

LP24 : Ondes progressives, ondes stationnaires

Vincent Canel – Alain Lombard – 06/11/15 - correcteur : MC

Messages à faire passer dans la leçon :

- diversité des ondes (domaines, types)
- équation de d'Alembert = équation centrale (linéarité, réversibilité), conséquence du couplage de deux grandeurs (via les équations à donner)
- équivalence des ondes progressives/stationnaires comme solutions, les unes se prêtant plus à l'étude que les autres selon le système considéré (si nœuds, ondes stationnaires)
- une solution générale s'écrit comme combinaison linéaire de ces solutions
- distinction oscillations libres/forcées pour la corde (éventuellement)
- équation de d'Alembert provient d'un modèle simplifié (approximations propres à chaque domaine), des termes peuvent être ajoutés... (ouverture sur la dispersion, pas révolutionnaire mais naturelle)

Plan choisi :

- I. Propagation d'une onde
 - 1) Onde mécanique à 1D
 - 2) Autres exemples
- II. Ondes progressives
 - 1) Des solutions
 - 2) Ondes progressives harmoniques
 - 3) Ondes électriques
- III. Ondes stationnaires
 - 1) D'autres solutions
 - 2) Modes propres (oscillations libres)
 - 3) Corde de Melde

Applications traitées :

- Ondes mécaniques dans une corde (établissement de l'équation de d'Alembert, modes propres, corde de Melde)
- Ondes électriques dans un câble coaxial (adaptation d'impédance)
- On peut traiter des ondes acoustiques et électromagnétiques, mais j'ai choisi de simplement les évoquer dans mon I2, d'autres leçons en traitant déjà par ailleurs.

Applications qui auraient pu être traitées :

- chaîne d'oscillateurs couplés (alternative à l'onde dans la corde pour l'établissement de l'équation de d'Alembert)
- ondes dans un solide élastique (avec module de Young)
- chaîne de pendules couplés, modèle des télégraphistes, etc (pour des équations d'ondes plus compliquées, plus à évoquer qu'à traiter selon nous)

Expériences présentées :

- Propagation d'une perturbation dans une corde
- Propagation d'ondes électriques (u et i) dans un câble coaxial, mesure de c, adaptation d'impédance
- Corde de Melde

Bibliographie et remarques bibliographiques :

- Ondes, Jean Marie Brébec, Hprépa 2^{ème} année, Hachette Supérieur
- Physique des ondes, Les nouveaux précis Bréal, L. Sartre, PC-PSI, Bréal
- Le rapport de passage à Cachan de Rachel Comte (2011-2012), assez complet même si le sujet a évolué, permet de se poser plein de questions.

Remarques importantes des rapports de jury :

- ne pas négliger les ondes stationnaires au profit des progressives
- la notion d'impédance est souvent mal maîtrisée
- un milieu à 1D peut être dispersif

Questions :

- forme de l'onde électrique qui se propage ? dispersion, pour une impulsion en créneau, des harmoniques sont perdues (réponse d'un filtre RC en gros)
- exemples d'autres équations d'ondes (avec dispersion, non linéaire, etc)
- équation de diffusion = équation de propagation ? c'est possible pour certains phénomènes
- une équation de diffusion qui caractérise un phénomène propagatif ? effet de Peau
- nature des ondes en acoustique ? vitesse et surpression, ondes longitudinales. Comment on les obtient ? Approximation isentropique/isotherme pour χ ? pas d'échange de chaleur car perturbation rapide donc isentropique. Test pour savoir si c'est bien isentropique ? mesure de c , γ intervient si c'est le cas (Laplace)
- exemples d'adaptation d'impédance en acoustique ? pavillon (adaptation géométrique, l'onde épouse la forme du pavillon), réveil dans une cloche sous vide (problème d'impédance intérieur/cloche/extérieur, la propagation a bien lieu à l'intérieur, le vide n'est pas assez poussé !!)
- lien entre dispersion et absorption ? $\text{Im}(k)$
- localisation énergie d'une onde stationnaire?
- vecteur de Poynting pour la corde ? Lien entre ce vecteur et l'énergie ? $P_i = cE$
- solution générale = (somme discrète de solutions) dans quel cas ? Quand elle est périodique, sinon c'est une transformée de Fourier

Commentaires :

- une leçon qui demande de faire de nombreux choix
- il faut utiliser des animations, pour illustrer la propagation d'une onde notamment (indispensable selon MC)
- prendre du temps pour établir l'équation de d'Alembert et en discuter correctement
- Impédance pas nécessaire mais enrichit la leçon