nous avons réalisé une séance de TP autour des ondes ultrasonores au cours de laquelle nous avons déterminé la valeur de la célérité en exploitant la notion de retard.

III- Ondes progressives mécaniques périodiques

1) Notion d'onde progressive périodique

a) expériences, principe

Considérons à nouveau la corde (milieu AB à une dimension). Nous avons observé la propagation d'une perturbation transversale de courte durée en mettant clairement en évidence le fait que la zone de la corde traversée par la perturbation prenait une forme particulière (pendant une durée correspondant au passage de l'onde).

Nous imposons maintenant une perturbation permanente consistant en un mouvement périodique d'aller-retour de l'extrémité A de la corde. (*on doit ici rappeler la définition d'un phénomène périodique : phénomène qui se répète identique à lui-même à intervalles de temps réguliers*)

Il y a alors deux types d'observation :

- soit nous fixons un point M de la corde et l'on constate qu'il est le siège d'oscillations périodiques (les mêmes qu'en A, mais avec du retard). Il y a donc une périodicité temporelle associée au mouvement d'un point du milieu siège de la propagation d'une onde.

- soit on fixe l'ensemble de la corde et on voit les perturbations se propager sous la forme de **profils** successifs, la déformation de la corde causée par le passage d'une perturbation (**l'onde**) s'observe maintenant à intervalles de distance réguliers, on voit passer une succession de profils séparés par une **distance constante**. C'est normal, **ces profils sont générés à intervalles de temps réguliers (T) et se propagent à vitesse (célérité) constante**. Il y a donc aussi un phénomène qui se répète à l'identique dans l'espace, il y a aussi une périodicité spatiale.

Il y a donc une double périodicité.

b) T et λ

Périodicité temporelle

La plus petite durée entre deux passages par un état identique pour un point du milieu : la période T (s).

On utilise aussi la fréquence f ou $n = \frac{1}{T}$ caractérisant le nombre de perturbations passant par un point par unité de temps. Si T est exprimée en seconde, n est exprimée en hertz (Hz).

T : temps nécessaire pour que l'onde retrouve sa configuration initiale en un point donné ;

T : temps qu'il faut à un profil (une perturbation) pour défiler complètement devant un point donné.

v (ou f) : nombre de profils qui traverse un point donné du milieu en une seconde.

Périodicité spatiale

La distance entre deux perturbations successives en train de se propager, entre deux fronts d'onde successifs, la longueur d'un motif d'onde en train de se propager, la distance parcourue par le front d'onde pendant une période T :

C'est la longueur d'onde λ (m)

Si l'on fige l'onde à un instant donné, la distance spatiale sur laquelle l'onde exécute un cycle complet, c'est à dire la longueur d'un cycle (d'une perturbation), est la longueur d'onde λ (m)

Relation entre λ et T :

Un point du milieu qui subit un cycle de perturbation de durée T est aussi traversé par un motif de l'onde de longueur λ .

L'onde se propage donc sur une longueur λ pendant la durée T.

Nous pouvons donc écrire :

$$\lambda = v \times T = \frac{v}{f}$$

Points en phase, points en opposition de phase

On décrit le phénomène (on travaillera sur l'exemple de la corde à l'aide d'une animation ou d'un schéma), on montre ces points.

Au sein du milieu traversé par l'onde périodique, deux points distants de $n \cdot \lambda$ (n entier) sont perturbés en phase (en permanence dans le même état de perturbation).

Au sein du milieu traversé par l'onde périodique, deux points distants de $(2n+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ (n entier) sont perturbés en opposition de phase (quand l'un de ces points passe par un minimum de l'état de perturbation, l'autre passe par un maximum, etc.).

b) Remarque à propos des ondes progressives sinusoïdales

Une perturbation périodique simple à analyser mathématiquement est l'onde sinusoïdale : elle augmente et diminue au cours du temps comme une fonction sinusoïdale et se propage en faisant apparaître une périodicité spatiale qui est aussi de forme sinusoïdale.

On se demande un peu quel rapport il peut bien y avoir entre un onde réelle et cet objet mathématique qu'est la fonction sinus, il se trouve que toute onde réelle peut être décrite comme une superposition d'ondes sinusoïdales.

Donc, étudier la propagation d'une sinusoïdale est la base fondamentale de l'étude approfondie de toute onde réelle.

A ce stade, vous réalisez une deuxième séance de TP autour des ondes ultrasonores :

- **Leur caractère périodique est mis en évidence.**
- **La période est déterminée**
- **La longueur d'onde peut-être déterminée**
- **Nous pouvons en déduire à nouveau une valeur de la célérité.**

2) Cas des ondes sonores (TP)

TP analyse de sons (timbre et intensité) + activité p 67

+ document officiel :

SON

Lorsque nous enregistrons un son simple, c'est à dire une note tenue en ne prononçant qu'une syllabe, nous observons un signal en fonction du temps qui est :

- **alternatif et périodique ;**
- **Souvent plus complexe qu'une simple sinusoïde.**

Si nous transformons le signal de manière à observer le spectre en fréquences du son produit, nous constatons plusieurs choses.

- **Nous pouvons associer à la hauteur d'un son une fréquence appelé fréquence fondamentale. Plus le son est aigu, plus cette fréquence est élevée. Sur un spectre en fréquence d'un son, cette fréquence est la plus petite présente sur le spectre. Souvent elle est aussi la fréquence la plus abondante, mais ce n'est pas systématique.**
- **Si nous produisons la même note avec deux instruments différents, nous obtiendrons deux spectres qui possèdent la même fréquence fondamentale, mais qui diffèrent dans la répartition des signaux caractéristiques des fréquences d'harmoniques supérieurs.**
- **Qu'est-ce qu'un harmonique ? Lorsqu'un son complexe est produit, il contient un signal fondamental (de fréquence f_1) mais aussi des signaux harmoniques dont les fréquences sont toutes des multiples entiers de f_1 .**
- **Deux sons de même hauteur peuvent donc différer selon la présence ou l'absence de certains harmoniques ainsi que selon leur répartition. On dit alors que ces deux sons ont des timbres différents.**
- **Remarque : un son pur est un son qui ne produit que le signal fondamental. Pour un son pur, le signal en fonction du temps est parfaitement sinusoïdal.**
- **Donc :**
 - ° hauteur : valeur de la fréquence fondamentale ;
 - ° timbre : nombre et répartition des harmoniques supérieurs.

IV- Trois propriétés essentielles des ondes

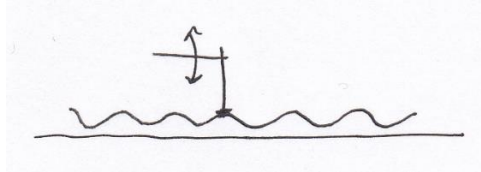
(décrites dans le cadre des ondes mécaniques progressives périodiques)

0) Introduction : la cuve à ondes

Ce dispositif permet de visualiser clairement des ondes à la surface d'un liquide frappé périodiquement par une tige vibrante.

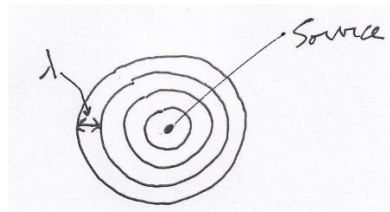
Ces ondes sont transversales.

Vue en coupe à un instant donné :



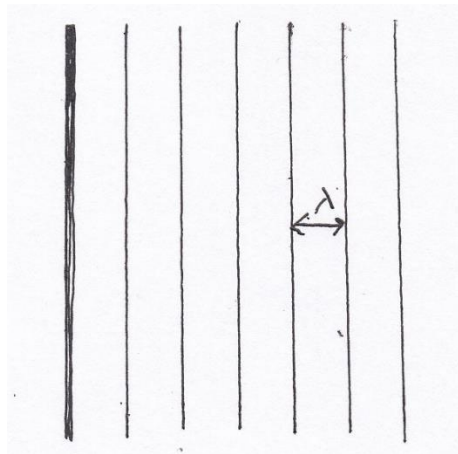
L'onde est dite **circulaire** si la source de la perturbation est une pointe assimilable à un point, les **fronts d'ondes** qui se propagent sont alors des arcs de cercle qui vont s'agrandissant et qui se suivent séparés par la longueur d'onde λ .

Vue de dessus à un instant donné :



L'onde est dite **plane** si la source de la perturbation est une tige rectiligne, les fronts d'ondes successifs sont alors des lignes parallèles entre elles.

Vue de dessus à un instant donné :

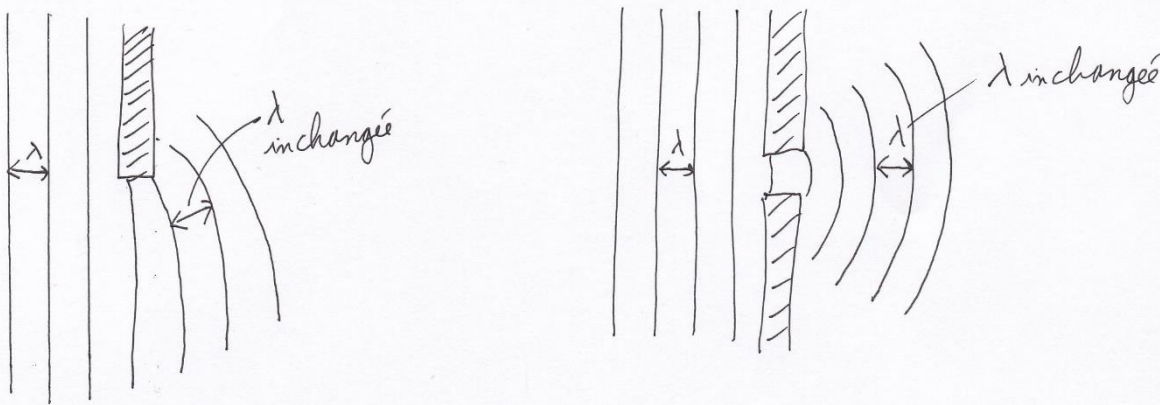


L'observation de la propagation de ces ondes gagne en confort si elle se fait en lumière stroboscopique (lumière discontinue sous la forme d'un flash périodique) dont la fréquence est proche ou égale à la fréquence de l'onde étudiée.

1) Diffraction

Expérience à l'aide de la cuve à onde : on produit une onde plane qui se propage vers une ouverture entre deux obstacles. L'expérience est réalisée avec une ouverture large puis étroite.

Des schémas sont réalisés pour rendre compte de ce que l'on a observé (penser à légénder ces schémas avec les mots "onde incidente", onde transmise", "onde diffractée", "front d'onde", etc.)



Conclusion : lorsqu'une onde périodique de longueur d'onde λ rencontre un obstacle (ou le contraire : un passage), cette onde subit une modification, elle ne poursuit pas son chemin dans le même état : elle est diffractée. Le phénomène de diffraction est clairement observé si la dimension de l'obstacle (du passage) est de l'ordre de grandeur de λ .

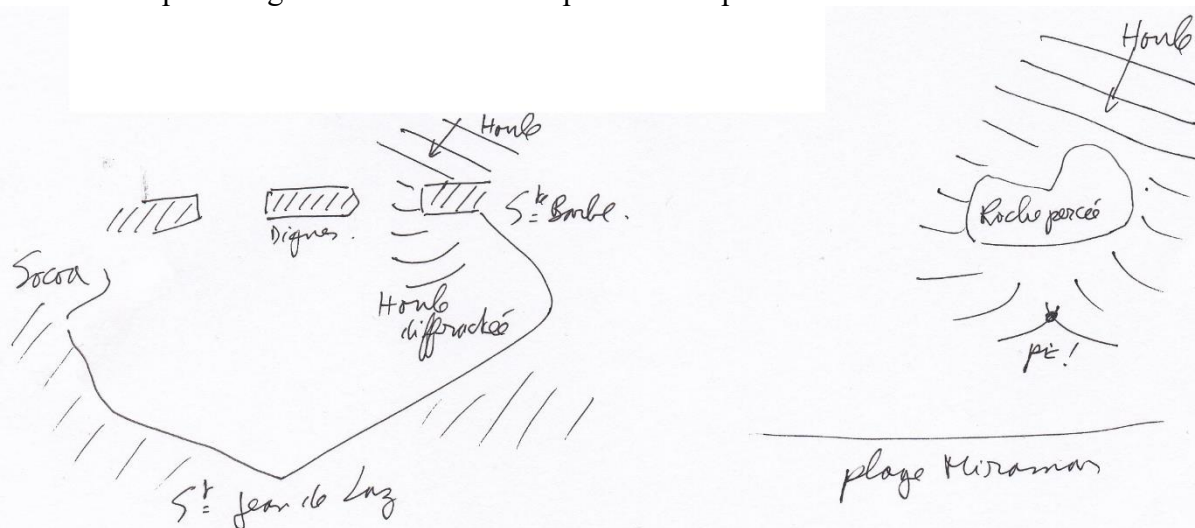
Si l'obstacle (le passage) est de dimension largement supérieur à λ , la diffraction s'observe aussi, mais à proximité des bords de l'obstacle (du passage).

Notez bien : l'onde diffractée garde une caractéristique de l'onde incidente : la fréquence (et la longueur d'onde vu qu'il n'y a pas changement de milieu)

Y a-t-il diffraction des ondes sonores dans notre quotidien ?

(discussions...)

Diffractions par la digue de Sainte Barbe et par la roche percée...



2) Interférences

A l'aide de la cuve à onde, on réalise la plus basique des expériences d'interférence : deux sources ponctuelles frappent périodiquement, à la même fréquence et en et en phase la surface de l'eau. Deux séries d'ondes circulaires sont donc générées en permanence. On constate que, même en éclairage naturel, certains points semble se trouver dans un état fixe de vibration, certains, en particulier, semblent immobiles, d'autres, au contraire, semblent osciller en permanence à une amplitude (deux fois) plus importante que s'ils n'étaient atteints que par une seule des deux ondes.

Chaque point M du milieu est perturbé en même temps par les deux ondes. La perturbation résultante sera en permanence constituée de l'addition des perturbations provenant de S_1 et de S_2 .

Il est possible que les ondes parviennent en M en permanence en opposition de phase... M va alors rester immobile en permanence, il y aura en M *des interférences destructives* entre les deux ondes.

Au contraire, si les deux ondes arrivent en M en permanence en phase, l'amplitude d'oscillation sera en permanence augmentée (doublée), il y aura *interférences constructives*.

Est-il possible de prévoir, selon la position du point M par rapport à S₁ et S₂, s'il y aura en ce point interférences destructives ou constructives ?

Présenter un schéma illustrant la situation correspondant à la question posée :

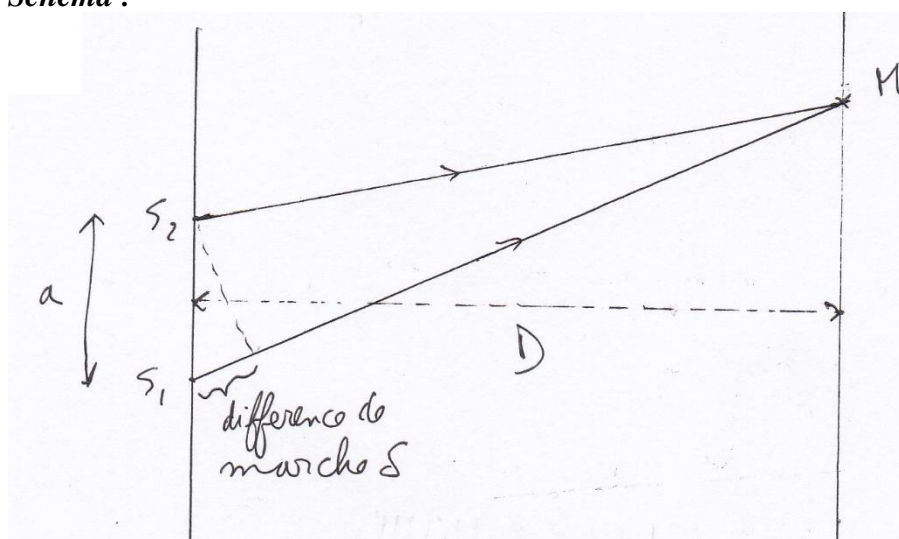
- S₁ et S₂ sont distantes de a, les ondes qui sont produites au niveau de ces deux sources restent cohérentes (même fréquence, amplitudes constante) et sont produites en phase.
- Non seulement nous cherchons à présenter avec précision les conditions pour qu'il y ait interférences destructives/constructives en un point, mais nous cherchons aussi à exprimer une distance appelée interfrange : la distance sur une droite parallèle au segment S₁S₂ et située à la distance D de S₁S₂ entre deux points successifs immobiles (recevant en permanence des ondes provenant de S₁ et S₂ en opposition de phase) ou entre deux points successifs en oscillations d'amplitude maximale.

Cet interfrange, noté i dépendra de a, de D et probablement de λ .

Pistes pour la solution :

- Tracer les droites S₁M et S₂M qui nous permettront de comparer les distances parcourues par les deux ondes pour atteindre M.
- Présenter sur le graphe la différence δ de marche entre les deux distances parcourues.

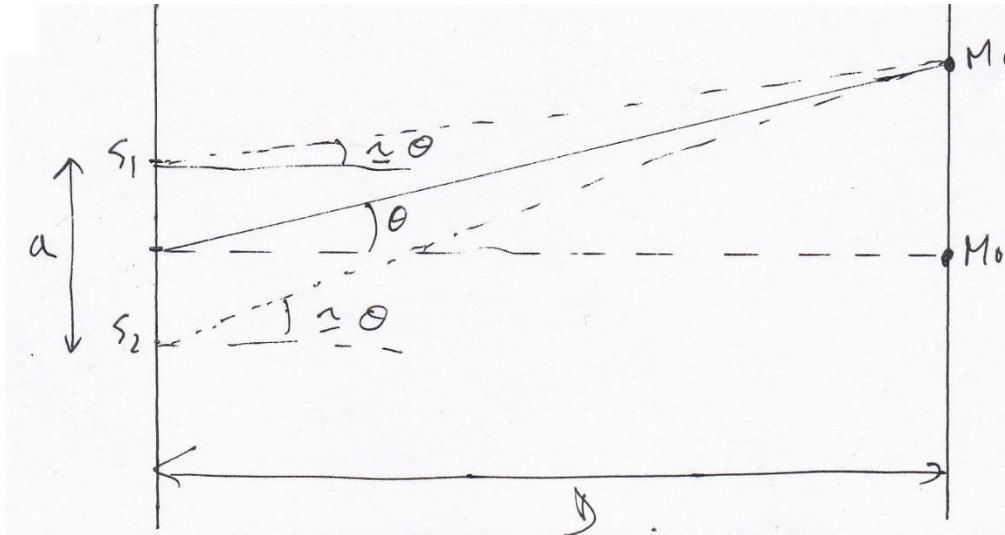
Schéma :



- **Conclure :** si les interférences sont constructives en M alors les deux ondes arrivent en phase en M, ce qui signifie que la différence de marche vaut un nombre entier de longueurs d'onde $\delta = n\lambda$

- **Conclure** : si les interférences sont destructives en M alors les deux ondes arrivent en opposition de phase en M , ce qui signifie que la différence de marche vaut $\delta = n\lambda + \frac{1}{2}\lambda = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$
- Pour une détermination aisée de i , l'interfrange, nous allons considérer deux points M_0 et M_1 deux points successifs d'amplitude maximale (c'est-à-dire que M_0 et M_1 sont le siège d'interférences constructives) avec en plus un choix particulier pour M_0 : en M_0 $\delta = 0$. On en déduit qu'en M_1 , $\delta = \lambda$.
- Tracer, en plus de des droites S_1M_1 et S_2M_1 , la droite joignant le milieu de S_1S_2 au point M_1 .
- Annoter le schéma obtenu, c'est à dire indiquer les distances, i , D , δ et a .

Schéma :



Proposer une condition permettant une approximation qui mène directement à la relation :

$$\lambda/a = i/D \quad \text{soit} \quad i = \frac{\lambda D}{a}$$

Remarques :

- Si les ondes sont produites en opposition de phase en S_1 et S_2 , l'interfrange est inchangé, mais les conditions sur δ pour décider s'il y a interférences destructives ou constructives sont inversées.
- un essai, plutôt concluant, d'interférences sonores a été réalisé.
- On peut aussi répondre aux questions a), b) c) et d) de l'activité p 79

3) Effet Doppler (voir doc. « séance Doppler »)

... Et la lumière ? Comment sait-on que c'est une onde ?

V – Ondes lumineuses, ondes électromagnétiques

1) Expériences (voir : « séance ondes lumineuses »)

Nous avons, au cours de cette séance de TP, mis en œuvre :

- La diffraction de la lumière ;
- Des interférences lumineuses.

Dans chaque cas nous avons validé des relations entre caractéristiques des figures obtenues et paramètres des expériences réalisées. Ces relations nous ont permis d'accepter en particulier une relation fondamentale caractéristique du phénomène de diffraction (« $\theta = \frac{\lambda}{a}$ »)

Toutes les relations évoquées ci-dessus sont présentées dans l'énoncé du TP.

Conclusion : nous avons mis en évidence deux comportements caractéristiques des ondes dans le cas de faisceaux de lumière (laser), nous pouvons donc attribuer à la lumière un caractère ondulatoire (ou dire tout simplement : « La lumière est une onde »).

Ceci complète le modèle de la lumière vu en classe de 1^{ère} S : un flux de photons transportant chacun l'énergie $E = hv...$

2) Caractéristiques des ondes lumineuses

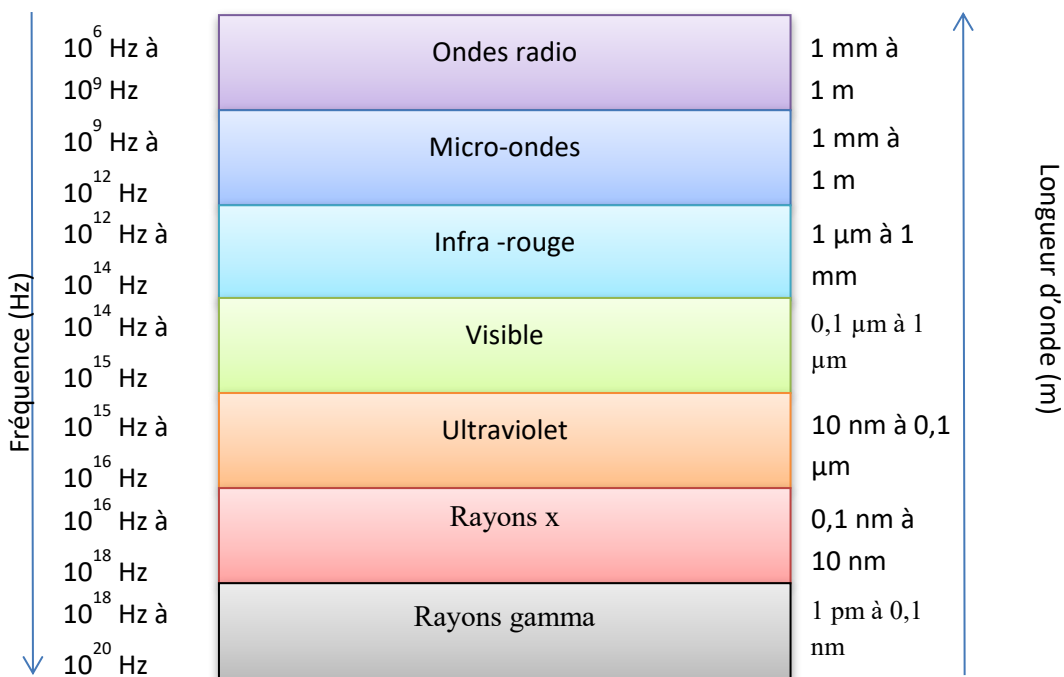
- La lumière est une onde "électromagnétique" qui n'a pas besoin de milieu pour se propager mais qui se propage aussi dans de nombreux milieux matériels qui sont alors dits « transparents ».
- Célérité dans le vide $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- La lumière peut être constituée de plusieurs radiations de différentes fréquences, elle est dite polychromatique. Le domaine de la lumière blanche visible va d'environ 400 nm (violet) à 800 nm (rouge). On dit aussi que le spectre de la lumière visible s'étend (de façon continue) de 400 à 800 nm. Pour $\lambda < 400 \text{ nm}$ c'est le domaine des radiations UV, pour $\lambda > 800 \text{ nm}$ c'est le domaine des IR.

(calcul des fréquences correspondantes)

Une lumière constituée de radiation correspondant à une seule fréquence est dite monochromatique (la plus courante : celle du LASER).

3) Effet Doppler dans le cas des ondes E.M.
(voir exercices)

4) Compléments sur les ondes électromagnétiques



5) Vers le chapitre suivant

Les ondes E.M. interagissent avec la matière, autrement dit, l'énergie d'une onde E.M. peut être transférée aux atomes rencontrés par l'onde.

On dira alors que le rayonnement est absorbé.

On dira aussi que l'atome ayant absorbé le rayonnement va passer dans un état d'énergie supérieure.

Selon la catégorie d'onde E.M., l'ordre de grandeur de l'énergie échangée n'est pas le même et l'effet sur les atomes n'est pas le même.

Ainsi, une radiation UV ou visible occasionne des transitions entre niveaux d'énergie électronique qui peuvent même aller jusqu'à l'ionisation.

Une radiation IR occasionne des « transitions entre niveaux d'énergie vibrationnelle », c'est-à-dire, dans une vision plus imagée et classique, que si la fréquence de l'onde correspond à une fréquence caractéristique de vibration dans la molécule testée, il y a résonance et la radiation est absorbée pour mettre une partie de la molécule en vibration (une liaison qui vibre comme un ressort, un groupe qui vibre en se déformant, ...)
Une radiation M.O. va occasionner des transitions entre niveaux d'énergie « rotationnelle »...

Le chapitre suivant va donc consister en une présentation de quelques techniques spectroscopiques permettant l'étude et l'identification de molécules organiques.

6) Une dernière propriété des ondes : la dispersion

Quand la vitesse de propagation dépend de la fréquence de l'onde qui se propage, le milieu est dit **dispersif**.
Exemple le plus connu : tonnerre de l'orage (discussion)

Dispersion de la lumière dans un milieu matériel ?

Quelques expériences sont présentées et une question vous est posée.

Présentation, rappels, nouveautés

Revenons sur le phénomène de réfraction de la lumière vu en classe de 2^{nde} :

(réfraction de la lumière à la frontière entre deux milieux transparents (dioptre), indice de réfraction du milieu traversé)

Nouveauté dans l'interprétation : la déviation de l'onde est associée à un changement de célérité de propagation lorsque l'on passe d'un milieu transparent à l'autre.

L'indice de réfraction d'un milieu est maintenant défini en tant que quotient de célérités :

$$n_{\text{milieu}} = \frac{v_{\text{vide}}}{v_{\text{milieu}}}$$

Rappelons aussi que n intervient aussi dans la relation de Descartes et influence fortement la valeur de l'angle de déviation du rayon lumineux lors de la réfraction (d'un milieu 1 vers un milieu 2 ou l'inverse) :
 $n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2$

Dispersion de la lumière blanche par un prisme

Une question nous vient logiquement à l'esprit : si une onde lumineuse polychromatique se propage dans un milieu dispersif, qu'observe-t-on ?

Le milieu est dispersif, alors v (et donc n) dépend de la fréquence de l'onde, la réfraction n'est pas de même nature suivant la fréquence de l'onde émise et la lumière se disperse

Le résultat de la dispersion de la lumière blanche : sa décomposition

Remarque : tous les milieux transparents sont dispersifs, plus l'indice de réfraction d'un milieu est grand, plus le milieu est dispersif.

Le vide n'est pas considéré comme un milieu (matériel).

Problématique :

Sur une longue distance parcourue, l'air peut disperser la lumière de manière perceptible à l'œil nu.

Expliquer le phénomène dit du « rayon vert » observé au coucher du Soleil par temps très clair : alors que le Soleil couchant est de couleur orangée, les derniers rayons lumineux observés sont verts.

Aide : le dioxygène de l'air absorbe (pour les renvoyer dans toutes les directions- cf bleu du ciel) les rayonnements du spectre visible allant du bleu au violet. Nous pourrions nous questionner lors sur le fait que plus le Soleil est bas, plus nous le voyons jaune puis orange...