

Il est à noter que la notion de temps caractéristique ne s'identifie pas à la constante de temps qui sera introduite lors de la résolution des équations différentielles. Pour les phénomènes périodiques, le temps caractéristique est identifié à la période ou la pseudo-période. Certains phénomènes peuvent présenter plusieurs temps caractéristiques (oscillations amorties).

A - Propagation d'une onde ; ondes progressives (2 TP - 9 HCE)

Objectifs

Les ondes comme phénomène sont omniprésentes et familières, mais leur constitution comme phénomène *physique* pose des difficultés bien connues dues à leur nature pour ainsi dire insaisissable : "quelque chose" se déplace, qui contient de l'information et de l'énergie, mais ce n'est pas de la *matière*. Comment le caractériser ? Quelles grandeurs physiques lui associe-t-on ? Quels sont les comportements génériques des ondes ? Dans cette première approche du phénomène, le formalisme est réduit au minimum, l'accent étant mis sur la phénoménologie. Le modèle ondulatoire de la lumière peut alors être mis en place à partir d'une similitude de comportement : la diffraction.

EXEMPLES D'ACTIVITÉS	CONTENUS	CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE EXIGIBLES
Exemples de propagation d'ondes mécaniques connues (vagues, ondes sonores, ondes sismiques etc.)*. <i>Présentation qualitative d'ondes à une, deux et trois dimensions (corde, ressort, cuve à ondes, ondes sonores).</i> <i>Comparaison du déplacement d'un mobile et de celui d'une perturbation mécanique afin d'en montrer les différences fondamentales</i> <i>Illustration de l'influence de l'inertie et de la rigidité du milieu sur la célérité au moyen de dispositifs mécaniques simples (masses en mouvement plus ou moins grandes, ressorts plus ou moins rigides, cordes plus ou moins tendues, milieu plus ou moins compressible).</i> <i>Étude avec corde et ressort, cuve à ondes, son (clap) et ultrasons (salves) : mesure de retard, calcul de la célérité d'une onde, influence du milieu.</i>	1 - Les ondes mécaniques progressives 1.1 Introduction À partir des exemples donnés en activité dégager la définition suivante d'une onde mécanique : "on appelle onde mécanique le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière". Célérité. Ondes longitudinales, transversales. Ondes sonores comme ondes longitudinales de compression-dilatation. Propriétés générales des ondes : - une onde se propage, à partir de la source, dans toutes les directions qui lui sont offertes - la perturbation se transmet de proche en proche ; transfert d'énergie sans transport de matière. - la vitesse de propagation d'une onde est une propriété du milieu. - deux ondes peuvent se croiser sans se perturber. 1.2 Onde progressive à une dimension Notion d'onde progressive à une dimension. Notion de retard : la perturbation au point M à l'instant t est celle qui existait auparavant en un point M' à l'instant $t' = t - \tau$: avec $\tau = M'M/v$, τ étant le retard et v la célérité (pour les milieux non dispersifs).	Définir une onde mécanique et sa célérité. Définir et reconnaître une onde transversale et une onde longitudinale. Connaître et exploiter les propriétés générales des ondes. Définir une onde progressive à une dimension et savoir que la perturbation en un point du milieu, à l'instant t, est celle qu'avait la source au temps $t' = t - \tau$, τ étant le retard (dans un milieu non dispersif). Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité. Exploiter un document expérimental (chronophotographies, vidéo) donnant l'aspect de la perturbation à des dates données en fonction de l'abscisse : interprétation, mesure d'une distance, calcul d'un retard et/ou d'une célérité. Exploiter un document expérimental (oscillogrammes, acquisition de données avec un ordinateur...) obtenu à partir de capteurs délivrant un signal lié à la perturbation et donnant l'évolution temporelle de la perturbation en un point donné : interprétation, mesure d'un retard, calcul d'une célérité, calcul d'une distance. Savoir-faire expérimentaux <i>Utiliser un dispositif expérimental pour mesurer un retard ou une distance lors de la propagation d'une onde. En particulier utiliser un oscilloscope pour mesurer le retard d'un clap sonore ou d'une salve d'ultrasons.</i>
Exemples dans la vie courante d'ondes mécaniques progressives périodiques. Exemples pris dans notre environnement de la diffraction d'ondes mécaniques. <i>Dans le cas d'une onde ultrasonore, ou sur la cuve à ondes, observation des maximums et minimums d'amplitude pour la diffraction.</i>	2 - Ondes progressives mécaniques périodiques Notion d'onde progressive périodique. Périodicité temporelle, période ; périodicité spatiale. Onde progressive sinusoïdale, période, fréquence, longueur d'onde ; relation $\lambda = vT = v/f$. La diffraction dans le cas d'ondes progressives sinusoïdales : mise en évidence expérimentale. Influence de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène observé. La dispersion : mise en évidence de l'influence de la fréquence sur la célérité de l'onde à la surface de l'eau ; notion de milieu dispersif.	Reconnaître une onde progressive périodique et sa période. Définir pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence, la longueur d'onde. Connaître et utiliser la relation $\lambda = vT$, connaître la signification et l'unité de chaque terme, savoir justifier cette relation par une équation aux dimensions. Savoir, pour une longueur d'onde donnée, que le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension d'une ouverture ou d'un obstacle est plus petite. Définir un milieu dispersif. Exploiter un document expérimental (série de photos, oscillogramme, acquisition de données avec un ordinateur...) : détermination de la période, de la fréquence, de la longueur d'onde. Reconnaître sur un document un phénomène de diffraction. Savoir-faire expérimentaux <i>Réaliser un montage permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction dans le cas d'ondes mécaniques, sonores ou ultrasonores.</i>

EXEMPLES D'ACTIVITÉS	CONTENUS	CONNAISSANCES ET SAVOIR-FAIRE EXIGIBLES
Figures de diffraction par une fente, un trou, un obstacle. Vérification par des mesures de la pertinence de la relation $\theta = \lambda/a$. Dispersion de la lumière blanche par un prisme. Dispersion de la lumière dans la vie courante. Vérification par des mesures de la pertinence de la relation $\theta = \lambda/a$.	3 - La lumière, modèle ondulatoire Observation expérimentale de la diffraction en lumière monochromatique et en lumière blanche (irisation). Propagation de la lumière dans le vide. Modèle ondulatoire de la lumière : célérité, longueur d'onde dans le vide, fréquence, $\lambda = cT = c/\nu$. Influence de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène observé ; écart angulaire du faisceau diffracté par une fente ou un fil rectilignes de largeur a : $\theta = \lambda/a$. Lumière monochromatique, lumière polychromatique ; fréquence et couleur. Propagation de la lumière dans les milieux transparents ; indice du milieu. Mise en évidence du phénomène de dispersion de la lumière blanche par un prisme : l'indice d'un milieu transparent dépend de la fréquence de la lumière.	Savoir que, étant diffractée, la lumière peut être décrite comme une onde. Connaître l'importance de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène observé. Exploiter une figure de diffraction dans le cas des ondes lumineuses. Connaître et savoir utiliser la relation $\lambda = c/\nu$, la signification et l'unité de chaque terme. Connaître et utiliser la relation $\theta = \lambda/a$, la signification et l'unité de chaque terme. Définir une lumière monochromatique et une lumière polychromatique. Connaître les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible et les couleurs correspondantes. Situer les rayonnements ultraviolets et infrarouges par rapport au spectre visible. Savoir que la lumière se propage dans le vide et dans les milieux transparents. Savoir que la fréquence d'une radiation monochromatique ne change pas lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre. Savoir que les milieux transparents sont plus ou moins dispersifs. Définir l'indice d'un milieu transparent pour une fréquence donnée. Savoir-faire expérimentaux Réaliser un montage permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction dans le cas d'ondes lumineuses. Réaliser des mesures permettant de vérifier la pertinence de la relation $\theta = \lambda/a$.

*Activités pouvant donner lieu à l'utilisation des technologies de l'information et de la communication.

Commentaires

1 - L'introduction expérimentale de la notion d'onde doit permettre à l'élève de se l'approprier par comparaison et contraste avec le déplacement d'un mobile. À propos de la vitesse de propagation, on montrera qu'elle est indépendante de l'amplitude de la perturbation (milieux linéaires) et qu'elle dépend du milieu et de son état physique (température, tension d'une corde, rigidité...).

La définition de l'onde adoptée dans ce programme s'appuie sur la propriété de propagation d'une perturbation d'un milieu (relativement à un état d'équilibre local) sans transport de matière. Elle ne suppose aucun caractère périodique de cette perturbation. Les rides provoquées à la surface de l'eau par le lancer d'une pierre constituent bien une onde, à l'évidence non périodique.

À propos des ondes transversales et longitudinales, on se limitera à comparer les directions de la perturbation et de la propagation.

Les ondes sonores dans les fluides seront interprétées qualitativement comme des ondes de compression-dilatation, et on pourra les illustrer par un schéma ou une animation.

Toute représentation mathématique de la forme $y = f(x, t)$ est hors programme.

On se limitera à l'étude d'une onde progressive à une dimension se propageant sans changement de forme : ceci n'est valable que pour les milieux "non dispersifs" pour lesquels la célérité des ondes sinusoïdales est indépendante de leur fréquence. La notion de milieu "dispersif" ou "non dispersif" abordée par la suite, ne sera exigible qu'à la fin de l'étude des ondes.

Conformément à l'usage, la célérité de la lumière dans le vide, constante universelle, sera désignée par la lettre c . Toute autre célérité sera désignée par v .

2 - Toute construction donnant le mouvement d'un point du milieu à partir de la représentation spatiale de l'onde, et réciproquement, est hors programme. Une onde progressive périodique n'est pas nécessairement sinusoïdale. On peut donc introduire la périodicité spatiale dans ce cas général. Le terme de longueur d'onde est, en optique, associé à une onde monochromatique sinusoïdale. Par souci de cohérence, les termes de "longueur d'onde", ainsi que de "fréquence", ne seront introduits que dans le cas des ondes progressives sinusoïdales.

On montrera le phénomène de diffraction dans diverses situations :

- ondes planes à la surface de l'eau avec un obstacle puis une fente,
- ultrasons se propageant à travers une fente.

Sur la cuve à ondes on constatera que l'onde plane est modifiée par l'obstacle. Avec la cuve à ondes et/ou avec les ultrasons on observera les maximums et les minimums d'amplitude. Toute interprétation de ce phénomène est hors programme.

On illustrera le phénomène de dispersion en se limitant à la mesure de la célérité d'une onde progressive périodique plane à la surface de l'eau, célérité qui dépend de sa fréquence.

Un milieu non dispersif sera défini comme un milieu où la célérité de l'onde ne dépend pas de sa fréquence.

3 - La propagation rectiligne et le modèle du rayon lumineux ne sont pas nécessaires à cette étude.

Le caractère ondulatoire de la lumière sera introduit par analogie avec les ondes mécaniques à partir du phénomène de diffraction.

Dans la relation $\theta = \lambda/a$, θ est l'écart angulaire entre le milieu de la frange centrale et la première extinction et a la largeur de la fente ou l'épaisseur du fil.

La dispersion de la lumière par un prisme sera l'occasion de revenir sur la notion de milieu dispersif.