



Sciences physiques

*Prépare-toi à l'examen national
Du baccalauréat marocain*



Sections internationales, option français : SM et PC

*Résumé du cours
Exercices progressifs
Et de synthèses
Avec indications*

Avant-propos

<< Invention et génie ne peuvent se passer de savoir ni de méthode >>

Jacques Copeau

Ce livre est en conformité avec le programme officiel en vigueur, rédigé d'une manière méthodique, simple et progressif.

Afin qu'il soit un outil unique pour préparer efficacement les contrôles, le baccalauréat, les examens ou les concours selon les cas, chaque partie contient :

- ✓ Les méthodes essentielles.*
- ✓ Les astuces à connaître et les erreurs à éviter.*
 - ✓ Des conseils pour préparer les contrôles.*
- ✓ Des exercices de synthèses et leurs indications*

Bon travail

Quelques conseils pour l'épreuve écrite de physique chimie

- Lire la totalité de l'exercice pour comprendre le but de celui-ci et repérer des résultats donnés ainsi que les annexes à compléter
- Surligner les données
- Lisez attentivement la question.
- Indiquez la numérotation de la question.
- Écrivez lisiblement en détaillant votre raisonnement (le correcteur peut en tenir compte pour arrondir la note)
- Tracez à la règle un schéma
- Ne pas écrire au crayon de papier (sauf pour construire un graphe)
- Respectez les notations des grandeurs données
- Avant tout calcul, réfléchissez aux conversions nécessaires et à l'unité du résultat.
- Donnez d'abord un résultat sous forme littérale puis faire l'application numérique.
- Encadrez le résultat littéral et souligner le résultat numérique.
- Ne pas oublier les unités
- Si vous n'arrivez pas à traiter la question, continuez l'exercice, il y a assez souvent des questions indépendantes

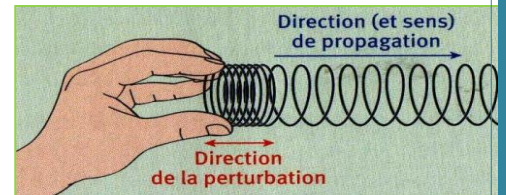
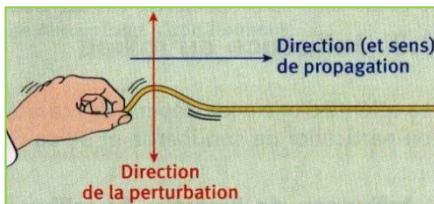
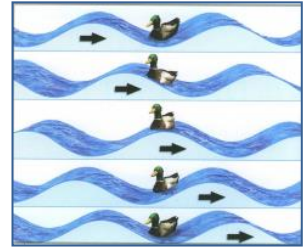
A la fin de l'épreuve, relisez votre copie

Bon courage et bonne chance

Physique 1 : Les ondes progressives

1) Onde mécanique progressive :

- Une onde mécanique progressive est une perturbation qui se propage dans un milieu matériel sans transport de matière.
- Une onde mécanique peut être transversale ou longitudinale :
 - L'onde est transversale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation atteint par la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.
 - L'onde est longitudinale lorsque le déplacement est parallèle à la direction de propagation, la perturbation s'accompagne alors de compression ou de dilatation du milieu.

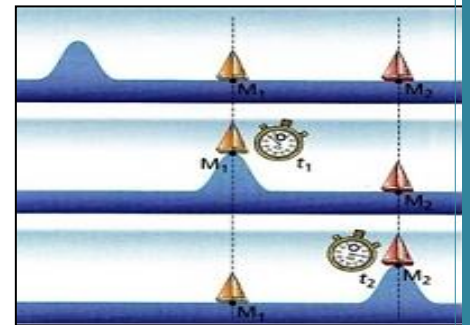


2) Célérité d'une onde :

- La célérité d'une onde mécanique progressive correspond à la vitesse de déplacement de la perturbation dans le milieu de propagation . Elle est égale à la distance d parcourue par la perturbation divisée par la durée Δt du parcours.

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

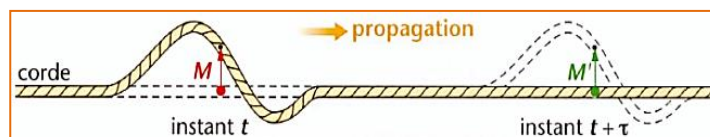
(m / s) (m) (s)



- Retard temporel :

Lorsque une onde se propage dans un milieu de M à M' , le point M' subit à l'instant t' la même perturbation qui existait en M à l'instant $t = t' - \tau$.

Le retard τ du passage de la perturbation en M' est :
$$\tau = \frac{MM'}{v}$$

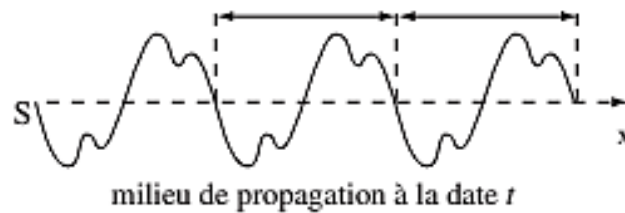


3) Ondes progressives périodiques :

- Une onde mécanique progressive est dite périodique si sa source émet une perturbation périodique de période T . Chaque point du milieu subit alors la même perturbation à intervalles de temps égaux à T , période temporelle de l'onde. A un instant quelconque, une photographie du milieu montre l'existence d'une périodicité spatiale de l'onde progressive.

Physique 1 : Les ondes progressives

Exemple : onde progressive dans un milieu à une dimension de direction (Sx).



Deux points séparés d'une période spatiale ont le même mouvement au même instant.

4) Ondes sinusoïdales :

- Une onde mécanique progressive périodique est sinusoïdale si sa source a un mouvement sinusoïdal.
- Une onde sinusoïdale transversale a, à un instant donné, la forme d'une sinusoïde.

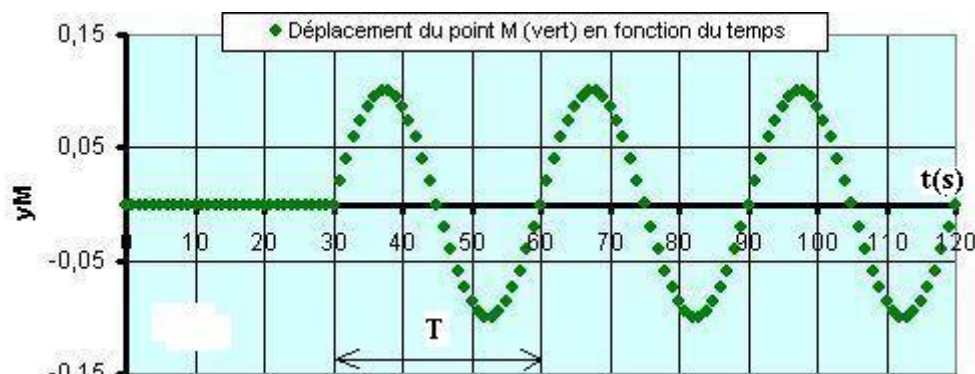


La période correspondante s'appelle longueur d'onde ; elle est notée λ .

La longueur d'onde est la longueur d'un cycle complet. Un cycle complet est la distance minimale entre deux points qui exécutent la même sorte de mouvement.

- La fréquence (notée f , N ou ν) est le nombre de cycles par unité du temps. Pour mesurer la fréquence d'une onde, on compte le nombre d'ondes complètes (cycles) qui se forment en un point donné durant une seconde.
- La période T d'une onde est la durée d'un seul cycle. Cette grandeur se mesure en seconde (s).

Elle est l'inverse de la fréquence :
$$T = \frac{1}{f}$$



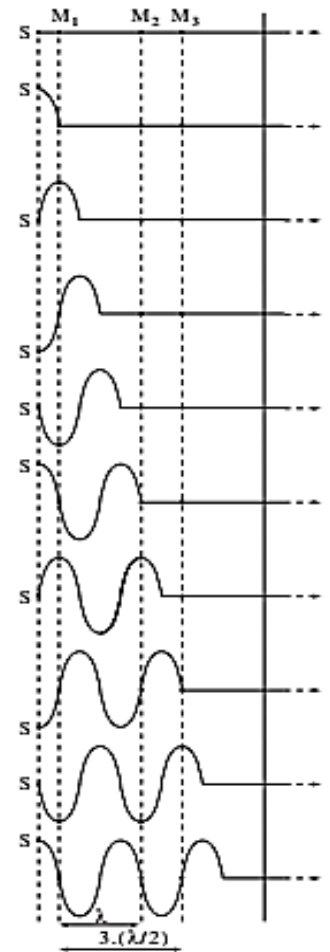
- Pendant la durée T l'onde parcourt la distance λ , on a :
$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot N$$
- Les points distants d'un nombre entier de longueurs d'onde sont dits en phase : $d = k \cdot \lambda$, Avec k entier (par exemple : M_1 et M_2 ).

Physique 1 : Les ondes progressives

- Les points distants d'un nombre impair de demi-longueurs d'onde sont dits en opposition

de phase : $d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ avec k entier (par exemple : M_1 et M_3)

La figure ci-contre représente des photographies, A différents dates , d'une corde parcourue par une onde Progressive sinusoïdale . La source vibrante (S) vibre avec une période T.



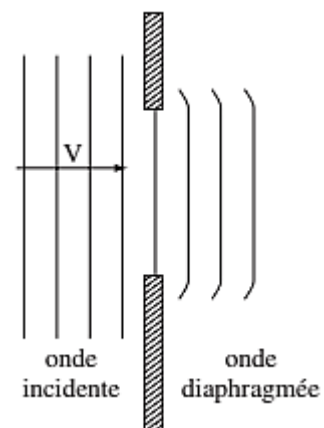
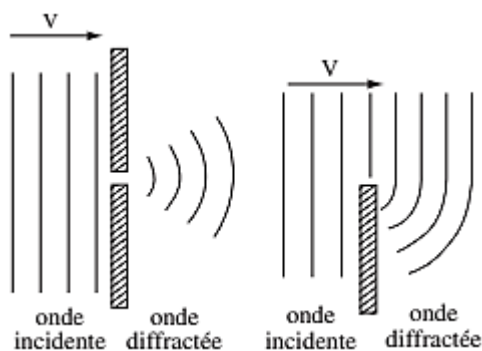
5) phénomènes de diffraction et de dispersion :

- Lorsqu'on interpose un diaphragme de petite dimension dans le faisceau d'une onde progressive, le faisceau s'élargit : c'est le phénomène de diffraction. De manière générale, il y a diffraction chaque fois qu'une onde rencontre un obstacle .
- Lorsqu'une onde progressive sinusoïdale, de longueur d'onde λ , Passe au travers d'une ouverture de dimension d :

si $d \approx \lambda$ ou $d < \lambda$, l'onde est diffractée et elle prend la forme d'une onde circulaire centrée sur l'ouverture .

si $d > \lambda$, l'onde passe sans être perturbée . Elle est seulement diaphragmée (sauf près des bords où l'on retrouve une diffraction mais très négligeables en général) .

Le passage par une ouverture , quelle que soit sa dimension d , ne modifie ni la longueur d'onde λ ni la fréquence ν de l'onde progressive .

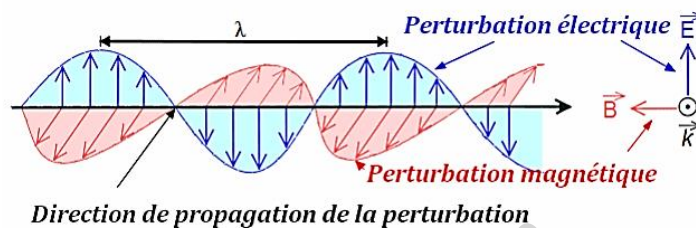


- Un milieu est dit dispersif pour une onde progressive sinusoïdale si la célérité de l'onde dépend de sa fréquence .
Certains milieux sont dispersifs : c'est le cas de l'eau .
Certains milieux sont non dispersifs : c'est le cas de l'air .

Physique 1 : Les ondes progressives

❖ Remarques :

- Une onde mécanique est une onde qui a besoin d'un milieu matériel (solide, liquide ou gazeux) pour se propager. Elle provient d'une perturbation locale qui modifie l'état physique du milieu. Les modifications sont transmises aux particules adjacentes, la propagation se fait de proche en proche (progressive).
- Par contre une onde électromagnétique (lumière) est une onde progressive qui peut se propager autant dans le vide que dans un milieu matériel.
Exemples : les ondes radio, les rayons infrarouges, les rayons UV, les rayons X, les rayons gamma.
Les ondes électromagnétiques sont des ondes sinusoïdales transversales, qui transportent de l'énergie rayonnante, comme la lumière.



6) La lumière :

- La lumière résulte en général de la superposition d'ondes électromagnétiques de différentes longueurs d'onde. Une lumière monochromatique (couleur unique) correspond à une onde sinusoïdale de fréquence bien déterminée.
 - Dans le vide, la lumière se propage dans toutes les directions de l'espace à la vitesse : $c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ soit environ $3\cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - La longueur d'onde λ_0 dans le vide, la fréquence ν et la période T sont liées par : $\lambda_0 = c\cdot T = \frac{c}{\nu}$
 - Le domaine de la lumière visible par l'œil humain correspond aux longueurs d'onde (dans le vide) comprises entre $0,4\mu\text{m}$ et $0,8\mu\text{m}$ (400nm et 800nm).
 - Dans les milieux transparents, la lumière se propage à la vitesse v (inférieure à c) : $v = \frac{c}{n}$
Ou n est l'indice de réfraction du milieu.
Si n dépend de la fréquence (ou de la longueur d'onde dans le vide), le milieu est dit dispersif.
La plupart des milieux transparents ont un indice qui vérifie assez bien la formule simplifiée de Cauchy :
- $$n = A + \frac{B}{\lambda_0^2}$$
- On a alors $n_{\text{bleu}} > n_{\text{jaune}} > n_{\text{rouge}}$
- Quelques ordres de grandeurs d'indices :
air : $n \approx 1$; eau : $n = 1,33$; verres : n variant de $1,5$ à $1,8$ environ.

Physique 1 : Les ondes progressives

- Quand une onde lumineuse monochromatique passe d'un milieu à un autre sa fréquence reste inchangée, par contre sa vitesse v et sa longueur d'onde λ changent et on a :

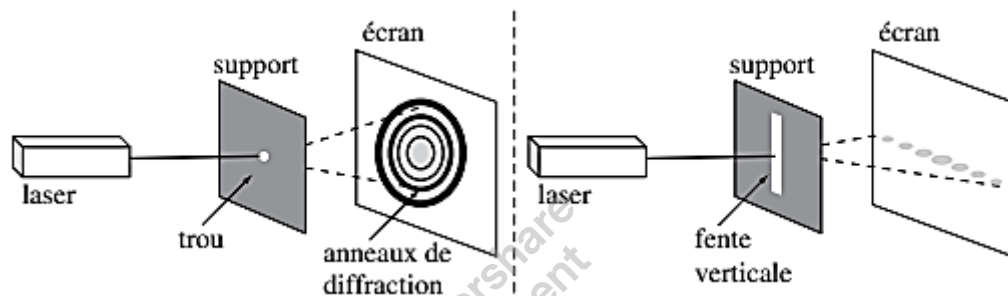
$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

n : l'indice du milieu
 λ : Longueur d'onde du milieu
 λ_0 : longueur d'onde dans le vide

couleur	longueur d'onde
limite de l'ultraviolet	400 nm
violet	420 nm
bleu	470 nm
vert	530 nm
jaune	580 nm
orange	600 nm
rouge	650 nm
limite de l'infrarouge	780 nm

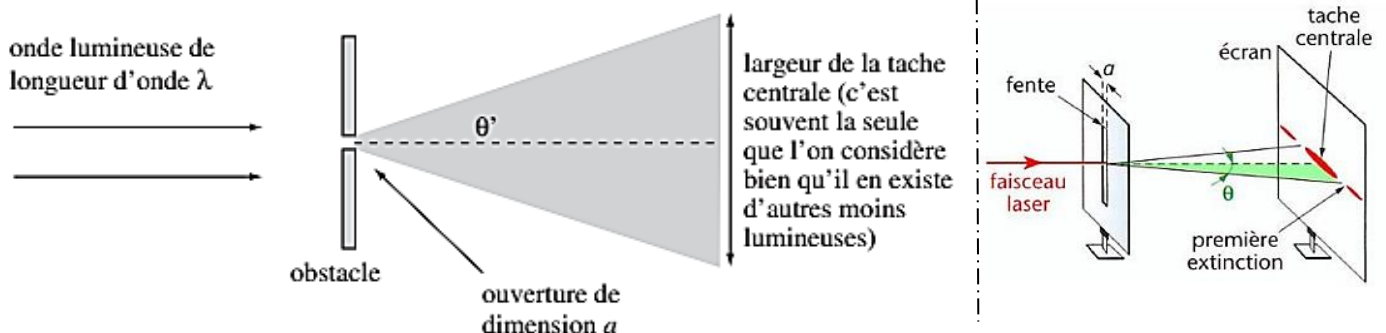
7) Diffraction de la lumière :

- Si on fait passer le faisceau laser à travers une ouverture circulaire de diamètre de l'ordre du dixième de millimètre, nous constatons que le faisceau émergent diverge. Nous observons sur l'écran un cercle brillant entouré d'anneaux noirs et brillants : la figure observée est appelée figure de diffraction.



- Remplaçons l'ouverture circulaire par une fente ; la lumière est diffractée dans une direction perpendiculaire à la fente.
- Un fil rectiligne diffracte la lumière de la même façon qu'une fente.
- L'existence du phénomène de diffraction de la lumière prouve son caractère ondulatoire.
- On admet, en première approximation, qu'une onde lumineuse traversant une petite fente de largeur a diverge en formant un cône de demi-angle au sommet θ appelé écart angulaire tel que :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}, \text{ avec } \theta \text{ exprimé en radian.}$$



Lorsque θ est petit, en appelant D la distance entre la fente et l'écran et L la largeur de la

tache centrale, on a :
$$\theta = \frac{L}{2.D}$$

8) dispersion de la lumière :

- dans certains milieux matériels transparents, la célérité de la lumière dépend de la fréquence de la lumière considérée. Comme dans le cas des ondes mécaniques, ces milieux sont dispersifs.

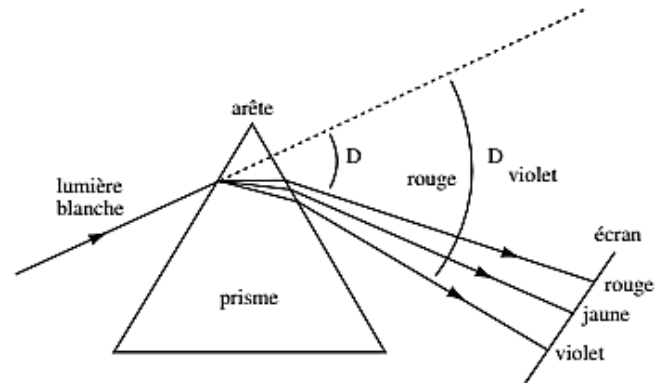
Physique 1 : Les ondes progressives

- L'indice de réfraction du milieu dépend donc dans ce cas non seulement du milieu mais aussi de la fréquence de l'onde lumineuse qui s'y propage.
- Eclairé de la lumière blanche, le prisme décompose cette lumière en un spectre coloré continu. Une tradition veut que l'on distingue sept couleurs (violet, indigo, bleu, vert, jaune, orange, rouge) dans ce spectre (arc-en-ciel) mais il est clair que la couleur varie continument du violet au rouge et qu'il y a donc une infinité de couleurs.
- Dans un milieu transparent comme le verre, Les diverses radiations n'ont pas la même vitesse :

Cette vitesse décroît des radiations rouge aux Radiations violettes. En conséquence, l'indice n du verre constituant un prisme décroît quant la longueur d'onde augmente :

$$n_{400\text{nm}} = 1,7 \quad \text{et} \quad n_{650\text{nm}} = 1,5 .$$

- Les radiations qui constituent la lumière Blanche ne subit pas la même réfraction. le violet est plus réfracté (plus dévié) que le jaune, qui lui-même est plus dévié que le rouge : c'est la dispersion de la lumière.



ici seuls 3 rayons sont représentés: en fait il y a toutes les couleurs de l'arc en ciel.

- Lois de Snell-Descartes :

A l'interface de deux milieux d'indices différents (dioptre) , un rayon lumineux donne naissance à un rayon réfléchi et à un rayon réfracté (transmis) , situés dans le plan d'incidence défini par le rayon incident et la normale locale au dioptre.

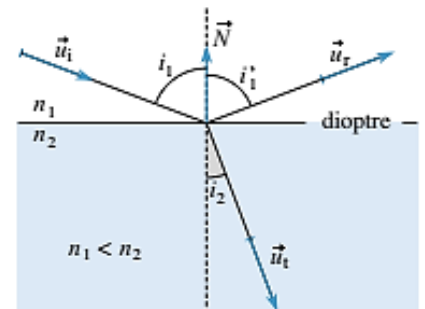


Figure réalisée avec $n_1 < n_2$.

- ✓ Réflexion : Le rayon réfléchi est symétrique au rayon incident par rapport à la normale à l'interface : $i'_1 = i_1$
- ✓ Réfraction : L'angle de réfraction i_2 est lié à l'angle d'incidence i_1 par : $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$.

Si $n_1 < n_2$ le rayon réfracté existe toujours. il s'approche de la normale.

Si $n_1 > n_2$ il y a réflexion totale lorsque l'angle d'incidence i_1 est plus grand que l'angle

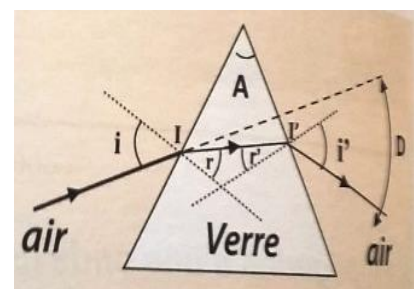
de réfraction limite i_L , tel que : $\sin i_L = \frac{n_2}{n_1}$

Cette propriété est utilisée dans les fibres optiques, les prismes à réflexion totale..... si le rayon réfracté existe , il s'écarte de la normale .

Les lois de Descartes obéissent au principe de retour inverse de la lumière : tout trajet suivi par la lumière dans un sens peut l'être dans le sens opposé.

Les quatres relations du prisme :

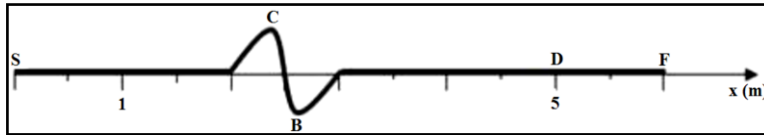
$n_1 \times \sin(i) = n_2 \times \sin(r)$ ^①	$A = r + r'$ ^③
$n_2 \times \sin(r') = n_1 \times \sin(i')$ ^②	$D = i + i' - A$ ^④



Physique 1 : Les ondes progressives

Exercice 1 : Perturbation le long d'une corde

Au cours d'une manipulation de cours, un élève crée une perturbation qui se propage le long d'une corde élastique. la scène est filmée et chronomètre est déclenché lorsque la perturbation quitte la main de l'élève repéré par le point S sur la corde. A l'aide du logiciel qui permet d'analyser la vidéo obtenue on isole une image reproduite ci-dessous à l'instant $t_1 = 3$ s.



- 1) l'onde est-elle transversale ou longitudinale ? L'onde transporte-t-elle de la matière ?
- 2) Représenter par un point A sur la corde, le front d'onde.
- 3) Déterminer la célérité de l'onde le long de la corde.
- 4) Quel va être le mouvement du point D ? Quel est la durée de ce mouvement ?
- 5) Représenter l'aspect de la corde à la date $t_2 = 4$ s. indiquer la position des points A, B et C.
- 6) Avec quel retard τ par rapport au point A, le point F commence-t-il à bouger ?

Exercice 2 : Séisme .

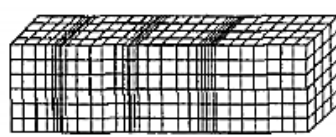
Lors d'un séisme, la Terre est mise en mouvement par des ondes de différentes natures, qui occasionnent des secousses plus au moins violentes et destructives en surface. On distingue :

- Les ondes P, les plus rapides, se propageant dans les solides et les liquides.
- Les ondes S, moins rapides, ne se propageant que dans les solides.

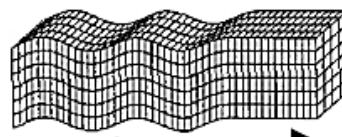
L'enregistrement de ces ondes par des sismographes à la surface de la Terre permet de déterminer l'épicentre du séisme (lieu de naissance de la perturbation). Les schémas A et B modélisent la progression des ondes sismiques dans une couche terrestre.

1) Les ondes P, appelées aussi ondes de compression, sont des ondes longitudinales. Les ondes S, appelées aussi ondes de cisaillement, sont des ondes transversales.

- 1-1) Définir une onde transversale.
- 1-2) Indiquer le schéma correspondant à chaque type d'onde.

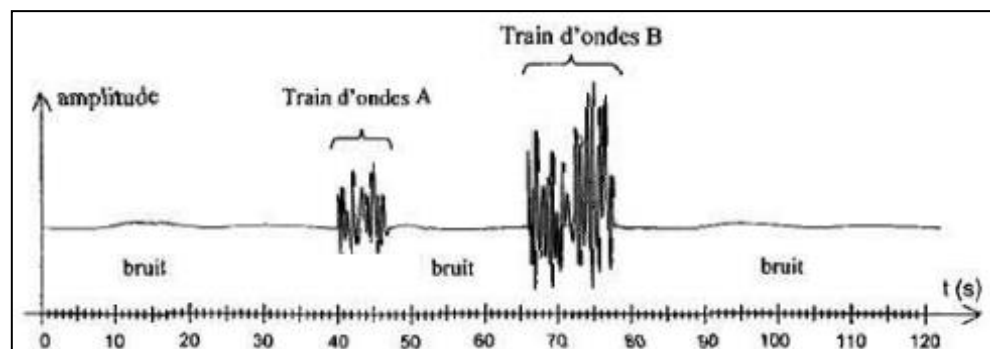


Sens de propagation de l'onde
Schéma A



Sens de propagation de l'onde
Schéma B

2) Un séisme s'est produit à San Francisco (Californie) en 1989. Le document ci-dessous présente le sismogramme obtenu, lors de ce séisme à la station EUREKA.



Physique 1 : Les ondes progressives

L'origine des dates ($t = 0$ s) a été choisie à la date du début du séisme. Le sismogramme présente deux trains d'ondes repérées par A et B.

2-1) A quel type d'onde (P ou S) correspond chaque train ? Justifier votre réponse.

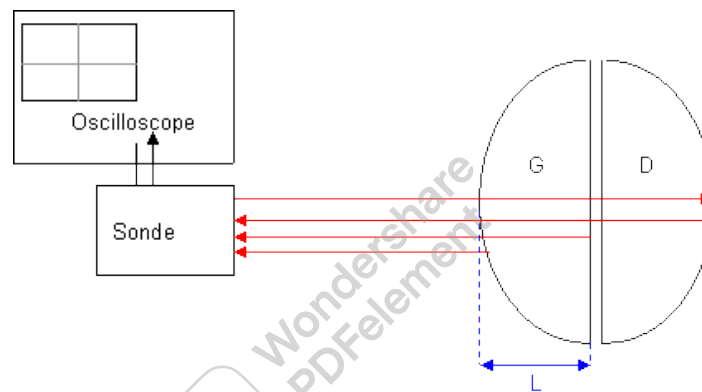
2-2) Sachant que le début du séisme a été détecté à Eureka à 8h 15min 20s TU (temps universel), Déterminer l'heure TU (h min s) à laquelle le séisme s'est déclenché à l'épicentre.

2-3) Sachant que les ondes P se propagent à une célérité de 10 km.s^{-1} , calculer la distance séparant l'épicentre du séisme de la station Eureka.

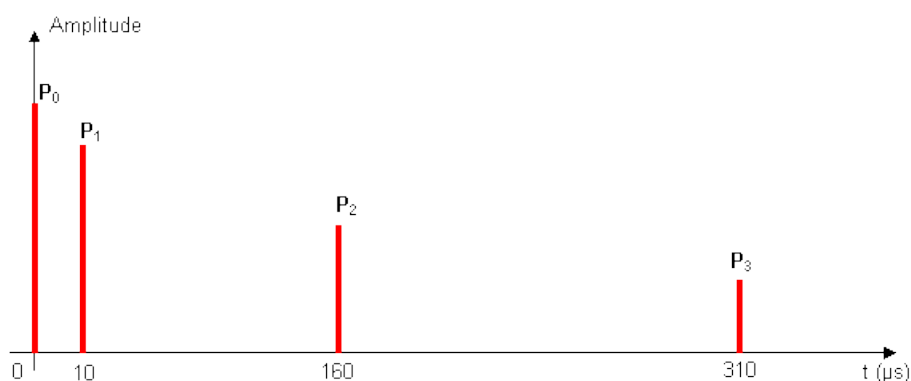
2-4) Calculer la célérité des ondes S.

Exercice 3 : L'échographie du cerveau.

Une sonde, jouant le rôle d'émetteur et de récepteur, envoie une impulsion ultrasonore de faible durée en direction du crâne d'un patient. L'onde pénètre dans le crâne, s'y propage à la vitesse $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$ et s'y réfléchit chaque fois qu'elle change de milieu. Les signaux réfléchis génèrent des échos qui, au retour sur la sonde, y engendrent une tension électrique très brève.



L'oscillogramme obtenu sur un patient permet de tracer l'échogramme ci-dessous. Le pic P_0 correspond à l'émission à l'instant de date $t_0 = 0$ s de l'impulsion; P_1 à l'écho dû à la réflexion sur la surface externe de l'hémisphère gauche (G sur le schéma); P_2 à l'écho sur la surface de séparation des deux hémisphères; P_3 à l'écho sur la surface interne de l'hémisphère droit (D sur le schéma).



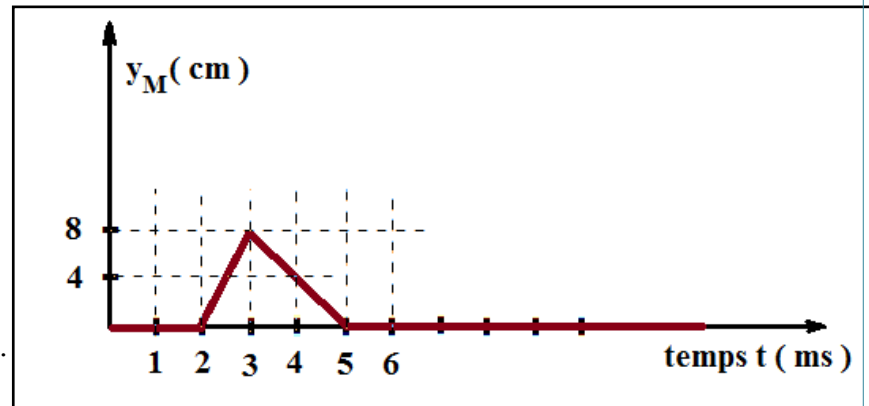
1. Quelle est la durée du parcours de l'onde ultrasonore dans l'hémisphère gauche?
2. Quelle est la durée du parcours de l'onde ultrasonore dans l'hémisphère droit?
3. En déduire la largeur de chaque hémisphère.
4. L'examen du cerveau s'effectue également par scanographie X. Quelle est alors la nature des ondes utilisées?

Physique 1 : Les ondes progressives

Exercice 4 : Elongation d'un point du milieu de propagation.

Une onde, de courte durée, se propage selon la direction $x'x$ avec une célérité $v = 2.10^3 \text{ m.s}^{-1}$. elle provoque une perturbation y .

le graphe ci-contre représente la perturbation y provoquée au point M d'abscisse $x_1 = 5 \text{ m}$ en fonction du temps.



- 1) Quel est l'instant t_1 qui correspond au début de la perturbation au point M ? Quel est l'instant t_2 qui correspond à la fin de la perturbation ?
- 2-1) déterminer à quel instant t_3 le début de la perturbation se trouvera au point M' d'abscisse $x' = 9 \text{ m}$.
- 2-2) déduire l'instant t_4 qui correspond à la fin de la perturbation en M'.
- 2-3) Déduire la représentation graphique, en fonction du temps t , l'élongation $y_{M'}$ au point M' (perturbation au point M').
- 3-1) Qualifier les états du point M et du point M' à l'instant $t_5 = 5 \text{ ms}$.
- 3-2) Déterminer la longueur de la perturbation.
- 3-3) Déduire l'aspect de la corde à l'instant $t_5 = 5 \text{ ms}$.

Exercice 5 : Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.

- La célérité (ou vitesse) des ultrasons dans l'air $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ est plus faible que la célérité des ultrasons dans l'eau de mer v_{eau} .
- Un émetteur produit simultanément des salves d'ondes ultrasonores dans un tube rempli d'eau de mer et dans l'air (voir figure 1 ci-dessous).

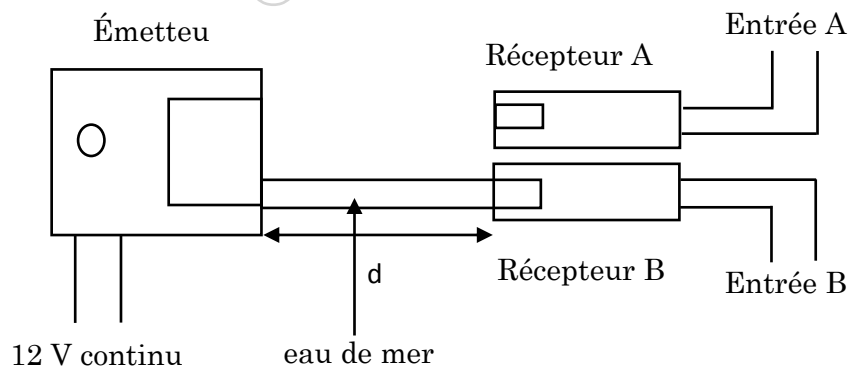


Figure 1

- À une distance d de l'émetteur d'ondes ultrasonores, sont placés deux récepteurs, l'un dans l'air et l'autre dans l'eau de mer.
 - Le récepteur A est relié à l'entrée A du système d'acquisition d'un ordinateur et le récepteur B à l'entrée B. L'acquisition commence lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B du système.
- 1) Pourquoi est-il nécessaire de déclencher l'acquisition lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B ?
 - 2) Donner l'expression du retard Δt entre la réception des ultrasons par les deux récepteurs en fonction de t_A et t_B , durées que mettent les ultrasons pour parcourir respectivement la distance d dans l'air et dans l'eau de mer. Justifier l'ordre des termes.

Physique 1 : Les ondes progressives

- 3) On détermine Δt pour différentes distances d entre l'émetteur et les récepteurs. On traite les données avec un tableur et on obtient le graphe $\Delta t = f(d)$ (voir figure 2)
- 4) Démontrer que Δt s'exprime en fonction de d , v_{air} , v_{eau} par la relation suivante : $\Delta t = d \times \left(\frac{1}{v_{\text{air}}} - \frac{1}{v_{\text{eau}}} \right)$
- 5) Justifier l'allure de la courbe obtenue $\Delta t = f(d)$.
- 6) Déterminer graphiquement le coefficient directeur de la droite $\Delta t = f(d)$ en précisant les unités du résultat.
- 7) En déduire la valeur de la célérité v_{eau} des ultrasons dans l'eau de mer en prenant $v_{\text{air}} = 340$

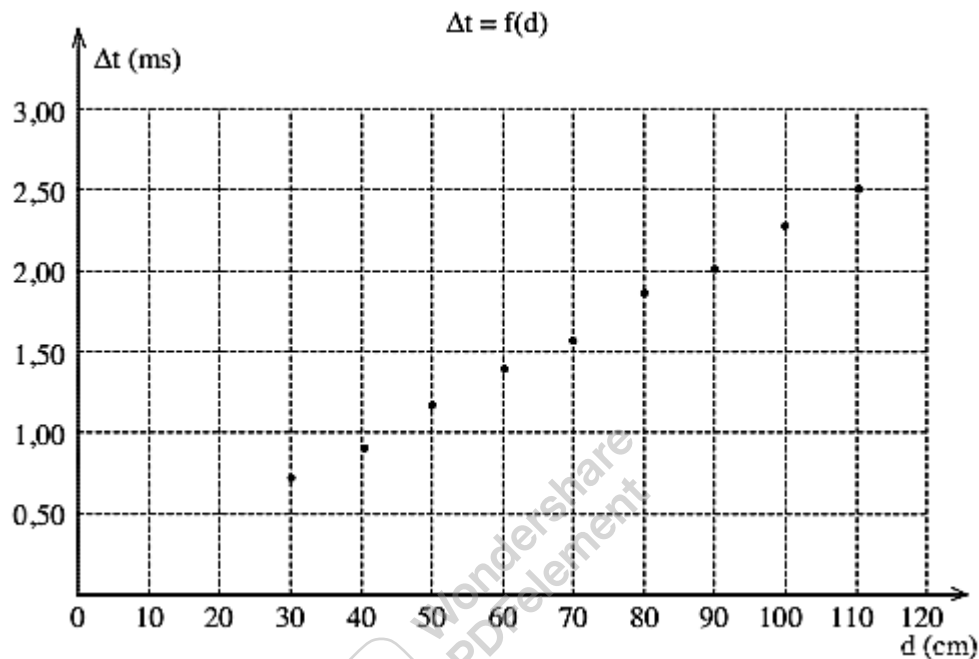


Figure 2

Exercice 6 : Echolocalisation.

La chauve-souris possède un véritable sonar naturel, Elle émet des impulsions sonores de fréquence pouvant atteindre 100kHz, Qu'elle réceptionne après réflexion sur les obstacles. Une chauve-souris émet des impulsions sonores alors qu'elle se trouve à 2,0 d'un mur et qu'elle se déplace vers cet obstacle avec une vitesse de $5,0 \text{ m.s}^{-1}$



- 1) quel type d'ondes sonores une chauve-souris émet- elle ?
- 2) si une fois l'impulsion sonore émise, la chauve-souris continuait son vol en ligne droite horizontalement au bout de combien de temps atteindrait elle le mur ?
- 3) au bout de quelle durée reçoit elle un écho ?
- 4) Peut-elle éviter le mur sachant que par réflexe naturel son temps de réaction est de 100ms ?

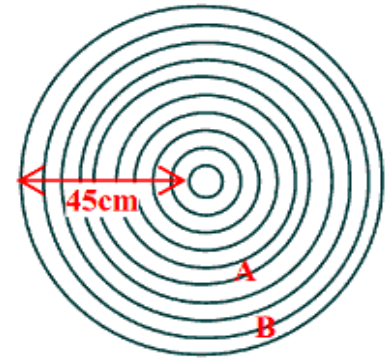
Physique 1 : Les ondes progressives

Exercice 7 : onde à la surface de l'eau .

Une onde périodique circulaire de fréquence $N=30\text{Hz}$ est produite à la surface d'un liquide par une pointe qui vibre de manière sinusoïdale. Les cercles représentent les crêtes, c'est-à-dire les maxima de vibration à une date donnée.

Les propositions suivantes sont-elles exactes? Justifiez

1. L'onde est transversale.
2. L'onde formée est une onde périodique
3. La longueur d'onde λ est de 15 cm.
4. La célérité de l'onde est $v= 1,5 \text{ m/s}$
5. L'onde passant par A arrive en B avec un retard $t = 100 \text{ ms}$.



Exercice 8 :

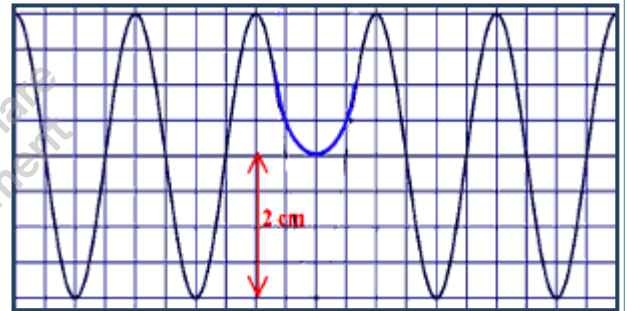
Un enfant laisse tomber un caillou dans un étang, perturbant la surface de l'eau

Un pêcheur à la ligne se trouve non loin de là.

1. Que voit-on à la surface de l'eau ?
2. Quel est le mouvement du bouchon de la ligne du pêcheur ?
3. Y a-t-il transport de matière ? Justifier.
4. Comment qualifiez-vous le phénomène observé ?

On reproduit l'expérience au laboratoire en utilisant un vibreur frappant la surface de l'eau d'une cuve à la fréquence $N= 10 \text{ Hz}$.

- 5.1 Reproduire le schéma en indiquant si possible les grandeurs suivantes :
 élongation $y(t)$, amplitude Y_m ; période temporelle T ;
 longueur d'onde λ



- 5.2 Deux points A et B distants de 24,5 cm subissent la même perturbation avec un retard de 0,70 s
 En déduire la célérité de l'onde.
- 5.3 Quelle est la valeur de la période T de l'onde ?
- 5.4 Quelle est la valeur de la longueur d'onde λ ?
- 5.5 Donner l'état vibratoire des points $A_1(15)$ et $A_2(23,75)$, $B_1(2)$ et $B_2(26;5)$, $C_1(11)$ et $C_2(17,125)$
- 5.6 Donner le nombre de rides entre C_1 et C_2
- 5.7 Donner l'expression de l'élongation $y(t)$.

Exercice 9 : (après étude de la partie mécanique du 2^{ème} trimestre)

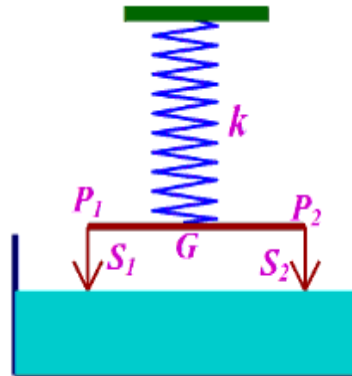
À l'extrémité d'un ressort de raideur $k= 25 \text{ N/m}$ et de masse négligeable est suspendue par son centre de gravité une barre P_1P_2 de masse $m= 50\text{g}$ supportant deux pointes qui affleurent la surface d'un liquide en S_1 et S_2 . On donne $S_1S_2=l=60\text{cm}$. On écarte la barre de sa position d'équilibre stable d'une longueur " a " suivant la verticale et à cet instant pris comme origine des temps, on l'abandonne sans vitesse initiale.

1. Montrer que ce pendule élastique oscille avec une fréquence N dont-on déterminera.
2. Donner l'expression des élongations y_{S_1} et y_{S_2} des points S_1 et S_2 .
3. Décrire l'aspect de la surface de l'eau entre S_1 et S_2 .
4. Donner l'expression de l'élongation d'un point M situé entre S_1 et S_2 à la distance x_1 de S_1 et x_2 de S_2 .
5. On mesure la distance $x_2-x_1=58 \text{ cm}$ d'un point M situé sur la frange d'amplitude maximale et la distance $x'_2-x'_1=49 \text{ cm}$ d'un point M' situé sur une frange d'amplitude maximale voisine de M.

Physique 1 : Les ondes progressives

5.1 En déduire la longueur d'onde et la célérité de la propagation qui se propage à la surface de cette eau

5.2 Déterminer le nombre et les positions des points d'amplitude maximale sur le segment $[S_1S_2]$



Exercice 10 : Les ultrasons au service du nettoyage.

On trouve dans le commerce des appareils de nettoyage utilisant les ultrasons. Le document 1 décrit la première page de la notice d'un exemple d'appareil de ce type.

Document 1 : notice simplifiée d'un appareil de nettoyage à ultrasons

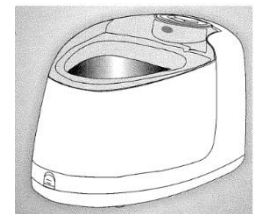
Descriptif :

réservoir amovible en acier inoxydable

fréquence des ultrasons 42 kHz à $\pm 2\%$

nettoyage facile des objets immergés dans l'eau sous l'effet des ultrasons

utiliser de préférence de l'eau fraîchement tirée du robinet.

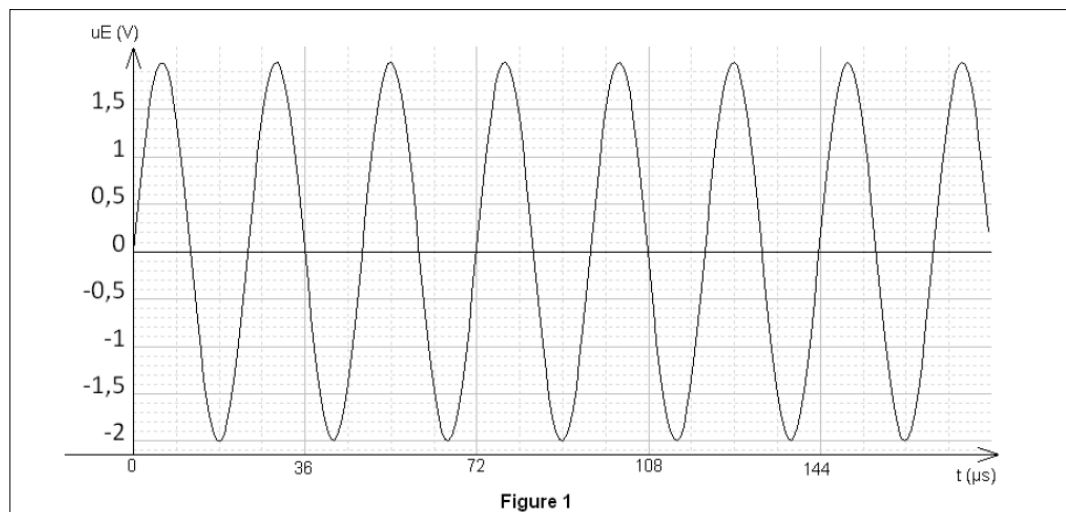


Référence : nettoyeur à ultrasons CD-3900

Données : - célérité des ultrasons dans l'air : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$ à 25°C .

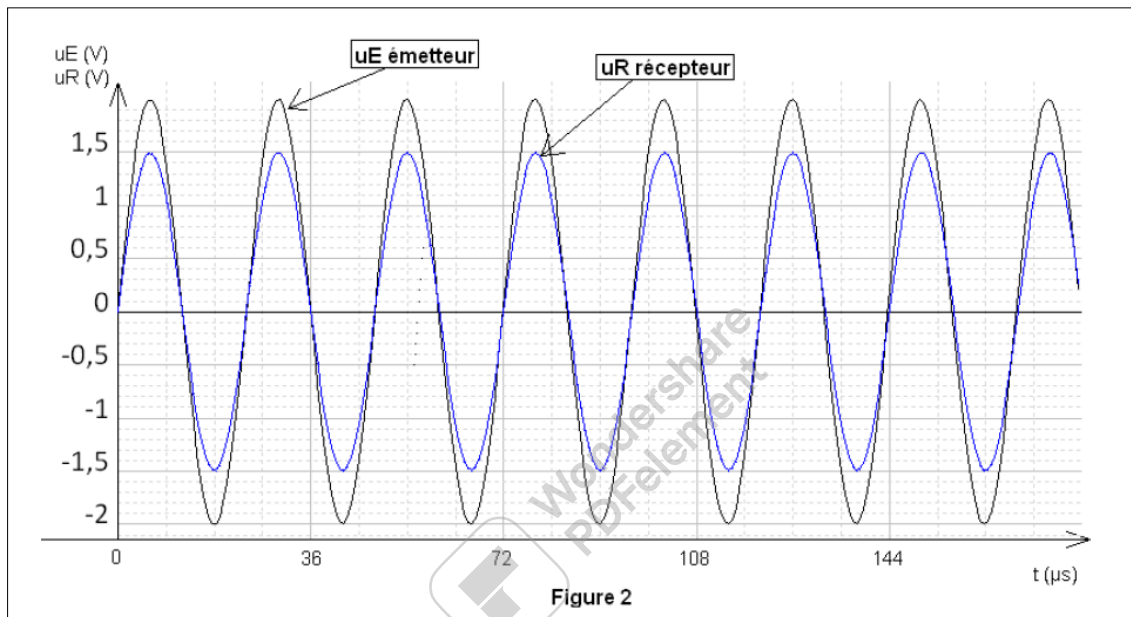
- célérité des ultrasons dans l'eau : $v' = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

On souhaite étudier les ultrasons émis par l'appareil décrit dans le document 1. Pour cela, on isole l'émetteur E à ultrasons de cet appareil et on visualise le signal émis à l'aide d'un capteur relié à la voie 1 d'un oscilloscope. Les mesures sont faites dans l'air à la température de 20°C . On obtient le signal u_E suivant :



Physique 1 : Les ondes progressives

- 1.1. Déterminer la période T du signal représenté sur la figure 1. Expliquer la méthode.
- 1.2. En déduire la fréquence f des ultrasons. Comparer avec la valeur de référence.
- 1.3. On souhaite déterminer la longueur d'onde λ des ultrasons. Pour cela, on visualise à la fois le signal émis par l'appareil et appliqué sur la voie 1 d'un oscilloscope et le signal u_R reçu par un récepteur R à ultrasons connecté sur la voie 2 de cet oscilloscope. On part d'une situation où les signaux délivrés par l'émetteur E et par le récepteur R placé en face sont en phase. On s'aperçoit que lorsque l'on éloigne le récepteur R tout en restant en face de l'émetteur fixe E, la courbe qui correspond au récepteur se décale vers la droite. Les signaux obtenus sont représentés sur la figure 2 lorsque les courbes reviennent pour la première fois en phase. On détermine la distance dont on a déplacé le récepteur R lorsque l'on obtient la figure 2 page suivante, et on mesure 8 mm.



- 1.3.1. Définir la valeur de la longueur d'onde λ
- 1.3.2. Déterminer la longueur d'onde λ à partir de l'expérience précédente. Que peut-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?
- 1.3.3. Calculer la célérité v des ondes ultrasonores dans l'air. Expliquer un écart éventuel avec la valeur attendue.
- 1.4. En utilisation normale de l'appareil, la longueur d'onde des ultrasons est différente de la valeur obtenue à la question 1.3.2. et vaut 4 cm. Expliquer cette différence.

Exercice 11 :

Une corde élastique de longueur infinie, tendue horizontalement, est attachée par son extrémité S à une lame vibrante qui lui communique, à partir de l'instant de date $t_0 = 0$ s, des vibrations sinusoïdales de fréquence N . On suppose qu'il n'y a aucun amortissement.

1- Décrire brièvement ce qu'on observe:

a- en lumière ordinaire.

b- en lumière stroboscopique, pour une période T_e légèrement supérieure à la période T du vibreur.

2- L'une des courbes de la figure 3 représente le diagramme du mouvement d'un point A de la corde situé à une distance x_A de l'extrémité source. L'autre représente l'aspect de la corde à un instant de date t_1 .

Physique 1 : Les ondes progressives

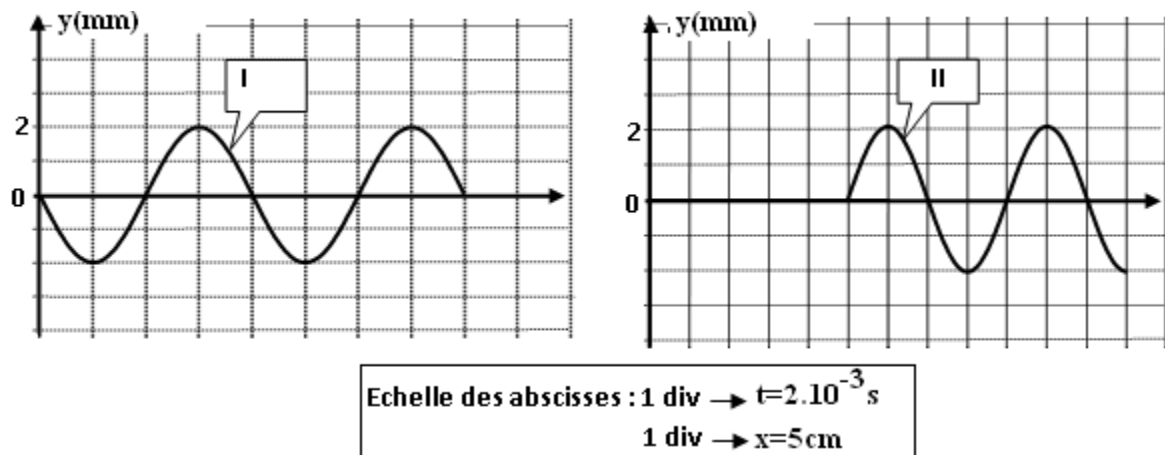


Figure 3

Identifier les courbes (I) et (II) en justifiant la réponse. En déduire les valeurs de la période temporelle T et spatiale l de l'onde, ainsi que celle de son amplitude a .

- 3- Déterminer graphiquement la célérité de l'ébranlement, la distance x_A et l'instant de date t_1 .
- 4- Représenter l'aspect de la corde à l'instant de date $t_2 = 2,8 \cdot 10^{-2}$ s.
- 5- Déterminer la distance parcourue par la source S entre les dates $t_0 = 0$ s et $t_2 = 2,8 \cdot 10^{-2}$ s.

Exercice 12 : ondes à la surface d'eau .

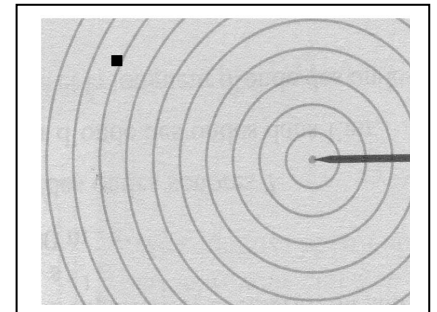
A) Ondes circulaires

Au laboratoire, on dispose d'une cuve à ondes contenant de l'eau à la surface de laquelle flotte un petit morceau de polystyrène.

Un vibreur, dont la fréquence est égale à 30 Hz, produit des ondes circulaires à la surface de l'eau

(reproduction de la photographie de la surface à l'échelle $\frac{1}{4}$).

1. Décrire le mouvement du morceau de polystyrène.
2. Déterminer le plus précisément possible la longueur d'onde.
3. Déterminer la célérité de cette onde.
4. La surface de l'eau est un milieu dispersif. Que signifie cette expression ?



B) Ondes rectilignes

Le vibreur est maintenant muni d'un régle ; il produit des ondes rectilignes. On interpose sur le trajet de l'onde incidente une fente de largeur a . On obtient la figure ci-dessous.

1. Faire apparaître, sur la reproduction de l'image, la longueur d'onde de l'onde incidente notée λ_1 et la longueur d'onde de l'autre onde notée λ_2 .
2. Comparer les valeurs de ces deux longueurs d'onde.
3. Nommer le phénomène observé.
4. Pourquoi le phénomène est-il très marqué dans cette expérience ?
5. Avec quelles autres ondes (non mécaniques) peut-on observer le même phénomène ?

Physique 1 : Les ondes progressives

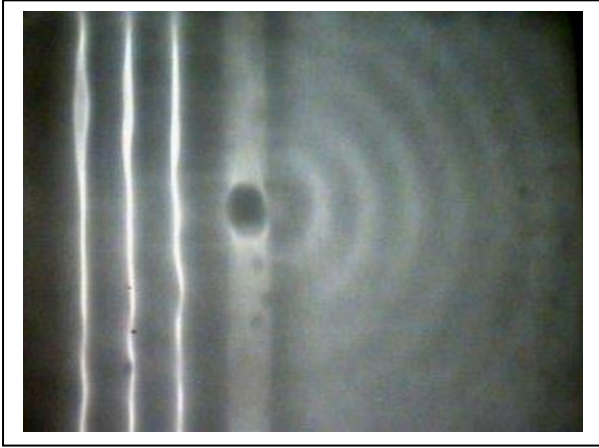
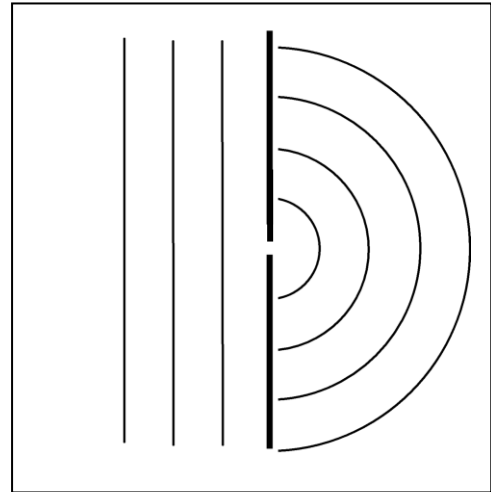


Figure réelle

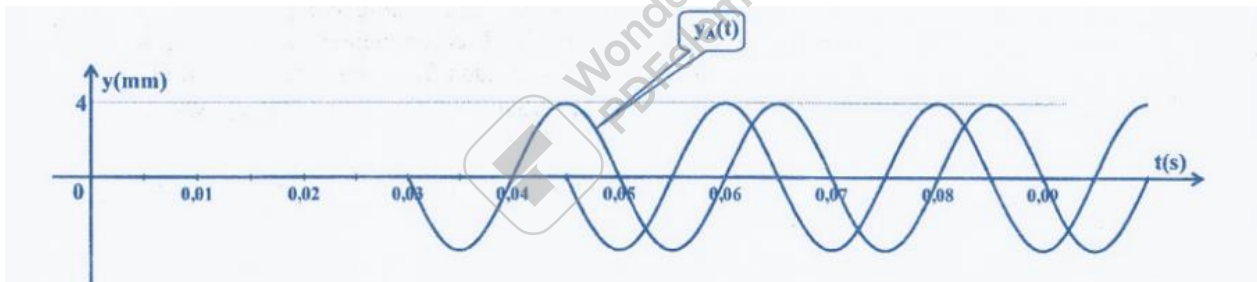


reproduction

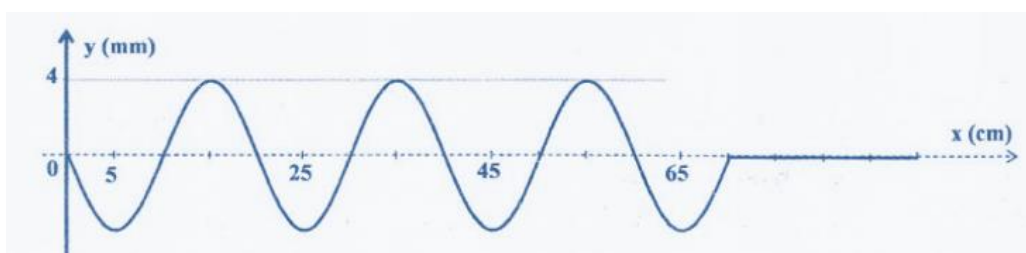
Exercice 13 :

Une corde élastique de longueur $L = 90$ cm, tendue horizontalement, est attachée par son extrémité S au bout d'une lame vibrante qui lui communique, à l'instant $t = 0$, des vibrations verticales sinusoïdales de fréquence N et d'amplitude a .

Les courbes de la figure suivante représente les diagrammes de mouvement de deux points A et B de la corde, distants lorsque la corde est au repos, de $d = AB = 0,15$ m.



- 1) Déterminer les valeurs de l'amplitude a et de la fréquence N de l'onde issue de S.
- 2) Montrer que la longueur d'onde $\lambda = \frac{4d}{3}$. calculer sa valeur.
- 3) Déterminer l'amplitude et le sens de déplacement de la source S à $t = 0$.
- 4) comparer les mouvements des points A et B.
- 5) Préciser la valeur de l'élongation du point A et le signe de sa vitesse à l'instant $t_1 = 70$ ms.
- 6) L'aspect de la corde à l'instant $t_1 = 70$ ms est représenté sur la figure ci-dessous :



Physique 1 : Les ondes progressives

6-1) déterminer à l'instant t_1 , les abscisses des points de la corde ayant la même élongation que le point A et une vitesse positive.

6-2) Représenter sur la figure ci-dessous, l'aspect de la corde à l'instant $t_2 = 85$ ms.



Exercice 14 :

On dispose d'un vibreur muni d'une fourche à pointe unique et d'une cuve à ondes. Au repos, la pointe verticale affleure la surface libre de la nappe d'eau de la cuve à ondes en un point S. En mettant le vibreur en marche, la pointe impose au point S des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude $a = 2$ mm et de fréquence $N_1 = 40$ Hz. Ainsi, une onde progressive prend naissance à l'instant $t = 0$ et se propage à la surface de l'eau avec une célérité v_1 . On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni amortissement de l'onde au cours de la propagation.

La figure 1 représente, à un instant t_1 , une coupe de la surface de l'eau par un plan vertical passant par S. A cet instant, l'élongation de S est nulle.

On considère un point A de la surface de l'eau tel que $d = SA = 9$ mm.

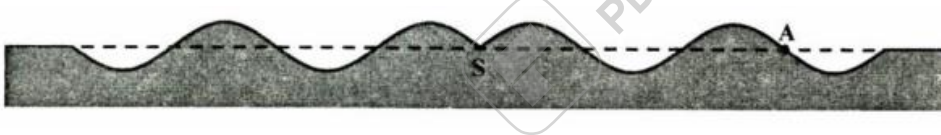


Figure 1

1-1) déterminer la valeur de la longueur d'onde λ_1 .

1-2) En déduire la valeur de v_1 .

1-3) Déterminer la valeur de t_1 .

2-1) Montrer qu'à l'instant $t_2 = \frac{9}{160}$ s, le point A se trouve au sommet d'une crête.

2-2) Représenter l'élongation du point A dans l'intervalle de temps $[0, t_2]$.

3) On règle la fréquence à une valeur N_2 , la figure 2 représente, au même instant t_1 , une coupe de la surface de l'eau par un plan vertical passant par S.

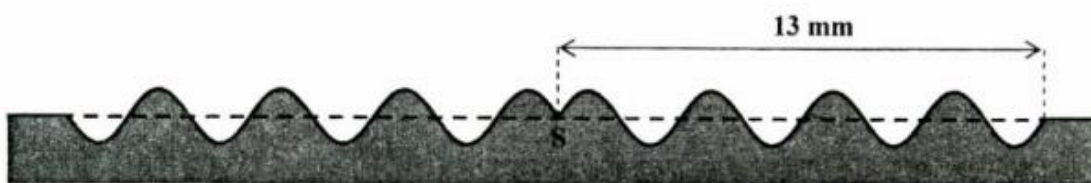


Figure 2

Déterminer les valeurs de la longueur d'onde λ_2 , de la célérité v_2 et de la fréquence N_2 . conclure.

4) On remplace la pointe précédente par une règlette (R). Parallèlement à (R) et à une certaine distance, on place un obstacle (P) présentant une fente (F) dont la largeur a est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde λ , comme le montre la figure 3.

Physique 1 : Les ondes progressives

On éclaire la surface de l'eau à l'aide d'un stroboscope de fréquence $N_e = N_1$ (N_1 fréquence de vibration de la reglette).

3-1) Nommer le phénomène qui a lieu au niveau de la fente (F).

3-2) Compléter la figure 3, en schématisant l'aspect de la surface de l'eau de part et d'autre de l'obstacle (P).

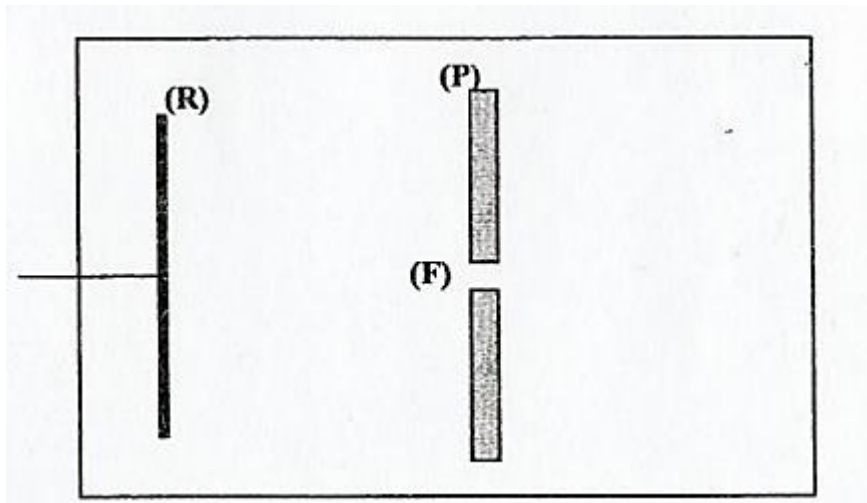
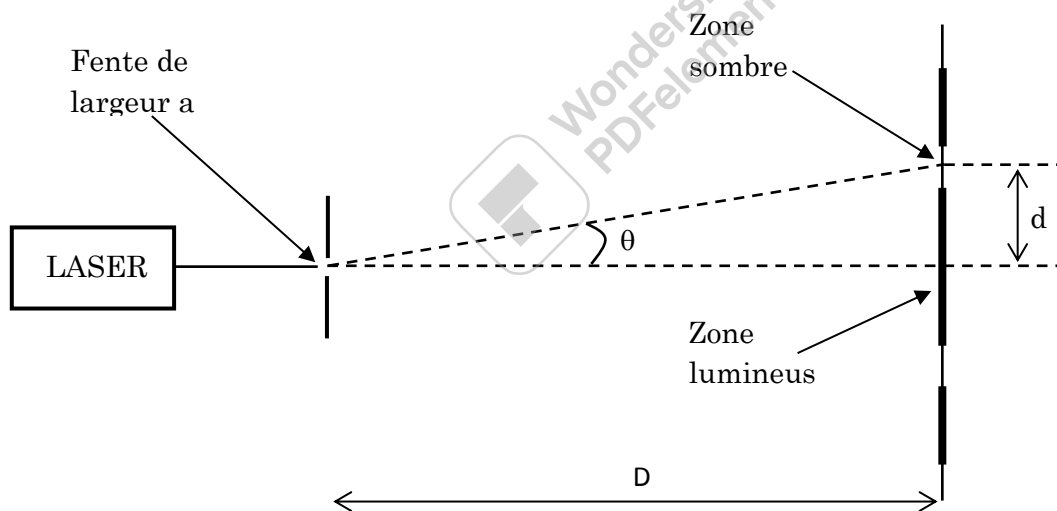


Figure 3

Exercice 15 :

On réalise une expérience en utilisant un LASER, une fente de largeur réglable et un écran blanc. Le dispositif (vu de dessus) est représenté ci-dessous :



Les mesures de la largeur de la fente a , de la distance de la fente à l'écran D et de la largeur de la zone lumineuse centrale $2d$ conduisent aux résultats suivants :

$$a = 0,200 \text{ mm} \qquad D = 2,00 \text{ m} \qquad 2d = 12,6 \text{ mm}$$

1. Quel est le nom du phénomène observé ?

2. Exploitation des résultats de l'expérience.

2.1. L'angle θ étant « petit », on peut faire l'approximation : $\tan \theta \approx \theta$ (en rad).

En utilisant les résultats des mesures, calculer la valeur de l'angle θ en radians.

2.2. Donner la relation qui lie les grandeurs θ (écart angulaire), λ (longueur d'onde de la lumière) et a (largeur de la fente). Indiquer les unités dans le système international.

Calculer la valeur de la longueur d'onde λ .

2.3. Quelle est la relation entre λ (longueur d'onde de la lumière), c (célérité de la lumière) et ν (fréquence de la lumière) ?

Indiquer les unités dans le système international.

Physique 1 : Les ondes progressives

2.4. Indiquer comment varie d lorsque :

- on remplace la lumière émise par le LASER (lumière rouge) par une lumière bleue ?
- on diminue la largeur de la fente a ?

2.5. Qu'est-ce qui différencie une lumière monochromatique d'une lumière polychromatique ?

3. Dispersion de la lumière.

On remplace le LASER par une source de lumière blanche et la fente par un prisme en verre.

3.1. Quelle est la grandeur qui ne change pas lors du passage d'une radiation de l'air dans le verre : la longueur d'onde, la fréquence ou la célérité ?

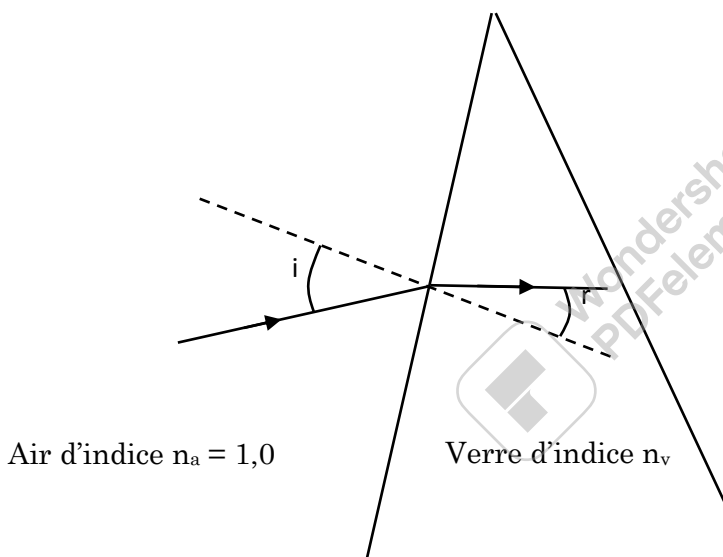
3.2. Donner la relation qui définit l'indice de réfraction d'un milieu transparent pour une radiation lumineuse monochromatique, en précisant la signification des symboles utilisés.

3.3. On donne : célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; indice du verre utilisé $n = 1,50$ pour une radiation lumineuse donnée.

Calculer la célérité de cette radiation dans le verre.

3.4. Qu'appelle-t-on milieu dispersif ?

Lorsque la lumière passe de l'air dans le prisme, elle est déviée :



Relation de Descartes

Pour une lumière monochromatique :

$$n_a \cdot \sin i = n_v \cdot \sin r$$

On observe que si on fixe la valeur de i , la valeur de r varie lorsque la fréquence de la radiation incidente varie.

3.5. Dédurre de ces informations, à partir de la relation de Descartes et de la définition de l'indice de réfraction que le verre est dispersif.

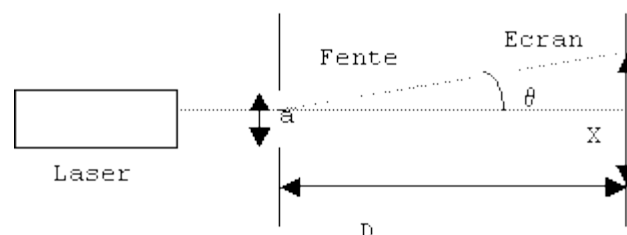
Exercice 16 : Lumière, modèle ondulatoire

Donnée : célérité des ondes lumineuses dans l'air et le vide, $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Expérience 1

On utilise un faisceau laser qui envoie une radiation lumineuse monochromatique de longueur d'onde λ . Le rayon lumineux traverse une fente verticale de largeur ' a ' réglable. Un écran se trouve placé à une distance $D = 2 \text{ m}$ de la fente.

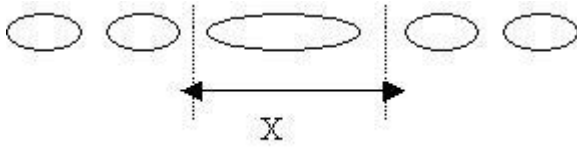
Schéma (vue de dessus)



Physique 1 : Les ondes progressives

On obtient sur l'écran la figure ci-dessous, les ellipses sont des taches brillantes, entrecoupées de taches sombres. La plus grande tache est la tache centrale.

L'écart angulaire entre le centre de la tache centrale et la moitié de la première extinction est noté q .



- 1.1.**
- Quel type d'onde lumineuse envoie le laser ? Donner sa définition et exprimer sa longueur d'onde en fonction de sa célérité. On précisera les unités des termes de l'expression.
 - Dans quelle plage de longueur d'onde (se propageant dans le vide) l'œil humain perçoit-il les radiations lumineuses ?
 - Rappeler par ordre croissant de longueur d'onde les 6 couleurs principales visibles par l'œil humain.
 - Comment s'appelle le phénomène mis en évidence par l'expérience 1 ? Quelle conclusion en tirez-vous sur la nature de la lumière?

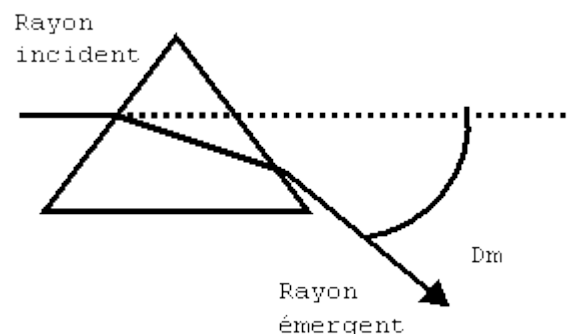
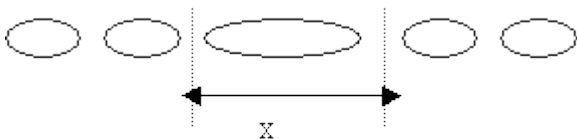
1.2. On mesure pour différentes valeurs de largeur 'a' la distance X.

a(mm)	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,40	0,45
1/a (x 10 ³ m ⁻¹)							
X (x 10 ⁻² m)	1,8	1,4	1,1	0,88	0,78	0,67	0,59
q (rad)							

- Donner l'expression littérale de q , puis remplir le tableau ci-dessus. On appelle que si q est faible alors $\tan(q) \approx \sin(q) \approx q$.
- Tracer la courbe représentative de q en fonction de '1/a'.
- En déduire, en expliquant votre méthode, la valeur de la longueur d'onde λ du laser.
- On enlève la fente et on la remplace par un poil de poitrine, de diamètre d . On obtient une figure identique à celle qu'on obtiendrait avec une fente de largeur $a = d$. La largeur de la tache centrale est $X = 1,7$ cm. En déduire le diamètre du poil.

Expérience 2

1.3.



Une lampe spectrale possède un spectre d'émission comprenant 3 raies principales de longueurs d'onde dans le vide : $\lambda_1 = 434\text{nm}$, $\lambda_2 = 589\text{nm}$ et $\lambda_3 = 768\text{nm}$. La lumière émise par la lampe traverse un prisme. On récupère sur un écran les rayons lumineux qui en sortent.

- Quelle figure obtient-on sur l'écran ? Comment appelle-t-on ce phénomène ?

Physique 1 : Les ondes progressives

b) On appelle déviation D l'angle que fait le rayon incident avec le rayon émergent. En faisant tourner le prisme on obtient une déviation minimale notée D_m . La relation entre D_m , l'indice de réfraction dans le verre d'une radiation monochromatique de longueur d'onde l dans le vide, $n(l)$ est :

$$\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right) = n(\lambda) \cdot \sin\left(\frac{A}{2}\right)$$

$A = 60^\circ$ est la valeur de l'angle au sommet du prisme. On relève pour les trois radiations les valeurs de D_m . En déduire leur indice de réfraction dans le verre $n(l)$.

$D_m(^{\circ})$	93	82	78
$l(\text{nm})$	434	589	768
$n(l)$			

- 1.4.**
- Déterminer les vitesses v_1, v_2, v_3 de ces 3 radiations dans le prisme.
 - Déterminer les fréquences f_1, f_2, f_3 et périodes T_1, T_2, T_3 des radiations dans le vide puis dans le prisme (attention piège à ours).
 - Déterminer les longueurs d'ondes l'_1, l'_2, l'_3 des 3 radiations dans le prisme.
 - Qu'est ce qui caractérise une onde lumineuse ?

Exercice 17 : session de rattrapage SM 2010 .

PHYSIQUE 1 (1,75 points) Détermination du diamètre d'un fil fin

Lorsque la lumière rencontre un obstacle, elle ne se propage plus en ligne droite, il se produit le phénomène de diffraction. ce phénomène peut être utilisé pour déterminer le diamètre d'un fil très fin.

Données :

La célérité de la lumière dans l'air est $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

L'écart angulaire θ entre le centre de la tache centrale et la 1^{ère} extinction lors de la diffraction par une fente ou par un fil est exprimé par la relation $\theta = \frac{\lambda}{a}$ dont λ est la longueur d'onde et a la largeur de la fente ou le diamètre du fil.

1- Diffraction de la lumière

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'une lumière monochromatique de fréquence $\nu = 4,44 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.

On place à quelques centimètres de la source lumineuse une fente verticale de largeur a .

La figure de diffraction est observée sur un écran vertical placé à une distance $D = 50,0 \text{ cm}$ de la fente.

La figure de diffraction est constituée d'une série de taches situées sur une perpendiculaire à la fente, figure (1).

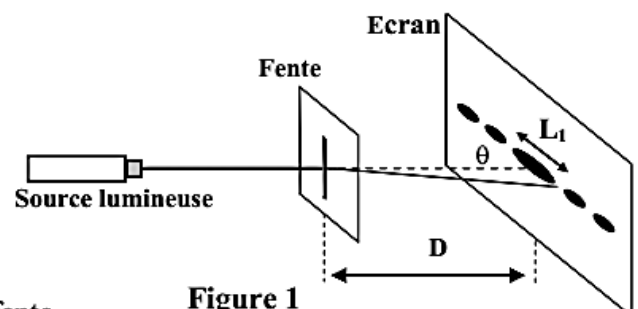
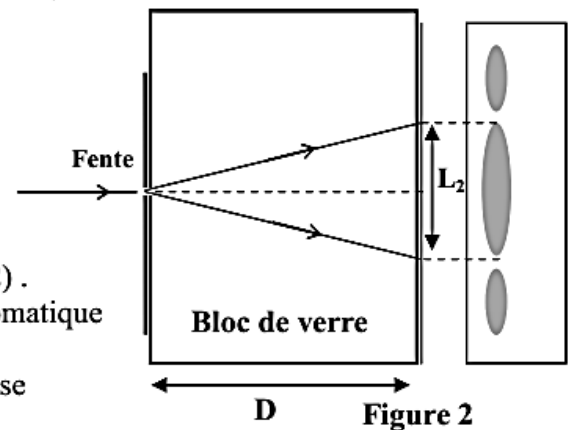


Figure 1

Physique 1 : Les ondes progressives

La tache centrale est plus éclairée et plus large que les autres ,
sa largeur est $L_1 = 6,70.10^{-1} \text{cm}$.

- 0,25 1.1- Quel est la nature de la lumière que montre cette expérience ?
- 0,75 1.2-Trouver l'expression de a en fonction de L_1 , D , v et c .
Calculer a .
- 0,5 2- On place entre la fente et l'écran un bloc de verre de forme parallélépipédique comme l'indique la figure (2) .
L'indice de réfraction du verre pour la lumière monochromatique utilisée est $n = 1,61$.
On observe sur l'écran que la largeur de la tache lumineuse centrale prend une valeur L_2 .
Trouver l'expression de L_2 en fonction de L_1 et n .
- 0,25 3- Détermination du diamètre du fil de la toile d'araignée
On garde la source lumineuse et l'écran à leur place . On enlève le bloc de verre et on remplace la fente par un fil rectiligne vertical de la toile d'araignée . On mesure la largeur de la tache centrale sur l'écran , on trouve alors $L_3 = 1,00 \text{cm}$.
Déterminer le diamètre du fil de toile d'araignée .



Exercice 18 : session normale SM 2013.

EXERCICE 1(2,25 points) : De la dispersion de la lumière à la diffraction

La fréquence d'une radiation lumineuse ne dépend pas du milieu de propagation ; elle dépend uniquement de la fréquence de la source . La vitesse de propagation d'une onde lumineuse dans un milieu transparent et elle est toujours plus petite que la vitesse de sa propagation dans le vide et sa valeur dépend du milieu de propagation . On constate aussi que l'onde lumineuse se diffracte lorsqu' elle traverse une fente de largeur relativement faible .

L'objectif de cet exercice est d'étudier le phénomène de dispersion et celui de la diffraction.

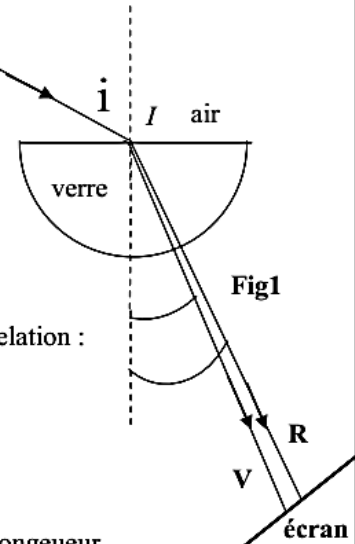
Données : La vitesse de propagation d'une onde lumineuse dans l'air est approximativement égale à sa vitesse de propagation dans le vide $c = 3,00.10^8 \text{m.s}^{-1}$.

Couleur de la radiation	rouge(R)	violet (V)
La longueur d'onde dans l'air en (μm)	0,768	0,434
L'indice de réfraction du verre	1,51	1,52

Physique 1 : Les ondes progressives

Dispersion de la lumière

Un faisceau parallèle de lumière blanche arrive au point I de la surface d'un demi-disque en verre; on observe sur l'écran (fig1) les sept couleurs du spectre allant du rouge (R) au violet (V).



0,5 | 1.1- Exprimer la longueur d'onde λ_R de la radiation rouge

dans le verre en fonction de l'indice de réfraction n_R du verre et de λ_{0R} (longueur d'onde dans l'air de ce rayonnement).

0,5 | 1.2 - L'indice de réfraction n d'un milieu transparent pour une radiation monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans l'air est modélisé par la relation :

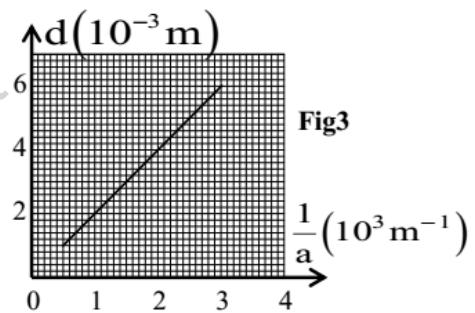
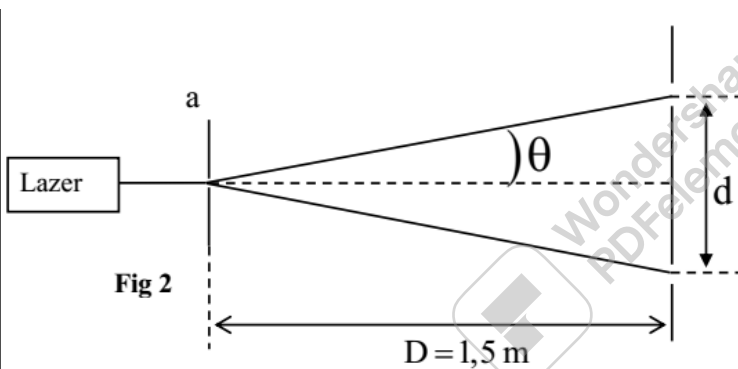
$$n = A + \frac{B}{\lambda_0^2} \text{ dont } A \text{ et } B \text{ sont des constantes qui dépendent du milieu.}$$

Calculer la valeur de A et celle de B pour le verre utilisé.

2. Diffraction de la lumière

On réalise l'expérience de la diffraction d'une lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air émise par un dispositif laser, en utilisant une fente de largeur a comme l'indique la figure 2. On mesure la largeur d de la tache centrale pour différentes valeurs de la largeur a de la fente et

on représente graphiquement $d = f\left(\frac{1}{a}\right)$; on obtient alors la courbe indiquée dans la figure 3.



0,5 | 2.1- Trouver l'expression de d en fonction de λ , a et D , sachant que $\theta = \frac{\lambda}{a}$. (θ petit exprimé en rad)

0,7 5 | 2.2. A l'aide de la figure 3, déterminer la valeur de λ .

Exercice 19 : superposition d'ondes .

Le <<trombone>> de Koenig (physicien allemand du XIX^e siècle) est un dispositif permettant de mesurer des longueurs d'ondes acoustiques (figure 1). On se propose d'utiliser ce dispositif afin de déterminer la célérité d'ondes acoustiques dans l'argon.

Un haut-parleur émet à l'entrée (E).

Un microphone placé à la sortie (S) permet

De recueillir le signal après que l'onde s'est propagée dans les deux branches du <<trombone>> .

On appellera d_1 la distance parcourue dans la branche fixe (partie gauche)

et d_2 la distance, réglable parcourue

par l'onde dans la branche mobile (partie droite).

Lorsque la partie mobile est glissée au maximum dans la partie fixe ($L = 0$), les distances sont égales dans les deux branches.

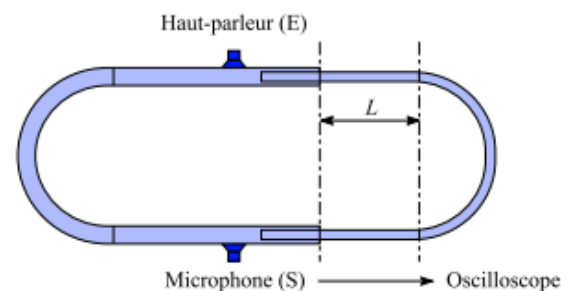


Figure 1

Physique 1 : Les ondes progressives

On réalise l'enregistrement figure 2 :

Base de temps : $100\mu\text{s} / \text{div}$.

Sensibilité : $1\text{ V} / \text{div}$.

- 1) Déterminer la période et la fréquence des ondes acoustiques utilisées .
- 2) De quel type d'onde s'agit-il ?
- 3) A quelle condition sur L l'onde arrivant par la branche droite est-elle en phase avec l'onde arrivant par la branche gauche ?
- 4) Qu'observe-t-on si les deux ondes arrivent en opposition de phase en (S).
- 5) Qu'observe-t-on si les deux ondes arrivent en phase en (S).
- 6) On fait maintenant varier la longueur L ; on observe qu'il faut faire varier L de $5,4\text{ cm}$ entre deux positions où les ondes sont en phase . Déterminer la longueur d'onde des ondes utilisées .
- 7) En déduire la célérité des ondes utilisées dans cette étude .

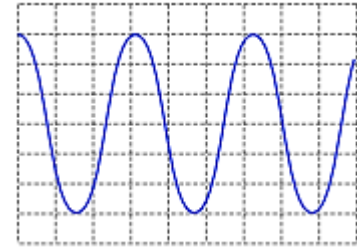


Figure 2

Indications :

- 1) $T = 314\mu\text{s}$, $f = 3,18\text{ kHz}$.
- 2) sons aigus , ondes mécaniques longitudinales
- 3) $L = k\lambda/2$.
- 4) annulation de la tension à la sortie du microphone
- 5) Tension d'amplitude maximale à la sortie du microphone .
- 6) $\lambda = 2L$; $\lambda = 10,8\text{ cm}$
- 7) $c = \lambda/T$; $c = 344\text{ m.s}^{-1}$

Explications :

3) il faut que la distance parcourue dans la branche de droite soit égale à celle parcourue dans la branche de gauche à un nombre entier de longueur d'onde près . La condition s'exprime mathématiquement par la relation $d_2 - d_1 = 2L = k\lambda$ ou k est entier .

Exercice 20 : houle à l'entrée d'un port .

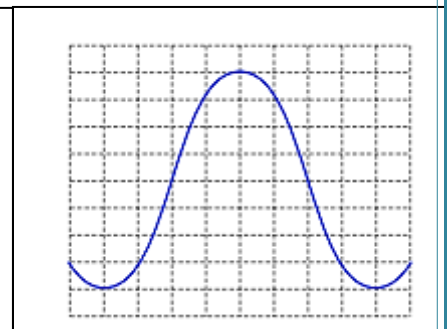
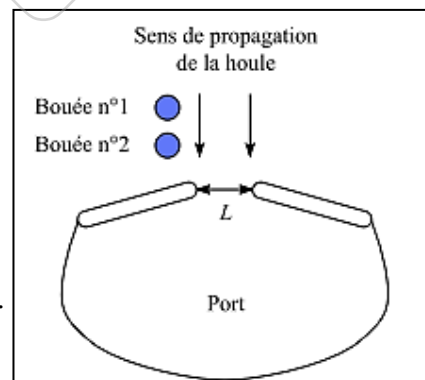
Un capteur fixé sur une bouée n°1 permet d'enregistrer le mouvement vertical de la surface de la mer dû à la houle .

Ce capteur a permis de réaliser l'enregistrement de la figure 2, débutant à un instant choisi comme origine $t = 0$:

On dispose des caractéristiques suivantes :

- sensibilité du capteur $S_{\text{capteur}} = 2\text{mV/cm}$.
- sensibilité verticale de l'enregistreur $S_v = 50\text{mV/div}$.
- base de temps de l'enregistreur $S_t = 0,5\text{ s/div}$.

- 1) Comment nomme-t-on plus couramment la période spatiale d'une onde ?
- 2) Quelle est la période temporelle de cette houle ?
- 3) on observe que l'écart d entre les sommets de deux vagues successives est de 24 m . Quelle est la vitesse de propagation de cette houle ?
- 4) Quelle est l'amplitude de cette houle ? (donner la réponse en mètre)
- 5) sur des grilles quadrillées identiques à celle de la figure 2 , représenter :
 - 5-1) l'enregistrement qu'on aurait obtenu si le capteur avait été déclenché à l'instant $t_1 = 3\text{ s}$.
 - 5-2) l'enregistrement qu'on aurait obtenu avec un second capteur placé sur la bouée n°2 située à une distance de 6 m de la première dans le sens de propagation de la houle.



Physique 1 : Les ondes progressives

6) La houle atteint l'entrée du port, limitée par deux digues séparées par un passage de largeur $a = 48\text{m}$.

6-1) Quel phénomène se produit-il ?

6-2) quelle est la zone du port qui ne sera pas abritée de la houle ? Représenter qualitativement cette zone sur le schéma et préciser la relation permettant de calculer l'angle θ correspond à la limite entre la zone abritée et la zone non abritée . calculer θ .

Indications :

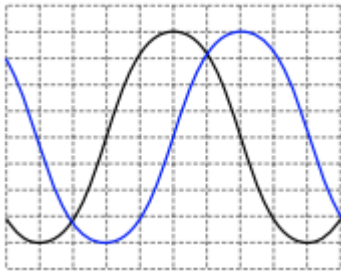
1) longueur d'onde .

2) $T = 4\text{s}$

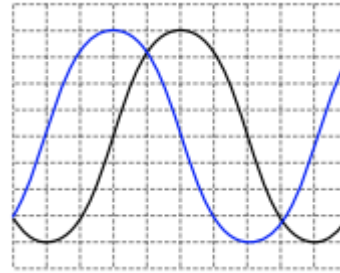
3) $c = d / T$, $c = 6\text{m.s}^{-1}$

4) $A = 4.S_v / S_{\text{capteur}}$, $A = 1\text{ m}$

5-1)

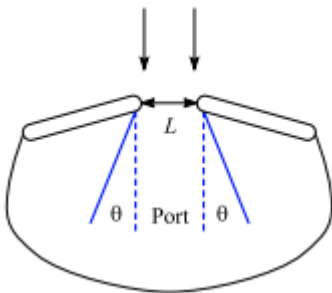


5-2)



6-1) de la diffraction

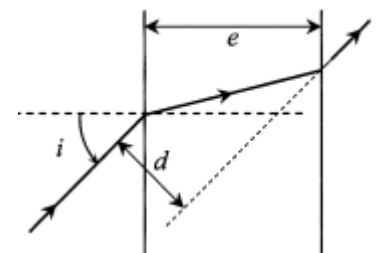
6-2) $\theta \approx d / a$, $\theta \approx 0,5\text{ rad} \approx 30^\circ$



Exercice 21 : lame à faces parallèles .

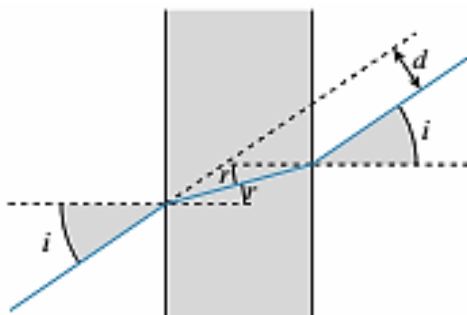
1) Pourquoi le rayon lumineux sera-t-il décalé par la lame de verre ci-contre ?

2) Quel est ce décalage si $e = 3\text{ cm}$, pour un indice étant fixée à 50° ?

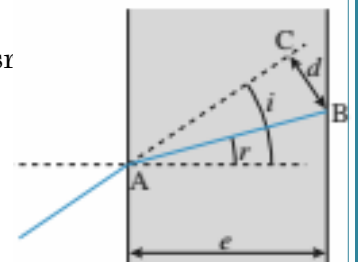


Réponse :

1) La construction montre que le rayon sort de la lame sans avoir été dévié , mais décalé de la distance d



2) sur le schéma on peut identifier :
 $D = CB = AB.\sin(i-r) = e.\sin(i-r)/\cos r$
 Pour $I = 50^\circ$, on obtient $r = 30,7^\circ$
 Puis $d = 1,15\text{ cm}$



Physique 1 : Les ondes progressives

Exercice 22 : fibre optique .

Une fibre optique à saut d'indice est formée d'une âme (cœur) de rayon r et d'indice n_1 , entourée d'une gaine d'indice n_2 .

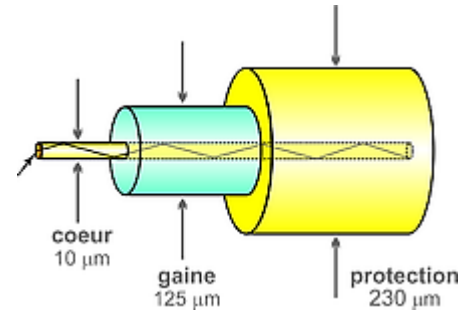
1) Les indices des matériaux disponibles valent 1,50 et 1,65.

Expliquer le principe du guidage, et indiquer le matériau à choisir pour l'âme de la fibre.

2) Pour une impulsion lumineuse guidée dans la fibre de longueur L , pourquoi y a-t-il un décalage temporel, noté τ , entre les différents rayons qui lui sont associés et guidés au cœur de la fibre ?

Quelle fréquence de transmission peut-on envisager pour cette fibre ?

Existe-t-il une solution technique réduisant cet inconvénient ?

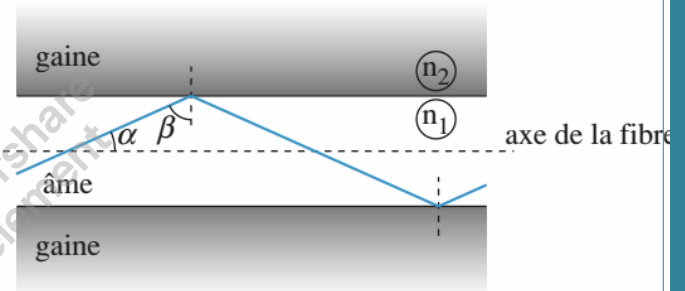


(conseil)

Le confinement est assuré par Réflexion totale

Réponse :

1) Le guidage sera réalisé si on obtient une Réflexion totale interne du rayon lumineux : la gaine doit correspondre au milieu d'indice le moins élevé, donc $n_1 = 1,65$ et $n_2 = 1,50$. Pour un rayon situé dans un plan méridien, on obtient un schéma de la forme ci-contre.



Le guidage est assuré si $\beta > \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$, avec $\alpha = \frac{\pi}{2}$.

Soit pour $\alpha < \cos^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$, pour un rayon non méridien, incliné de α par rapport à l'axe de la fibre, l'incidence β sera plus élevée, l'inégalité obtenue est donc une condition suffisante au guidage.

2) A une impulsion lumineuse sont associés des rayons dont l'inclinaison varie entre 0 et α pour qu'ils restent confinés dans la fibre.

Le trajet parcouru à vitesse c/n_1 varie donc de L (inclinaison nulle) à $L/\cos\alpha = n_1 \cdot L / n_2$ (inclinaison maximale), et le temps du trajet de $n_1 \cdot L / c$ à $n_1^2 \cdot L / n_2 \cdot c$.

Une impulsion subit donc un élargissement temporel de valeur $\tau = \frac{n_1 \cdot L}{c} \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right)$. on peut envoyer

les impulsions à une fréquence supérieure à $1/\tau$ sans risquer une perte d'information.

Exercice 23 : Arc-en-ciel .

Lorsque le soleil illumine un rideau de pluie, on peut admettre que chaque goutte d'eau se comporte comme une sphère réceptionnant un faisceau de rayons parallèles entre eux. On cherche les conditions pour que la lumière émergente, issue de la goutte d'eau, se présente sous forme d'un faisceau de lumière parallèle (c'est à cette condition que l'intensité lumineuse sera maximale, donc observable pour l'œil). Pour cela on fait intervenir l'angle de déviation D de la lumière à travers la

Physique 1 : Les ondes progressives

goutte d'eau, mesuré entre le rayon émergent et le rayon incident. Cet angle de déviation D est une fonction de l'angle d'incidence i .

On admettra que la condition de parallélisme des rayons émergents se traduit

mathématiquement par $\frac{dD}{di} = 0$.

1) Rappeler les lois de Descartes pour la réfraction d'un rayon lumineux passant de l'air

(milieu d'indice unité) vers un milieu d'indice n . Exprimer la dérivée $\frac{dr}{di}$ exclusivement en fonction de l'indice n et du sinus de l'angle d'incidence. r est l'angle de réfraction.

2) Une goutte d'eau quelconque, représentée par une sphère de centre O et de rayon R , est atteinte par la lumière solaire sous les incidences variables, comprises entre 0° et 90° .

Son indice, pour une radiation donnée, sera noté n tandis que celui de l'air sera pris égal à l'unité.

Répondre aux questions ci-après pour chacune des trois cas suivants :

- Lumière directement transmise (figure1).

- Lumière transmise après une réflexion partielle à l'intérieur de la goutte (figure2).

- lumière transmise après deux réflexions à l'intérieur de la goutte (figure3).

2-1) Exprimer en fonction de l'angle d'incidence i ou de l'angle de réfraction r , tous les angles marqués de lettres grecques.

2-2) En déduire l'angle de déviation D propre à chaque cas, en fonction de i et de r .

2-3) Rechercher ensuite, si elle existe, une condition d'émergence d'un faisceau parallèle, exprimée par une relation entre le sinus de l'angle d'incidence et l'indice n de l'eau.

3) Le soleil étant supposé très bas sur l'horizon, normal au dos d'un observateur, montrer que celui-ci ne pourra observer la lumière transmise que si la goutte d'eau se trouve sur deux cônes d'axes confondus avec la direction solaire et de demi-angles au sommet θ_2 et θ_3 .

Exprimer ces deux angles en fonction de D_2 et D_3 .

4) Les angles θ_2 et θ_3 dépendant de l'indice n de l'eau, on observe un phénomène d'irisation dû au fait que cet indice évolue en fonction de la longueur d'onde.

Calculer ces angles θ_2 et θ_3 pour le rouge et le violet, sachant que pour le rouge l'indice vaut

$n_R = 1,3317$ tandis que pour le violet il est égal à $n_V = 1,3448$.

5) En admettant que l'observateur se trouve face à un rideau de pluie, dessiner la figure qui apparaît dans son plan d'observation en notant la position respective des rouges et des violets.

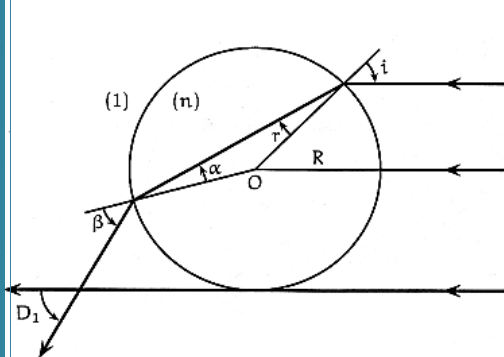


figure1

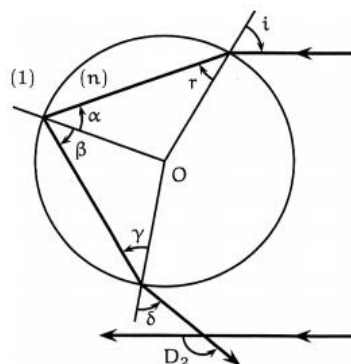


figure2

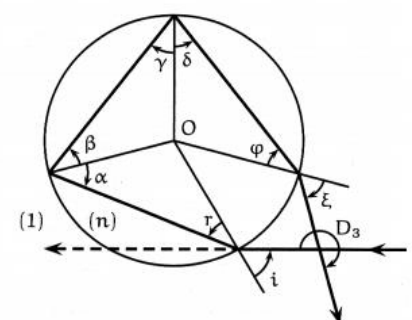


figure3

Physique 1 : Les ondes progressives

Réponse :

- 1) Lois de Descartes pour la réfraction :
 - le rayon réfracté est dans le plan d'incidence
 - $1 \cdot \sin i = n \cdot \sin r$
- En différentiant cette expression (pour une radiation monochromatique, $n = n(\lambda)$ étant fixé) : $\cos i \cdot di = n \cdot \cos r \cdot dr$, soit : $\frac{dr}{di} = \frac{1 \cdot \cos i}{n \cos r}$

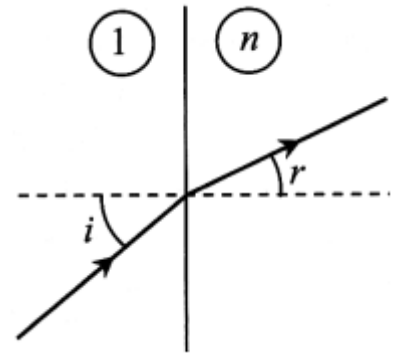
En utilisant la loi de la réfraction :

$$\sin i = n \cdot \sin r$$

et la relation trigonométrique :

$$\sin^2 a + \sin^2 b = 1$$

$$\left. \begin{array}{l} \sin i = n \cdot \sin r \\ \text{et la relation trigonométrique :} \\ \sin^2 a + \sin^2 b = 1 \end{array} \right\} \rightarrow \frac{dr}{di} = \sqrt{\frac{1 - \sin^2 i}{n^2 - \sin^2 i}}$$



2) Figure 1

2-1) Pour la lumière directement transmise, il apparaît que le triangle OIJ est isocèle, et que par conséquent, les angles à la base sont égaux : $\alpha = r$.

En appliquant la loi de Snell-Descartes en J, on obtient $n \cdot \sin \alpha = \sin \beta$.

Or $\alpha = r$ et $\sin i = n \cdot \sin r$ donc $\beta = i$.

2-2) En I, le rayon lumineux subit une réfraction ; il subit donc une déviation $D_1 = i - r$.

En J il subit également une réfraction : $D_2 = \beta - \alpha$.

Or $\alpha = r$ et $\beta = i$.

La déviation totale est : $D_1 = D_1 + D_2 = i - r + i - r$. Soit $D_1 = 2(i - r)$

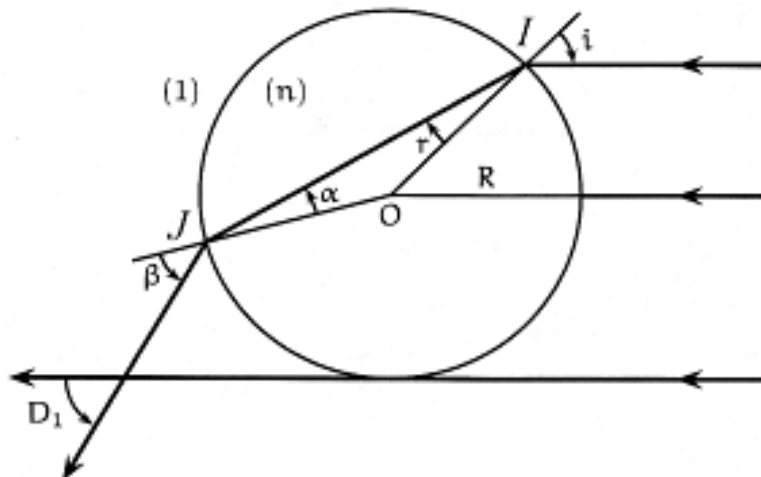
2-3) En différentiant cette expression : $dD_1 = 2di - 2dr$, soit : $\frac{dD_1}{di} = 2 - 2 \frac{dr}{di}$

La condition d'émergence d'un faisceau parallèle est :

$$\frac{dD_1}{di} = 0, \text{ soit : } \frac{dr}{di} = 1$$

Par ailleurs, d'après 1) : $\frac{dr}{di} = \sqrt{\frac{1 - \sin^2 i}{n^2 - \sin^2 i}}$; on doit avoir : $n^2 - \sin^2 i = 1 - \sin^2 i$, soit : $n^2 = 1 \Leftrightarrow n = 1$.

Cette solution n'a pas d'intérêt physique car l'indice de l'eau $n \approx 4/3$ n'est en réalité pas le même que celui de l'air ? Il n'est donc pas possible d'observer un faisceau parallèle recherché dans les conditions de la figure 1.



Physique 1 : Les ondes progressives

2) Figure 2

2-1) Pour la lumière réfléchiée une fois à l'intérieur de la goutte, on trouve que $\alpha = r$ car le triangle OIJ est isocèle. La loi de la réfraction appliquée en J donne $\beta = \alpha = r$.

Le triangle OJK étant isocèle également : $\gamma = \beta = r$.

En fin la loi de réfraction en K donne : $n \cdot \sin \gamma = \sin \delta$. avec $\gamma = r$ et $n \cdot \sin r = \sin i$, il vient $\delta = i$.

2-2) dans le cas où le rayon lumineux subit une réflexion à l'intérieur de la goutte, il subit :

- en I une réfraction qui le dévie de $D_1 = i - r$.

- en J il subit une réflexion, ce qui provoque une déviation $D_J = \pi - 2\alpha = \pi - 2r$.

- il subit enfin en K une réfraction, ce qui provoque une dernière déviation $D_K = \delta - \gamma = i - r$.

La déviation totale est $D_2 = D_1 + D_J + D_K$. Soit : $D_2 = \pi + 2i - 4r$.

2-3) En différentiant cette expression :

$$dD_2 = 2di - 4dr, \text{ soit } \frac{dD_2}{di} = 2 - 4 \frac{dr}{di}.$$

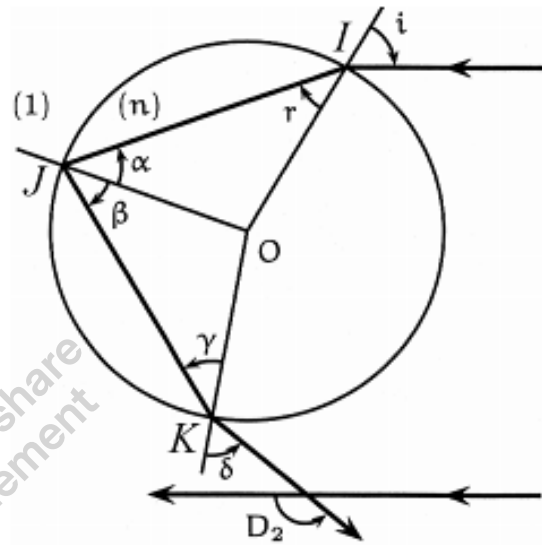
La condition d'émergence d'un faisceau parallèle est :

$$\frac{dD_2}{di} = 0, \text{ soit : } \frac{dr}{di} = \frac{1}{2}$$

Par ailleurs, d'après 1) : $\frac{dr}{di} = \sqrt{\frac{1 - \sin^2 i}{n^2 - \sin^2 i}}$

On doit avoir :

$$n^2 - \sin^2 i = 4(1 - \sin^2 i), \text{ soit : } \sin^2 i = \frac{4 - n^2}{3}$$



2) Figure 3

2-1) Pour la lumière réfléchiée deux fois dans la goutte, on a toujours OIJ isocèle qui donne $\alpha = r$.

La loi de réflexion en J donne $\beta = \alpha = r$. Le triangle OJK étant isocèle : $\varphi = \delta = r$.

Enfin la loi de la réfraction en L donne $n \cdot \sin \varphi = \sin \xi$.

Comme $\varphi = r$ et que $n \cdot \sin r = \sin i$, on a : $\xi = i$.

2-2) Dans le cas où le rayon lumineux subit deux réflexions à l'intérieur de la goutte, il subit :

- en I une réfraction qui provoque une première déviation $D_1 = i - r$.

- puis en J une réflexion, qui provoque une deuxième déviation $D_J = \pi - 2\alpha = \pi - 2r$.

- puis en K une autre réflexion, qui provoque une troisième déviation $D_K = \pi - 2\gamma = \pi - 2r$.

- et enfin en L une réfraction qui provoque une dernière déviation $D_L = \xi - \varphi = i - r$.

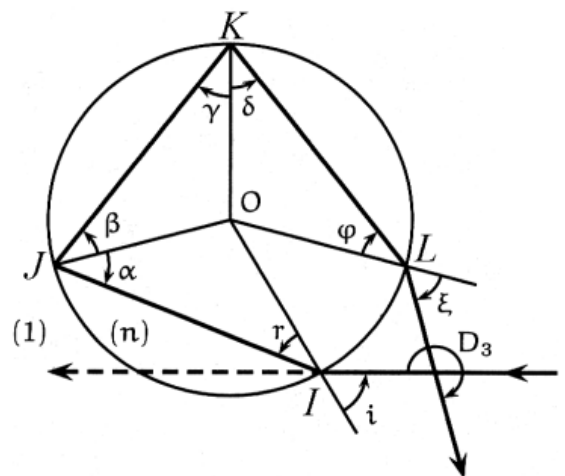
la déviation totale est : $D_3 = D_1 + D_J + D_K + D_L$.

Soit : $D_3 = 2\pi + 2i - 6r$.

2-3) En différentiant cette expression : $dD_3 = 2di - 6dr$, soit : $\frac{dD_3}{di} = 2 - 6 \frac{dr}{di}$.

La condition d'émergence d'un faisceau parallèle est :

$$\frac{dD_3}{di} = 0, \text{ soit : } \frac{dr}{di} = \frac{1}{3}$$



Physique 1 : Les ondes progressives

Par ailleurs, d'après 1) : $\frac{dr}{di} = \sqrt{\frac{1 - \sin^2 i}{n^2 - \sin^2 i}}$. On doit avoir : $n^2 - \sin^2 i = 9(1 - \sin^2 i)$, soit : $\sin^2 i = \frac{9 - n^2}{8}$

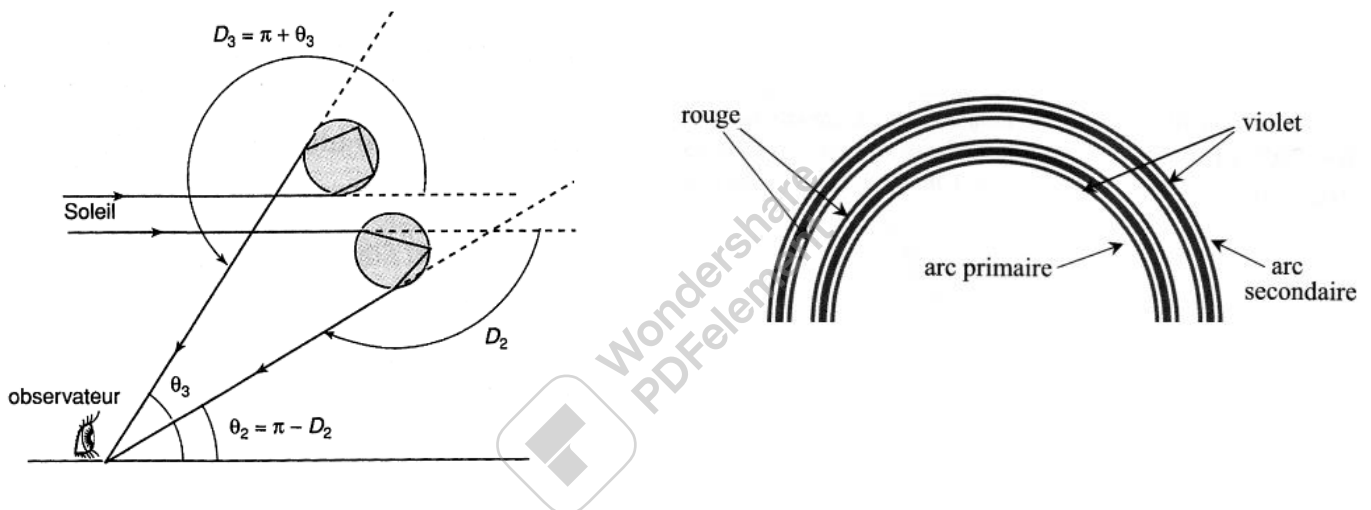
3) * L'observateur regarde vers l'horizon, dans la direction du rideau de pluie qui provoque le phénomène de déviation de la lumière incidente du soleil. Il observe des maxima d'intensité lumineuse pour les deux configurations calculées à la question précédente.

Toutes les gouttes susceptibles de donner l'angle d'observation adéquat sont situées sur un cône de sommet l'œil de l'observateur, d'axe la direction incidente du soleil, et d'angle au sommet θ_2 pour l'observateur de l'arc primaire (correspondant à une incidence i_2 sur la goutte).

On a donc : $\theta_2 = \pi - D_2$.

* On obtient le même phénomène pour l'arc secondaire, mais cette fois-ci, l'angle θ_3 d'observation est donné par $\theta_3 = D_3 - \pi$.

4)



On a :

$$\begin{array}{l|l} \sin^2 i_2 = \frac{4 - n^2}{3} & \sin^2 i_3 = \frac{9 - n^2}{8} \\ n \cdot \sin r_2 = \sin i_2 & n \cdot \sin r_3 = \sin i_3 \\ D_2 = \pi + 2i_2 - 4r_2 & D_3 = 2\pi + 2i_3 - 6r_3 \\ \theta_2 = \pi - D_2 & \theta_3 = D_3 - \pi \end{array}$$

Angles (°)	i_2	r_2	D_2	θ_2	i_3	r_3	D_3	θ_3
Violet	58,73	39,46	139,62	40,38	71,46	44,83	233,94	53,94
Rouge	59,48	40,31	137,72	42,28	71,88	45,54	230,52	50,52

Un observateur situé face au rideau de pluie verra ici deux arcs-en-ciel :

- L'arc primaire allant du violet au rouge en partant de l'intérieur.
- Et l'arc secondaire, plus grand, et moins intense (puisque une partie de la lumière a déjà été dispersée dans la formation de l'arc primaire) allant du rouge au violet.