SEQUENCE 1 : ONDES ET PARTICULES – CARACTERISTIQUES ET PROPRIETES

Chapitres 1, 2, 3

1 – Ondes et particules

1a – Nature des rayonnements

Les flux de particules dans l'Univers sont regroupés sous le terme de rayonnements. On distingue 2 types de rayonnement :

* l'émission de particules telles que les protons, neutrons, noyaux d'hélium, neutrinos, électrons.

* l'onde électromagnétique OEM. Chaque OEM, appelée aussi radiation, est caractérisée par sa fréquence ν (Hz) ou sa longueur d'onde dans le vide λ_0 (m). Ces 2 grandeurs physiques sont liées par la relation : $\lambda_0 = c / \nu$ où $c = 3,00.10^8$ m.s^{-1}.

1b – Source de rayonnement

Tous les objets célestes émettent des rayonnements. Les sources des ondes électromagnétiques dans l'Univers diffèrent selon l'énergie des photons associés :

* les ondes infrarouges, visibles et ultraviolettes ont pour principales sources des corps chauffés (des étoiles dans l'Univers).

* les ondes radio, ou ondes hertziennes, sont produites sur Terre par des antennes, et dans l'espace par certaines étoiles en fin de vie, les pulsars.

* les rayonnements ionisants (X ou gamma) sont également créés dans le cosmos par des pulsars. Sur Terre, ils proviennent de corps radioactifs.

1c – Etude et détection des rayonnements

C'est grâce à l'analyse des ondes ou des particules que les scientifiques peuvent étudier les objets de l'Univers. Les rayonnements interagissent avec l'atmosphère, ce qui empêche parfois leur détection (par exemple le rayonnement UV émis par le Soleil est absorbé en partie par l'atmosphère terrestre). Pour s'affranchir de cette limitation, certains détecteurs sont embarqués dans des engins spatiaux, comme le télescope Hubble.

➔ L'observation du rayonnement visible, infrarouge se fait à l'aide de télescopes ou de lunettes astronomiques.

➔ Le compteur Geiger permet de détecter les particules α, β, γ.

➔ Une antenne permet de capter les ondes radio qui y engendrent une vibration électronique et donc un signal électrique.

1d – Les ondes dans la matière

Certaines ondes dites mécaniques ont besoin d'un milieu matériel (gaz, liquide, solide) pour se propager contrairement aux ondes électromagnétiques qui peuvent aussi se propager dans le vide. C'est le cas de la houle, du son ou des tremblements de Terre, par exemple.

Lorsqu'une onde se propage il n'y a pas de déplacement de matière, cette dernière peut s'écarter de sa position initiale mais de manière temporaire. Pour donner naissance à une **onde mécanique**, un

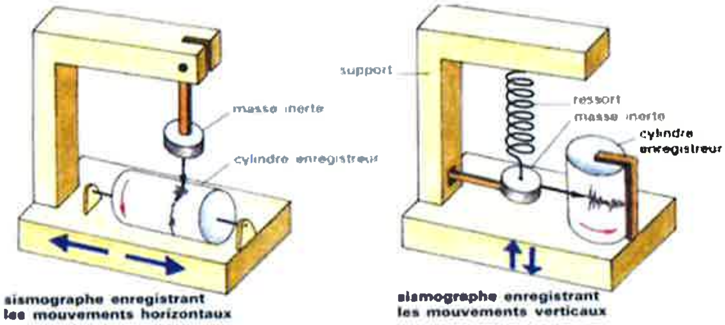
apport d'énergie dans un milieu matériel est nécessaire. Bien que la matière ne se déplace pas, la propagation d'une onde s'accompagne de la propagation de l'énergie fournie par sa source.

1e – Etudes et mesure des ondes dans la matière

Lorsqu'il y a un mouvement de matière tangible et « à l'échelle humaine », la mesure du mouvement en un ou plusieurs points suffit à étudier et caractériser l'onde. Ex. : cas de la houle.

Dans le cas du son (vibration de l'air), le mouvement est intangible. La vibration est captée par un système qui y est sensible (micro, oreille). Ce système transforme la perturbation en un signal électrique qui peut ensuite être traité (cerveau, système d'enregistrement). *Cf. aussi §3 – ondes sonores*

Lors d'un tremblement de terre, le mouvement est tangible mais inattendu et à grande échelle. Un sismomètre (ou sismographe) permet de détecter les ondes sismiques. On appelle sismogramme l'enregistrement temporel du déplacement de la Terre suivant une direction.



La magnitude M d'un séisme (grandeur sans unité) est généralement mesurée selon l'échelle de Richter. C'est une échelle de mesure de l'énergie libérée au foyer du séisme, indépendamment du lieu d'observation. L'échelle de Richter est logarithmique : une augmentation d'une unité correspond à une multiplication par 10 de l'amplitude du phénomène étudié.

$$M = \log\left(\frac{y_{max}}{y_0}\right) \text{ avec } \begin{cases} Y_{max}\text{ : amplitude maximale du sysmographe (m)} \\ y_0\text{ : dépend de la distance du sismomètre à l'épicentre du séïsme (m)} \\ M\text{ : magnitude (sans unité)} \end{cases}$$

2 – Caractéristiques des ondes

2a – Ondes progressives

Définitions : On appelle perturbation une modification locale et temporelle des propriétés physiques d'un milieu.

On appelle onde progressive le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu (qui peut être le vide pour une OEM) sans transport de matière.

Lors de la propagation, la matière peut s'écarter temporairement de sa position initiale. Cet écart est appelé élongation.

Propagation : L'onde est dite transversale si elle provoque une perturbation de direction perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.
C'est le cas, par exemple, de l'ondulation verticale d'une corde posée au sol : 
L'onde se propage horizontalement, chaque point subit un déplacement vertical avant de retrouver sa position initiale.

L'onde est dite longitudinale si elle provoque une perturbation de direction parallèle à la direction de propagation de l'onde. Ex. : contraction / élongation d'un ressort.

Une onde se propage, à partir de la source, dans toutes les directions qui lui sont offertes. On distinguera ainsi :

- Les ondes à une dimension : la propagation a lieu dans une seule direction, mais éventuellement dans les deux sens. Ex. : ondulation d'une corde.
- Les ondes à deux dimensions : la propagation a lieu dans un plan. Ex. : ondes à la surface de l'eau.
- Les ondes à trois dimensions : elle se propage dans toutes les dimensions de l'espace. Ex. : ondes sonores.

Célérité : On appelle célérité v de l'onde sa vitesse de propagation (en $m.s^{-1}$). C'est le rapport entre la distance d parcourue par l'onde (en m) et la durée Δt du parcours (en s). La célérité d'une onde dépend des caractéristiques du milieu (densité, température, …)
Nota : On préfère le mot célérité au mot vitesse auquel est associé la notion de déplacement de matière.

Retard : On appelle retard la durée Δt (en s) mise par une onde pour se propager avec la célérité v (en $m.s^{-1}$) sur une distance d (en m).

2b – Ondes progressives périodiques - Ondes progressives sinusoïdales

Rappels : Un mouvement périodique est un mouvement qui se répète à intervalles de temps égaux.

La période d'un phénomène périodique est la durée au bout de laquelle le phénomène se répète identique à lui-même (même valeur, même évolution). On la note T et elle s'exprime en secondes (s).

La fréquence d'un phénomène périodique représente le nombre de phénomènes effectués par seconde. On la note généralement f, son unité est le hertz (Hz). La fréquence est l'inverse de la période.

Lorsque la célérité d'une onde dépend de sa fréquence, alors le milieu de propagation est dit dispersif.

Double périodicité :

- ***Temporelle*** : Prenons l'exemple de l'ondulation périodique d'une corde, de période T (onde périodique à une dimension de propagation). Le mouvement de chaque point de la corde est également périodique de période T.
- ***Spatiale*** : A un temps t quelconque, l'aspect de la corde est également une fonction périodique. On définit alors la longueur d'onde λ (en m) comme étant la période spatiale de

l'onde. C'est également la distance parcourue par une perturbation pendant une durée correspondant à une période. $\boldsymbol{\lambda = v\, x\, T = v/f}$

➔ ***Propriétés*** : Deux points distants de λ subissent toujours la même perturbation (même valeur, même évolution) : on dit qu'ils vibrent en phase.

Onde périodique sinusoïdale :

Une onde périodique est sinusoïdale lorsque la perturbation en un point M quelconque peut être modélisée par une fonction sinusoïdale.

Ex. : Dans le cas d'une corde ondulant sinusoïdalement, l'élongation d'un point M pourra être modélisée par une fonction du type $x_M(t) = X_{max}.\cos(\frac{2\pi}{T}t + \varphi)$

➔ ***Propriétés*** : Deux points distants de λ/2 subiront toujours des perturbations de signes opposés : on dit qu'ils vibrent en opposition de phase.

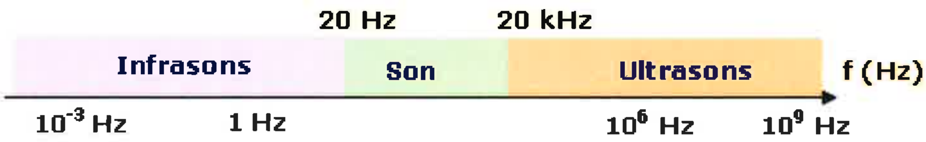
3 – Ondes sonores et ultrasonores

3a – Définition – domaine de fréquence

Un son est un phénomène périodique de nature ondulatoire. Les ondes sonores sont produites par les vibrations périodiques d'un solide qui comprime et détend successivement la couche d'air avec laquelle il est en contact. Cette suite de compressions et de dilatations se propagent dans l'air. Le son est donc une onde mécanique progressive longitudinale. La fréquence de l'onde produite correspond à la fréquence de vibration de sa source.

Les récepteurs (oreille, micro) sont des systèmes sensibles à ces compressions / décompressions ; ils se mettent à vibrer et transforme la vibration reçue en un signal (nerveux ou électrique).

L'être humain peut entendre des sons dont les fréquences s'étalent de **20Hz à 20 kHz** environ. Les sons graves ont des fréquences faibles, les sons aigus de hautes fréquences.



3b – Intensité sonore et niveau sonore

Une onde sonore émet un son avec une certaine puissance acoustique notée P, exprimée en watts.

On appelle intensité sonore (ou intensité acoustique) la puissance reçue par unité de surface. Elle se note I et s'exprime en $W.m^{-2}$. Le seuil d'audibilité est de l'ordre de **Io = 1,0 x 10^{-12} W/m²**. Le seuil de douleur est voisin de 25 W/m².

On définit le niveau d'intensité sonore L (de l'anglais "level") qui est plus facile à exploiter et est relié à l'intensité sonore par :

$$\boxed{L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)} \text{ avec } \begin{cases} L\text{: niveau sonore (dB)} \\ I\text{: Intensité sonore } (W.m^{-2}) \\ I_0 = 10^{-12} W.m^{-2} \end{cases}$$

Le niveau d'intensité sonore se mesure à l'aide d'un sonomètre.

3c – Aspects ondulatoires

A l'aide d'un microphone, il est possible de convertir les variations de pression liées au son en une tension. On peut ainsi « visualiser le signal sonore » sur un oscilloscope, par exemple.

Si l'enregistrement d'une onde sonore donne un signal sinusoïdal alors le son est qualifié de pur.

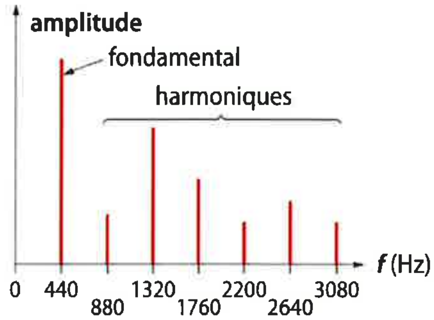
Si l'enregistrement donne un signal périodique mais non sinusoïdal alors le son est qualifié de complexe. Dans ce cas, il est possible de décomposer le signal sonore u(t) de fréquence f, en une somme infinie de signaux sinusoïdaux : c'est la décomposition de Fourier du signal.

$$u(t) = A_1 \sin(2\pi.f.t) + A_2 \sin(2\pi.2f.t) + A_3 \sin(2\pi.3f.t) + \cdots$$

Un signal périodique de fréquence f est donc une superposition de signaux sinusoïdaux :

- un signal sinusoïdal à la fréquence f nommée fondamental ou première harmonique ;
- un signal sinusoïdal à la fréquence 2f, la deuxième harmonique ;
- un signal sinusoïdal à la fréquence 3f, la troisième harmonique ; etc…

La représentation de l'amplitude des harmoniques (Ai) en fonction de la fréquence constitue le spectre du signal sonore.



Spectre en fréquences d'un La

3d – Hauteur et timbre d'un son

L'analyse spectrale d'un son donne :

- la hauteur du son liée à la fréquence f du fondamental.
- le timbre du son lié au nombre et à l'amplitude des harmoniques.

Hauteur d'un son : La hauteur d'un son dépend de la fréquence du fondamental : lorsque celle-ci est faible le son est grave tandis que lorsqu'elle est élevée le son est aigu.

Octaves : En musique, les fréquences (donc les hauteurs) sont associées à des notes. Si la fréquence est multipliée par deux, on obtient la même note mais on passe à l'octave supérieure. À l'inverse si la fréquence est divisée par deux, on obtient la même note mais on passe à l'octave inférieure. Le domaine 20Hz – 20kHz contient 10 octaves, numérotées à partir de 0.

Ex. : La note « sol » correspond à la fréquence f = 392 Hz (octave 3), mais aussi à 784 Hz (octave 4), 196 Hz (octave 2), etc.

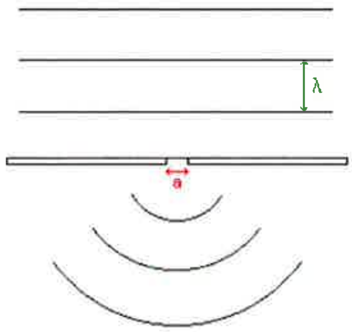
Timbre d'un son : Le timbre d'un son dépend du nombre d'harmoniques qui accompagnent le fondamental ainsi que de leur amplitude. Chaque instrument possède son propre timbre ; ainsi une note de hauteur donnée n'est pas perçue de la même manière selon qu'elle est jouée par une guitare ou par un piano. Le timbre du son est différent.

4 – Propriétés des ondes

4a – Diffraction

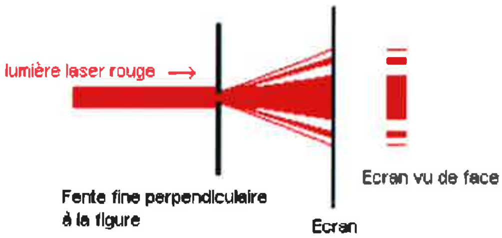
La <u>diffraction</u> est une modification de la direction de propagation d'une onde (mécanique ou électromagnétique) lors de sa rencontre avec un obstacle ou une ouverture. La diffraction est nettement observée lorsque la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle est <u>du même ordre de grandeur, ou inférieure, à la longueur d'onde</u>.

L'onde diffractée et l'onde incidente ont la <u>même période</u>, la <u>même célérité</u> et, par conséquent, la <u>même longueur d'onde</u>.

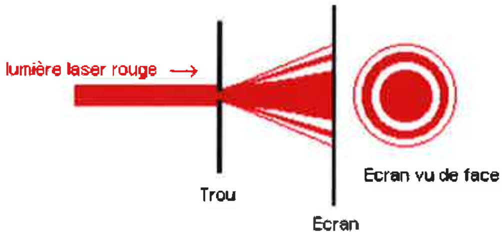


Diffraction de la houle par une digue

Cas d'une lumière monochromatique : Si on place une fente fine ou un trou sur le trajet d'un faisceau laser He-Ne (rouge), on observe des franges de diffraction.

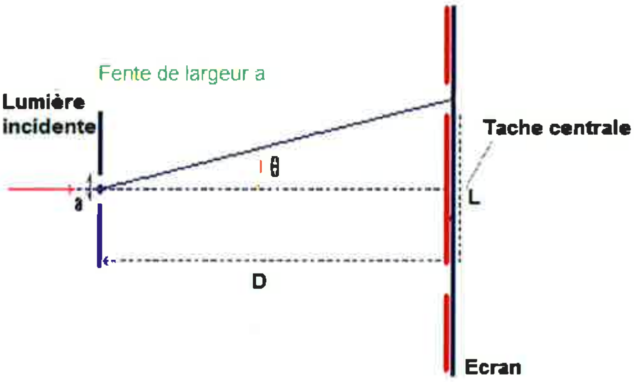


Diffraction par une fente fine et longue



Diffraction par une ouverture circulaire étroite

Soit a la largeur de l'orifice (ou de l'obstacle) et λ la longueur d'onde. La théorie et l'expérience permettent de dire que le "demi-angle de diffraction" a pour valeur θ (thêta) : $\boldsymbol{\theta = \frac{\lambda}{a}}$



θ est <u>l'écart angulaire</u> en radian (rad) ; λ et a ont la même unité.

On remarque que $\tan\theta = \frac{L/2}{D}$ or pour des petits angles (θ << 1 rad), on peut faire l'approximation tan θ = θ. Il vient $\frac{\lambda}{a} = \frac{L/2}{D}$

Cas de la lumière blanche : Si on envoie un faisceau de lumière blanche sur une fente fine et longue, on observe sur l'écran des taches irisées. Chaque radiation donne sa propre figure de diffraction. La tache centrale est blanche bordée de rouge. En effet, au centre, toutes les radiations sont présentes mais la tache rouge est plus large que les autres car la longueur d'onde du rouge est la plus grande donc l'écart angulaire aussi. Les taches latérales sont également irisées.

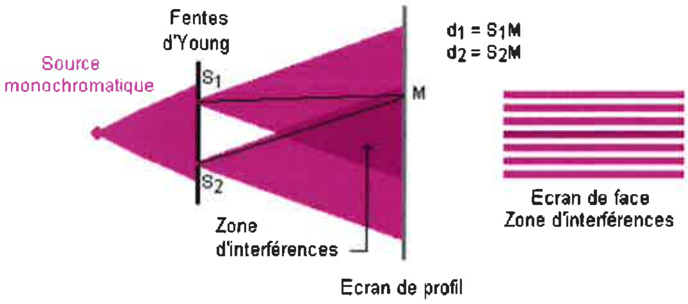
Nota : Dans le cas des ondes lumineuses, la diffraction s'observe avec des ouvertures ou des obstacles de dimensions d'ordre de grandeur jusqu'à 100 fois plus grandes que la longueur d'onde.

4b – Interférences

Lorsque plusieurs ondes de même nature se propagent dans une région de l'espace, elles se superposent et interagissent entre elles : c'est le phénomène d'interférences.

En optique, les interférences s'observent avec deux sources lumineuses cohérentes, c'est-à-dire de même fréquence, et possédant une différence de phase constante (voire nulle si les deux sources sont en phase), on dit alors qu'elle sont synchrones.

En pratique pour obtenir deux sources lumineuses cohérentes, on utilise deux images d'une même source (miroirs de Fresnel) ou on éclaire deux fentes avec la même source (fentes d'Young).



Soient deux ondes monochromatiques issues de deux sources cohérentes S_1 et S_2 qui interfèrent en un point M.

On appelle différence de marche **δ** au point M la différence entre les deux distances d_1 et d_2 de chacune des deux sources au point M.

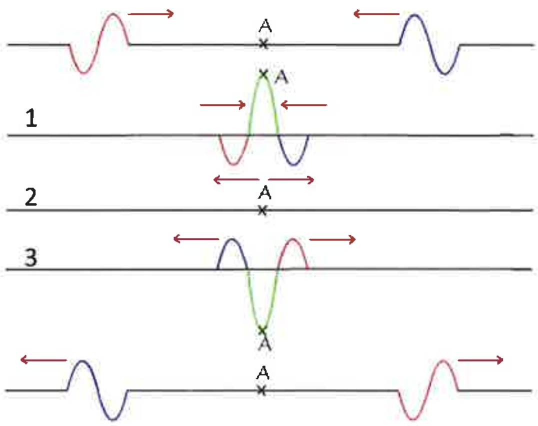
$$\delta = d_2 - d_1$$

δ est une grandeur algébrique.

- Si S_1 vibrait seule, le retard de l'onde en M serait $\tau_1 = d_1/v$
- Si S_2 vibrait seule, le retard de l'onde en M serait $\tau_2 = d_2/v$

➔ Si $\Delta t = |\tau_2 - \tau_1| = k.T$ alors $\delta = k.\lambda$: Les deux ondes arrivent en phase et l'amplitude de l'onde résultante est maximale (*Cas 1 ou milieu de frange brillante*). Les interférences sont constructives.

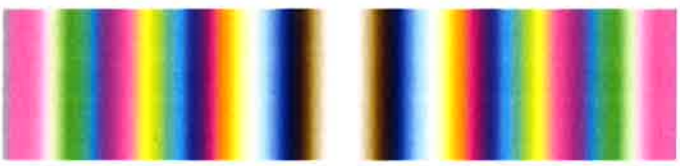
➔ Si $\Delta t = |\tau_2 - \tau_1| = (2k+1).\frac{T}{2}$ alors $\delta = (2k+1).\frac{\lambda}{2}$: Les deux ondes arrivent en opposition de phase et l'amplitude de l'onde résultante est minimale (*Cas 3*) ou nulle (*Cas 2 ou milieu de frange sombre*). Les interférences sont destructives.



Interférence de 2 ondes mécaniques

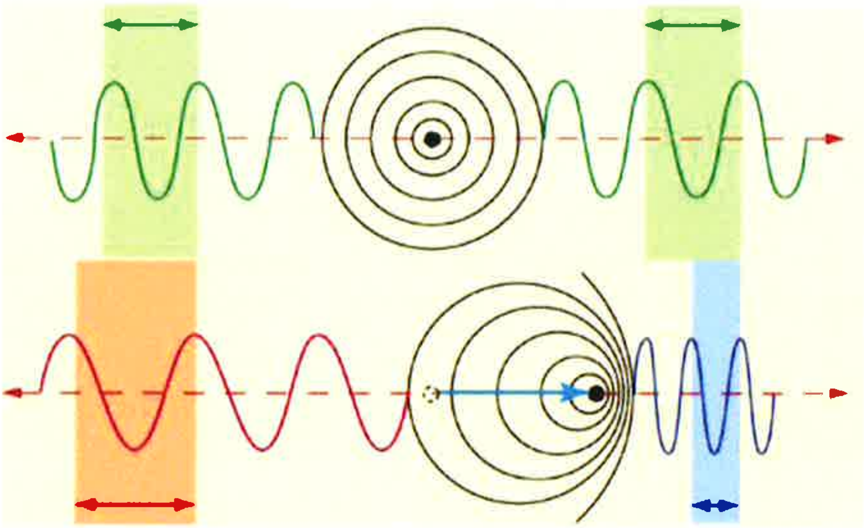
➔ La distance qui sépare les milieux de deux franges consécutives de même nature est appelée interfrange (notée i) et s'exprime $\boldsymbol{i} = \frac{\boldsymbol{\lambda . D}}{\boldsymbol{a}}$ où a est la distance S_1S_2 et D la distance des sources à l'écran.

Cas de la lumière blanche : Si la source émet de la lumière blanche, chaque radiation produit une figure d'interférence différente. Les franges des différentes couleurs se brouillent et seules quelques franges colorées sont observées au centre de la figure d'interférences : ce sont les couleurs interférentielles.



4c – Effet Doppler

L'effet Doppler est le changement apparent de la fréquence d'une onde reçue par un observateur mobile par rapport à une source émettrice fixe ou bien par un observateur fixe par rapport à une source émettrice mobile.



Une onde mécanique ou électromagnétique, de célérité V et émise avec une fréquence f_E, est observée avec une fréquence f_O différente lorsque l'émetteur se déplace avec une vitesse V_E par rapport à l'observateur (toutes les grandeurs sont positives) :

- quand la source d'onde se rapproche de l'observateur avec la vitesse V_E : $f_O = f_E V / (V - V_E)$
- quand la source d'onde s'éloigne de l'observateur avec la vitesse V_E : $f_O = f_E V / (V + V_E)$

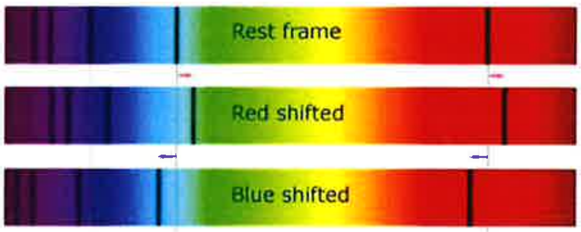
Ces expressions peuvent aisément se réécrire :

- $V_E = V (f_O - f_E) / f_O$ quand la source d'onde se rapproche de l'observateur à la vitesse V_E
- $V_E = V (f_E - f_O) / f_O$ quand la source d'onde s'éloigne de l'observateur avec la vitesse V_E

➔ La différence $\Delta f = f_O - f_E$ s'appelle décalage Doppler.

➔ C'est ainsi que l''effet Doppler permet de mesurer la vitesse relative V_E d'une source d'onde mobile par rapport à un observateur fixe ou d'un observateur mobile par rapport à une source fixe.

➔ L'effet Doppler permet également de calculer la vitesse d'éloignement ou d'approche des étoiles en comparant les longueurs d'onde de son spectre d'absorption à celles d'un spectre de référence. Lorsqu'une étoile s'éloigne de la Terre, on observe un décalage des raies vers les grandes longueurs d'onde (vers le rouge pour les raies du visible); ce décalage vers le rouge est appelé « redshift ». Inversement, on observe du « blueshift » si elle se rapproche. C'est l'effet Doppler-Fizeau.



Effet Doppler observé sur les raies de l'hydrogène

DEVOIR 1

Exercice 1 :

Le caractère ondulatoire de la lumière fut établi au XIX[e] siècle par des expériences d'interférences et de diffraction montrant, par analogie avec les ondes mécaniques, que la lumière peut être décrite comme une onde.

I. Diffraction de la lumière

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ.
A quelques centimètres du laser, on place des fils verticaux de diamètres connus. On désigne par a le diamètre d'un fil.
La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance D = 1,60 m des fils, Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tache centrale.
A partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer la demi-ouverture angulaire θ du faisceau diffracté **(fig. 2)**.

a) L'angle θ étant petit, $\tan\theta = \theta$ (avec θ en radians).
Donner la relation entre L et D qui a permis de calculer θ pour chacun des fils.

b) Donner la relation liant θ, λ et a et leurs unités.

c) On trace la courbe $\theta = f(1 / a)$. **(fig. 3)**
Montrer que la courbe obtenue est accord avec l'expression de θ donnée à la question I.b

d) Comment pourrait-on déterminer graphiquement la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée ?

e) En utilisant **la figure 3**, préciser parmi les valeurs de longueurs d'onde proposées ci-dessous, quelle est celle de la lumière utilisée.
560 cm, 560 m, 560 µm, 560 nm

f) Les résultats précédents seraient-ils modifiés en remplaçant un fil de diamètre a par une fente d'épaisseur a ?

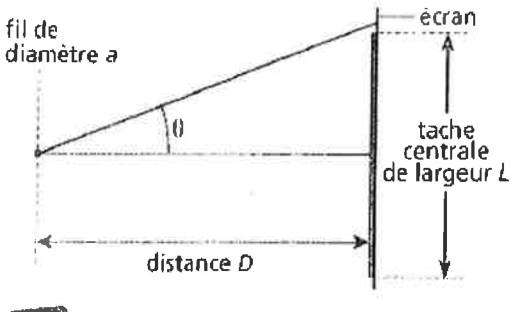


Fig. 2

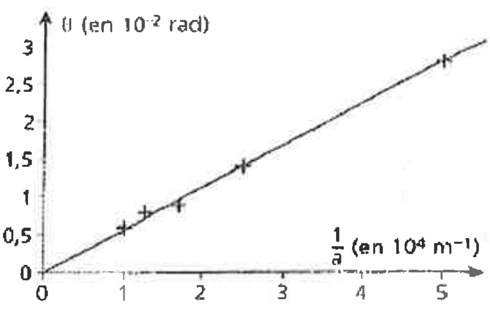


Fig. 3

II. Mesure de longueur d'onde par interférences

Le fil ou la fente est remplacé par un écran percé de deux fentes distantes de a. **(fig. 4)**. Des franges **(fig. 5)** sont observées sur un écran situé à D = 3,0 m.

1) A quelle condition les interférences sont-elles constructives ? Destructives ? Expliquer qualitativement pourquoi l'intensité de la lumière sur l'écran dépend de la position y sur l'écran. Qu'est-ce qui est observé au centre de l'écran, en y = 0 ?

2) La largeur sur l'écran d'un ensemble de six franges consécutives est 25mm. Sachant que la distance entre les centres de deux franges (interfrange) est constante et égale à $i = \lambda D/a$, et que l'écart a entre les fentes est a = 0,40 mm, quelle est la longueur d'onde ? Pourquoi mesurer six franges au lieu d'une ?

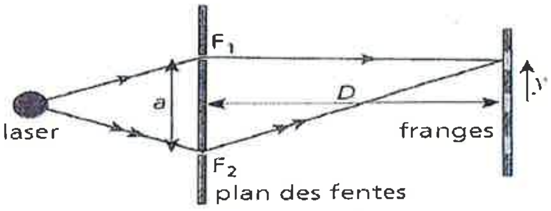


Fig. 4

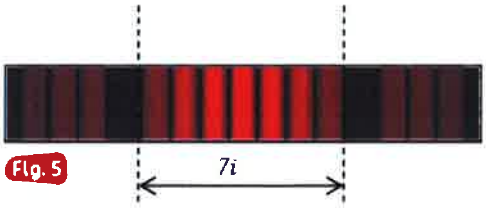


Fig. 5

Exercice 2 :

I -Expérience historique de l'effet Doppler

- Afin de vérifier la théorie de *C.Doppler*, le scientifique *C.Buys-Ballot* a réalisé l'expérience suivante : Trois musiciens à bord d'un train jouent la même note de musique de fréquence f_E. D'autres musiciens postés le long
- de la voie ferrée observent la situation et tentent d'identifier la note entendue lors de l'approche du train (voir *doc.1*).

doc.1 Observateurs sur le quai à l'approche du train

- Etudions les deux cas suivants : Dans le référentiel terrestre, le train est tout d'abord immobile (partie **1**) ; Puis, il s'approche de la gare à vitesse constante (partie **2**).

Note	Fa	Fa$^{\#}$	Sol	La$^{\flat}$	La	La$^{\#}$	Si
f (en Hz)	349	370	392	415	440	466	494

Fréquence des notes de musique

Données : Célérité du son dans l'air : c = 340 m.s^{-1}

Partie 1-Train immobile

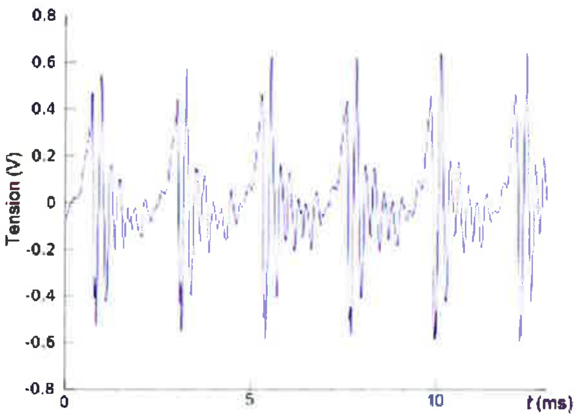
L'onde sonore produite par les musiciens est une onde, mécanique, audible, périodique et progressive.

2.1. Définir chacun des cinq mots soulignés.

Le train, immobile, est situé à la distance d = 150 m de la gare.

2.2. Calculer la durée mise par le son pour parvenir jusqu'aux observateurs ?

Dans le train, le voyageur réalise l'acquisition du son puis visualise le signal ***(document 2)***



2.3. Ce son est-il pur ou complexe ? Justifier.

2.4. Déterminer de façon précise la période temporelle T de ce signal.

2.5. En déduire la valeur de sa fréquence f_E.

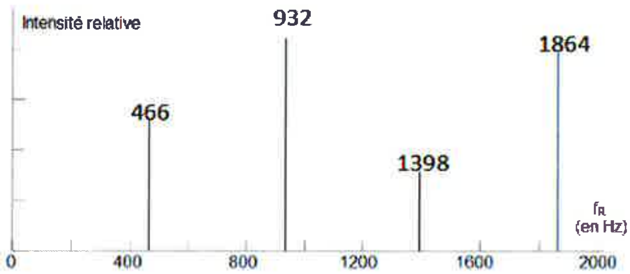
2.6. Quelle est la note jouée par les musiciens ?

2.7. Calculer la longueur d'onde λ de cette onde.

Partie 2-Train en mouvement rectiligne uniforme

Lorsque le train s'approche de la gare, les observateurs réalisent à leur tour l'acquisition du son reçu. Puis, par transformée de Fourier, ils visualisent son spectre en fréquence ***(document3)***.

Document 3- Analyse spectrale du son



2.1. À partir de cette analyse spectrale, indiquer la valeur de la fréquence f_R de la note entendue par les observateurs .

2.2. Le son perçu est-il plus aigu , le même ou plus grave que le son produit par les musiciens ? Justifier.

2.3. Expliquer le phénomène à l'origine du décalage des fréquences entre l'onde émise et l'onde perçue.

La relation permettant de calculer la vitesse v d'un émetteur sonore s'approchant d'un observateur immobile est : $f_R = f_E \times (1 + \frac{v}{c})$

2.4. Par analyse dimensionnelle, justifier que l'unité de la fréquence f_R est bien exprimée en hertz.

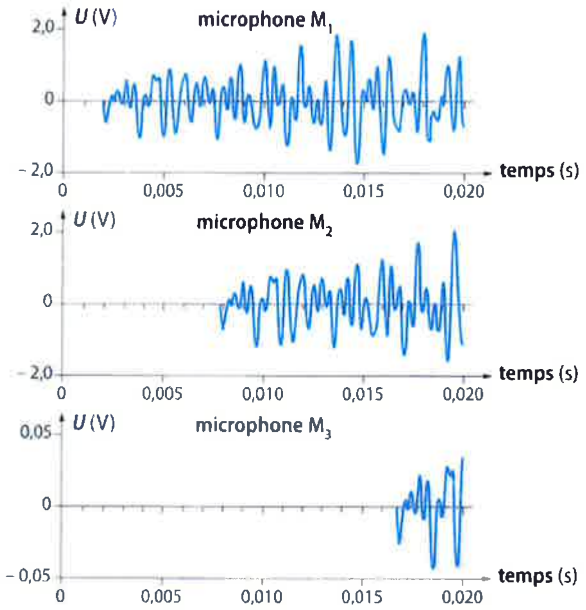
2.5. Exprimer la vitesse v de déplacement du train en fonction de f_R, f_E et c. Calculer v en $m.s^{-1}$.

Exercice 3 :

A-Détermination de la célérité du son dans l'air.

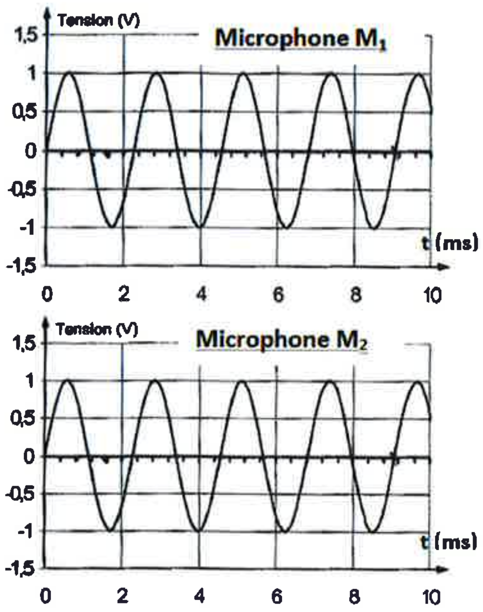
Partie 1-Première méthode.

Pour déterminer la célérité du son dans l'air, un élève aligne trois microphones M_1, M_2 et M_3 de telle manière que les distances M_1M_2 et M_2M_3 valent respectivement 2,00 m et 3,00 m. Les signaux électriques correspondant aux sons reçus par les microphones sont enregistrés grâce à un ordinateur. Il souffle dans une flûte devant le premier micro M_1, puis lance immédiatement l'enregistrement. *Les courbes obtenues sont représentées ci-après.*



1.1. Calculer la célérité de l'onde sonore pour la distance M1M2 puis pour la distance M2M3.

1.2. Les résultats obtenus sont-ils cohérents ? Justifier.



Partie 2-Deuxième méthode.

L'élève dispose maintenant les deux microphones M_1 et M_2 à la même distance *d* d'un diapason. Il obtient les courbes représentées ci-après. On remarque que les signaux sont en phase.

L'élève éloigne le microphone M_2 peu à peu jusqu'à ce que les courbes soient de nouveau en phase. Il réitère l'opération jusqu'à compter cinq positions pour lesquelles les courbes sont à nouveau en phase. La distance D entre les deux microphones est alors égale à 3,86 m.

2.1. Déterminer la période du son émis par le diapason.

2.2. Pourquoi compte-t-on plusieurs retours de phase plutôt qu'un seul ?

2.3. Définir la longueur d'onde. Déduire sa valeur numérique de l'expérience précédente.

2.4. Calculer alors la célérité de l'onde.