

Titre : Ondes progressives, ondes stationnaires

Présentée par : Théo Le Bret

Rapport écrit par :

Correcteur : Jean Hare

Date : 14/04/20

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Tout-en-Un PC		Dunod	
Poly ondes	E. Thibierge		

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis : Mécanique du point, équation différentielle

Intro : Les phénomènes ondulatoires sont omniprésents (acoustique, ondes sur l'eau, ondes EM)
Comment les ondes se propagent-elles ?

Définition d'une onde :

« Propagation d'une perturbation dans un milieu, due au couplage entre deux champs (scalaires ou vectoriels) se traduisant par des échanges d'énergie entre ces deux champs. Evolution décrite par une équation aux dérivées partielles en temps et en espace. »

Plan

- 1) Ondes progressives
 - a) Modèle de la corde vibrante
 - b) Solutions de l'équation de d'Alembert : ondes progressives
 - c) Aspect énergétique et impédance
- 2) Ondes stationnaires
 - a) La corde de Melde
 - b) Solutions stationnaires et modes propres

(Pour plus de détails, cf photos du plan)

Concl. : Phénomènes ondulatoires dus au couplage entre deux grandeurs physiques (champ de vitesse/pression, champ E/champ B, tension/vitesse).

Ouvertures possibles : théorie des galaxies spirales de Lin-Shu

(https://en.wikipedia.org/wiki/Density_wave_theory), astrophysique

(<https://en.wikipedia.org/wiki/Asteroseismology>), bonnes intros pour des applications des ondes en astro.

Questions posées par l'enseignant

Vous avez commencé votre présentation avec des ondes sur de l'eau. Qu'est ce qu'il faudrait faire pour traiter ce problème ?

La surface de l'eau se comporte comme une membrane vibrante ?

Vous vous placez dans l'hypothèse des petits angles. Pourquoi y a-t-il un petit devant la longueur de la corde ?

Si je prend un γ donné tel que $\gamma = l/2$ et je multiplie l par 100. Est ce que ça va améliorer l'approximation ?

Quelles autres échelles de longueur dans le problème ?

Que faites vous quand vous supposez que l'onde est harmonique ?

Comment peut on montrer que la solution de l'équation de d'Alembert est la superposition d'une onde progressive et d'une onde régressive ?

Vous n'avez pas écrit l'énergie.

Les énergies cinétique et potentielle par unité de longueur.

Comment voit-on qu'elles se propagent ?

On pourrait avoir l'équivalent d'un vecteur de Poynting.

Comment l'écrirait-on ?

En analogie avec l'acoustique ?

Concernant l'impédance pourquoi il y a-t-il un signe moins ?

C'est une convention de signe sur la tension.

Le T est égal à T_0 ou pas ?

Oui dans le cas de l'approximation

Cette relation est valable pour toutes les ondes ?

À quoi sert l'impédance ?

En EM, quelle est l'impédance ?

$\sqrt{\mu_0/\epsilon_0}$

Quelle est sa définition ?

Ce qui lie les champs électriques et magnétique. Rapport de E/H

Sur votre simulation, je ne comprends pas avec l'anneau et la tige. Dans le cas où l'extrémité est fixé, que se passe-t-il ? En terme de coefficient de réflexion ?

Est ce qu'on pourrait faire une onde stationnaire avec uniquement la fonction g (régressive) ?

Est ce que dans le cas d'une corde on pourrait voir apparaître ces ondes (exponentielle amortie) ?

Pour trouver les modes, vous imposez $y(0,t) = 0$. Raffinez.

Pourquoi ne prend-on que des n positifs ?

Les n sont les nombres de ventres.

C'est quoi la définition d'un mode de vibration ?

Est ce qu'on est obligé d'avoir des conditions aux limites particulières pour avoir des ondes stationnaires ?

Quelles sont les conditions pour que deux ondes forment une onde stationnaire ?

Même pulsation et même amplitude.

Commentaires donnés par l'enseignant

L'hypothèse d'une onde harmonique doit être explicitée et justifiée au moment où c'est utile.
Vous ne pouvez pas ne pas prononcer le mot de « longueur d'onde » dans cette leçon.
Et il faut de toute façon l'introduire plus tôt dans la leçon.
Note : nombre d'onde = $1/\lambda$ sans le 2π .

J'aurais aimé une justification de la forme des solutions de l'équation de d'Alembert :
il faut utiliser les variables $u = x - ct$ et $v = x + ct$.

Parler de réflexion est indispensable.

Précisez à quoi appartient votre n (entier naturel/relatif).

Il est un peu discutable de tout faire sur la corde pour des raisons de variété.
Bein préciser que la corde est supposée inextensible et sans raideur

Il faut parler de l'énergie et si on veut un équivalent du vecteur de Poynting, il faudra écrire le produit des deux champs.

Si l'on parle d'impédance, il faut l'illustrer/l'utiliser (notamment concernant l'adaptation d'impédance).

.r

Partie réservée au correcteur

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.)

Le plan adopté I) ondes progressives, II) ondes stationnaires (dont applications) est bien sûr possible, mais un peu terne. Une alternative plus riche serait de traiter les 2 notions de façon générale dans une première partie et d'exploiter/illustrer dans différents domaines de la physique dans une seconde partie. Le jury compte là dessus.

Dans tous les cas, il faut sortir du seul cas de la corde de Melde, pour traiter , au choix (pas le temps de tout faire) acoustique, ondes de surface (trop dur et hors programme car fondamentalement 3D), ondes électromagnétiques, fonctions d'onde quantiques.

Le principal problème de progression ici est que le cas de l'onde harmonique n'est pas exploité et les grandeurs associées (fréquence, longueur d'onde) ne sont pas clairement définies en tant que telles, et il n'est pas très cohérent de n'en parler que pour introduire la notion de relation de dispersion. On doit aussi insister sur que ce choix qui est facultatif, bien que commode, pour des ondes « libres », s'impose dès que l'on cherche de ondes stationnaires (comme ici par la méthode de séparation des variables).

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates

Au-delà de ce qui est dit ci-dessus :

La notion d'impédance (limitée au seul cas des ondes progressives) doit être utilisée et pas seulement définie.

Il faut de toute façon parler de réflexion pour faire le lien entre OP et OS, et on peut parler ondes partiellement stationnaire et introduire le TOS.

Discuter le cas des CL extrémités fixées ou libres.

Pour les OS il faut aussi parler de résonance.

Il faut aussi parler de l'énergie (ou de la probabilité dans le cas quantique)

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

L'expérience de loin la plus simple est celle de la corde de Melde, qui permet de mettre en évidence un certain nombre de phénomènes , mais reste principalement limitée aux OS, et ne prête pas tellement à de mesures pertinentes (le plus intéressant ici est la détermination de la masse linéique de la corde, déduite de C , elle-même déduite de la position mesurée des nœuds de vibration)

Une expérience avec des ultrasons permet de faire davantage de choses, en ondes progressives notamment.

Bibliographie conseillée