

LP 1 - Ondes mécaniques

Lise Boutenègre, Raphael Rullan

| Élément imposé – vitesse d'une onde sismique, onde sinusoïdale

Introduction Pédagogique

| Niveau : 1ere Générale Spécialité

Pré-requis

- Signal sonore **Seconde**
- Propagation d'une onde **Seconde**
- Caractéristiques d'une onde : vitesse, fréquence, période **Seconde**
- Mathématiques : sinus , cosinus, trigonométrie **seconde**
- Avoir une idée des ordres de grandeurs de vitesse de propagation du son dans l'air. **seconde**

Difficultés

- Traitement mathématique des ondes, aspect assez calculatoire.
- Ne pas confondre la période spatiale et temporelle mais comprendre le lien entre les deux.
- Vocabulaire associés aux ondes, bien faire la différence entre direction de propagation et direction de perturbation.
- Ondes difficiles à se représenter.

| **Objectifs** – Que les élèves comprennent le principe de l'onde mécanique, qu'ils se rendent compte de la nécessité du support solide pour la propagation de ses ondes. Qu'ils soient capables de traduire cela à différents systèmes qu'ils peuvent rencontrer dans la vie courante. Réussir à caractériser une onde

Applications

- **TP** : Principe du sonar pour localiser un objet fixe. Etude de la cuve à ondes
- **TD** : Etude de signaux périodiques. Célérité du son dans l'eau.
- **Activité doc** : Etude de l'épicentre d'un séisme (si pas déjà fait)

| **Source** – Hachette 1ère générale, Cours Eiffel Terminale, Belin 1ère générale

Ondes et signaux

1. Ondes mécaniques

Cette partie s'appuie sur les connaissances acquises en classe de seconde à propos des signaux sonores pour décrire des **ondes** dans des domaines variés. Le rôle particulier joué par le modèle des **ondes** périodiques permet d'introduire la double périodicité et la notion de longueur d'onde, comme grandeur dépendant à la fois de la source et du milieu.

Les domaines d'application sont nombreux : musique, médecine, investigation par **ondes** ultrasonores, géophysique, audiométrie, etc. Les activités expérimentales associées à cette partie du programme fournissent aux élèves l'occasion d'utiliser des outils variés comme des capteurs, des microcontrôleurs, des logiciels d'analyse ou de simulation d'un signal sonore, etc. L'emploi d'un smartphone comme outil d'acquisition et de caractérisation d'un son peut être envisagé.

Notions abordées en seconde

Signal sonore, propagation, vitesse de propagation, fréquence, période.

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Onde mécanique progressive. Grandeurs physiques associées.	Décrire, dans le cas d'une onde mécanique progressive, la propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu dans l'espace et au cours du temps : houle, ondes sismiques, ondes sonores, etc. Expliquer, à l'aide d'un modèle qualitatif, la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel. <i>Produire une perturbation et visualiser sa propagation dans des situations variées, par exemple : onde sonore, onde le long d'une corde ou d'un ressort, onde à la surface de l'eau.</i>
Célérité d'une onde. Retard.	Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde. <i>Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde. Illustrer l'influence du milieu sur la célérité d'une onde.</i>
Ondes mécaniques périodiques. Ondes sinusoïdales. Période. Longueur d'onde. Relation entre période, longueur d'onde et célérité.	Distinguer périodicité spatiale et périodicité temporelle. Justifier et exploiter la relation entre période, longueur d'onde et célérité. Déterminer les caractéristiques d'une onde mécanique périodique à partir de représentations spatiales ou temporelles. <i>Déterminer la période, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale à l'aide d'une chaîne de mesure.</i> Capacités numériques : Représenter un signal périodique et illustrer l'influence de ses caractéristiques (période, amplitude) sur sa représentation. Simuler à l'aide d'un langage de programmation, la propagation d'une onde périodique. Capacité mathématique : Utiliser les représentations graphiques des fonctions sinus et cosinus.

Figure 1 – Programmes et attendus du Programme

Introduction

Pont de Tacoma https://www.youtube.com/watch?v=uhWQ5zr5_xc. Je pense que ça peut être un bon exemple pour ouvrir le sujet des ondes mécaniques et comprendre pourquoi l'étude de celles-ci peut être importante.

Si on veut introduire sur la thématique des séismes, on peut montrer à Tokyo des immeubles qui bougent : <https://www.youtube.com/watch?v=otoa4QaiQ0s>, <https://www.youtube.com/watch?v=I1NwtVaTg7I>.

Plus simplement, quand un guitariste pince une corde, qu'est-ce qu'il se passe ? C'est tout cela que nous allons essayer de voir aujourd'hui. Nous allons faire l'étude de ces ondes. Vous avez normalement du commencer à étudier en seconde les ondes sonores. On va se servir de ce que vous avez vu à ce moment là.

1 L'onde mécanique progressive

1 Définitions

Définition – Onde : Propagation d'une perturbation produisant sur son passage une variation réversible des propriétés physiques locales

Remarque – Je pense qu'on peut mettre la définition de l'onde sur une slide

Définition – La perturbation est une déformation d'un milieu matériel

Définition – Onde progressive : La transmission du phénomène s'effectue de proche en proche et dans un seul sens. Chaque point du milieu atteint par la perturbation exerce à son tour une action sur ses voisins.

Définition – Onde mécanique progressive : c'est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel de proche en proche, dans un seul sens, sans transport de matière mais avec transport d'énergie

Où le milieu désigne un des états de la matière : s,l,g et où une déformation désigne une modification locale et temporaire du milieu matériel.

Remarque – Ce qu'il est très important de noter c'est qu'il n'y a pas de déplacement global de matière

Par exemple, si on prend une perturbation le long d'un ressort :

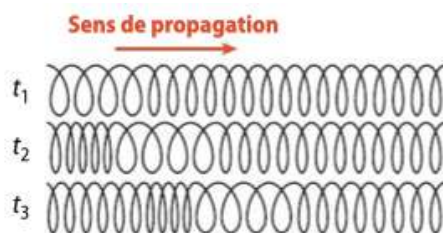


Figure 2 – Onde le long d'un ressort, source : Hachette 1ère Spécialité

Pour l'exemple des vagues, la vidéo <https://www.youtube.com/watch?v=kK4wkk6lT9U> montre bien que le canard reste fixe. (Attention c'est l'année du canard). Et que du coup, bien qu'on ait l'impression que ça bouge, ça ne bouge pas. On peut, peut être montrer cela aussi avec la cuve à Onde.

2 Dimensionnalité d'une onde

Remarque – Je pense que c'est intéressant ici d'avoir un exemple physique de tous les types

Une onde qui se déplace suivant **une direction** de l'espace est qualifiée de **monodimensionnelle**.

Remarque – On montre une corde

Une onde qui se déplace suivant **deux directions** est qualifiée de **bidimensionnelle**

Remarque – On montre la cuve à onde

Une onde qui se déplace suivant les **trois directions** est qualifiée **tridimensionnelle**. Ici la voix est le meilleur exemple qu'on peut donner.

Remarque – Attention, c'est ici qu'il faut faire très attention à comment on en parle

Définition – Onde transversale : Une onde est dite transversale lorsque la direction de propagation de l'onde est perpendiculaire à la direction de la perturbation

Un exemple visuel est le long de la corde. On peut alors parler de l'unidimensionnalité.

Définition – Onde longitudinale : une onde est dite longitudinale lorsque la direction de propagation de l'onde est parallèle à la direction du perturbation

Le son est un bon exemple

3 Retard et célérité

On a vu comment on pouvait décrire une onde, maintenant quelles sont ses caractéristiques. Vous connaissez déjà la célérité du son dans l'air. On peut définir plus généralement la célérité de l'onde comme étant :

$$c = \frac{d}{\Delta t} \quad (1)$$

On peut faire une mesure avec un appareil. On prend un émetteur et un récepteur. On met juste un burst.

On peut mieux alors à partir de cela comprendre la définition du retard.

Définition – Retard : La déformation au point M', à l'instant t' est celle qui existait auparavant en un point M à l'instant t = t' - Δt avec Δt est le retard de l'onde. Autrement dit c'est la durée que l'onde met pour aller de M à M'.

On peut le montrer sur l'oscilloscope

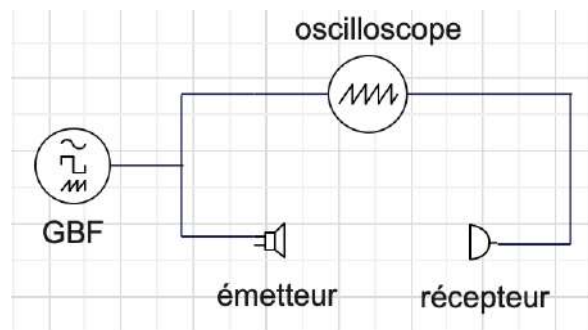


Figure 3 – Mesure de la célérité d'une onde.

2 L'onde mécanique progressive périodique

Lorsque le phénomène à la source d'une onde mécanique est périodique, chaque point du milieu de propagation subit une perturbation périodique. On peut donc dire que l'onde est périodique. Sa période est imposée par la source et ne dépend pas du milieu de propagation. Citation tirée du Hachette 1ère Spécialité.

1 Relation entre période, longueur d'onde et célérité

Vous êtes normalement familier avec les notions de période, fréquence ainsi que la longueur d'onde que vous avez normalement vu en seconde. Pour rappel (on est pas obligé de le mettre au tableau mais en slide ça peut aller). N'oubliez pas qu'il y a ici une double notion de périodicité, à la fois en

temps et en espace.

Définition – Période, T : Plus petit intervalle de temps au bout duquel un phénomène se reproduit identique à lui-même

Définition – Fréquence : C'est le nombre de période par seconde. C'est l'inverse de la période.

$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

Définition – Longueur d'onde : La longueur d'onde λ d'une onde progressive mécanique périodique est la distance minimale séparant deux points en phase du milieu matériel de propagation

La longueur d'onde d'une onde périodique est la distance parcourue par l'onde pendant une période :

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} \quad (3)$$

On met tout en unité Si et v la célérité de l'onde.

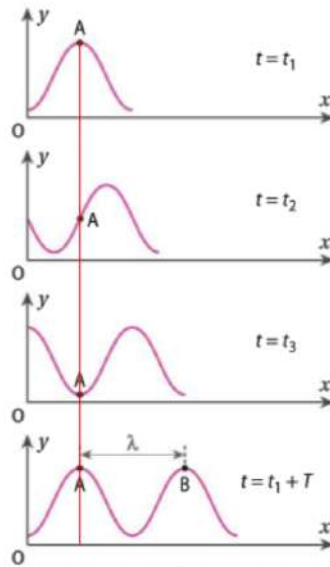


Figure 4 – Progression d'une déformation, source : Hachette 1ère Spécialité

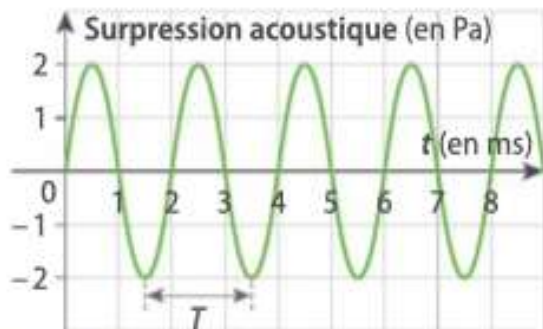
A partir de là on peut calculer la longueur d'onde du signal reçu. On reprend le montage précédent, et on met ici en continu pour avoir un nombre entier de longueur d'onde.

Remarque – Voir Fiche manip

On remonte à la longueur d'onde du signal émis. Discuter d'incertitudes.

2 Les ondes sinusoidales

C'est un type d'onde périodique qui apparaît lorsque la perturbation créée par la source est sinusoidale. On parle alors d'une onde progressive sinusoidale.



Doc. 11 Surpression acoustique sonore en fonction du temps.

Figure 5 – Onde sinusoidale associée à la surpression acoustique (onde sonore), source : Hachette 1ère spécialité

Remarque – Il faut être conscient des limites de cette modélisation. En effet, en physique vous rencontrerez beaucoup de signaux sinusoidaux. Néanmoins cette modélisation n'est souvent possible que sur un domaine de validité restreinte. C'est une approche simplificatrice. Il y a très peu de phénomènes qui donnent des signaux sinusoidaux. C'est souvent plus compliqué mais ça reste un bon moyen de voir les choses.

On peut alors écrire le signal sous la forme :

$$s(x, t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right)\right) \quad (4)$$

Ou encore :

$$s(x, t) = A \cos\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right) \quad (5)$$

Le signe dépend du sens dans lequel se propage le signal. C'est un moins si on se déplace dans le sens des x croissants. Avec la seconde forme on voit bien la double périodicité.

3 Les ondes sismiques

Pour des généralités : <https://www.maxicours.com/se/cours/les-ondes-sismiques/>. Pour des illustrations un peu plus jolies et pour un aspect un peu plus SVT : <https://www.schoolmouv.fr/cours/sismologie-et-structure-de-la-terre/fiche-de-cours>. Une activité est proposée dans le Hachette de 1ère.