

MP 29 : Ondes, propagation et conditions aux limites

Présentation : Benjamin CRINQUAND le jeudi 1er décembre 2016

Correction : Marc VINCENT*, Anne-Emmanuelle BADEL †

Les commentaires suivants reprennent et complètent plusieurs remarques formulées à l'issue de la présentation. Il s'agit de mises en garde et/ou de propositions sachant qu'il appartient à chacun de faire ses choix et de les assumer ensuite sur la base éventuellement de ce rapport.

1 Extrait des rapports de jury

Jusqu'en 2007, le titre était : Ondes et impédances.

2015 Ce montage est riche car l'existence de conditions aux limites permet l'apparition de phénomènes aussi variés que la réflexion, la réfraction, la diffraction, les interférences... Dans ce contexte, on veillera à bien distinguer ondes stationnaires et ondes stationnaires résonantes. Notons enfin que la notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial. Enfin, la détermination de la fréquence de résonance de la corde de Melde à l'aide d'un stroboscope n'a pas de sens quand la corde est utilisée avec un générateur basse fréquence muni d'un fréquencemètre avec cinq digits.

2014 Ce montage est riche car l'existence de conditions aux limites permet l'apparition de phénomènes aussi variés que la réflexion, la réfraction, la diffraction, les interférences... Dans ce contexte, on veillera à bien distinguer ondes stationnaires et ondes stationnaires résonantes. Notons enfin que la notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial.

2013, 2012, 2011, 2010 L'existence de conditions aux limites permet aussi l'apparition de phénomènes de réflexion, réfraction, diffraction, interférence... La notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial.

2009 Remarque : Il n'est pas interdit de penser à d'autres domaines que l'optique.

2008 La notion d'impédance caractéristique n'est pas spécifique au câble coaxial.

2007 Ondes et impédances : Ce montage met traditionnellement en difficulté les candidats qui ne savent pas trop comment aborder la notion d'impédance. En 2008, le titre devient "Ondes : propagation et conditions aux limites".

2006 Ondes et impédances : Les deux parties du titre ne sont pas indépendantes et il est souhaitable d'illustrer sur ce montage le rôle que joue l'adaptation d'impédance dans la propagation des ondes.

2005 Ondes et impédances : Les notions d'onde et d'impédance ne doivent pas être totalement disjointes.

2 Commentaires généraux

Il ressort de la présentation proposée que du travail a été fourni pour préparer cette leçon mais il faudrait plus insister sur le rôle des conditions aux limites et leurs conséquences. On a l'impression lors de la présentation que le montage revient à calculer des vitesses de propagation, ce qui ne doit pas être le cas. Le rythme était correct, les manipulations relativement soignées. Attention cependant à la cohérence entre les valeurs des résultats et les incertitudes : $346,4 \pm 4$ n'est pas correct, il faut écrire 346 ± 4 .

Les réponses aux questions ont été satisfaisantes montrant une bonne maîtrise de ce qui a été présenté.

*marc.vincent@ac-lyon.fr

†anne-emmanuelle.badel@ac-lyon.fr

3 Commentaires détaillés

3.1 Introduction

L'introduction basée sur le rôle des conditions initiales était une bonne idée, il est dommage qu'elle n'ait pas tenu ses promesses dans la suite de l'exposé puisqu'il ressort surtout des mesures de célérité...

3.2 Propagation en milieu non dispersif

Attention à la mesure de la fréquence des ondes. Ici on a mesuré - comme cela a été noté lors des questions - la fréquence du signal envoyé à l'émetteur. Il ne faut pas penser qu'une mesure à l'oscilloscope est précise, un oscilloscope n'est pas un instrument de mesure mais un instrument de visualisation. Attention à être conscient que le passage par l'oscilloscope revient à utiliser deux capteurs : le capteur à proprement parler et l'oscilloscope. Dans les deux cas, on a une fonction de transfert : il faut s'assurer qu'elle ne perturbe pas la mesure notamment ici en termes de bande passante. Il faut connaître le fonctionnement des émetteurs d'ultrasons (modélisation par un filtre du second ordre) et savoir justifier les ordres de grandeur des fréquences utilisées.

Par ailleurs, lors de l'estimation des incertitudes, il aurait été opportun de dire un mot sur l'incertitude de la fréquence.

Pour la valeur théorique, il n'est pas nécessaire de se baser à la fois sur les données tabulées dans le Handbook et sur les valeurs obtenues à partir de la relation théorique issue de l'équation de propagation. Ceci est d'autant plus vrai qu'ici il y avait des incohérences dans les données.

Il faut bien connaître les conditions qui permettent d'arriver à l'équation d'onde et à la vitesse de propagation. La relation utilisée est celle obtenue sous l'hypothèse adiabatique et on néglige la dispersion et l'atténuation liée à la viscosité et à la diffusion de chaleur. Ici on travaille dans l'air qu'on peut considérer globalement comme un gaz diatomique (20 % de O_2 et 80 % de N_2 essentiellement), ce qui conduit à une masse molaire de 29 g.mol^{-1} et un coefficient $\gamma = 1,4$.

A noter qu'on n'a pas besoin d'étudier la structure de l'onde si on se limite à ce qui se passe sur l'axe comme cela a été le cas dans cette présentation. Il faut en revanche avoir des notions sur la structure en vue des questions (si l'émetteur a une structure cylindrique, il faut utiliser les fonctions de Bessel).

3.3 Conditions aux limites longitudinales

D'un point de vue pratique, on peut mettre un écran noir derrière la corde de Melde afin de mieux voir les fuseaux.

La vérification de la loi linéaire en commençant par un modèle affine pour lequel on constate que l'ordonnée à l'origine est très petite est une excellente idée. Attention *a priori* une incertitude ne comporte qu'un seul chiffre significatif.

Attention ici on n'a pas de modes propres car il y a un forçage lié à l'excitation. Bien se rappeler qu'au niveau de l'excitation, on n'a pas *a priori* un nœud mais que le déplacement va pouvoir être négligé à cause du phénomène de résonance. Il convient d'insister sur les modes plutôt que sur la célérité.

Il est nécessaire d'avoir en tête la définition du module d'Young ainsi que des ordres de grandeur.

Par ailleurs, la tension de la corde peut être considérée comme égale au poids de la masse suspendue sous l'hypothèse d'une poulie idéale.

3.4 Conditions aux limites transverses

C'est dans cette partie qu'il ne faut surtout pas chercher à mesurer une vitesse puisque celle-ci, vitesse de la lumière, est une constante fondamentale...

Il est nécessaire de connaître les principes des différents réglages (émission par diode Gunn, fonctionnement de l'ondemètre, réglage de la ligne de mesure) tant sur le plan pratique que théorique. C'était le cas, c'est bien.

3.5 Adaptation d'impédance

La présentation a été un peu rapide sur cette partie par manque de temps. C'est assez normal compte tenu de la richesse de la présentation. Il serait sans doute préférable de soigner une mesure quitte à oublier totalement

l'adaptation par le cornet par exemple.

4 Quelques alternatives possibles

Malgré les remarques des différents rapports de jury, il est possible d'introduire le câble coaxial à condition de ne pas se limiter à cette manipulation.

On peut également penser :

- au résonateur de Helmholtz pour les ondes sonores dans l'air,
- à la cuve à onde pour les ondes capillaires (ce dispositif peut également permettre d'étudier les phénomènes de diffraction ou d'interférences,
- aux ondes sur une chaîne de pendules,
- etc.

On pourra se reporter avec profit au "Dictionnaire de Physique Expérimentale", tome 1, La mécanique, de L. Quaranta, Ed. Pierson pour les aspects expérimentaux ou au livre de M. Soutif, "Vibrations, propagation, diffusion", Dunod.

5 Conclusion

Malgré des améliorations possibles, il s'agit d'une bonne présentation. Attention cependant il y a beaucoup de choses et notamment une théorie conséquente à maîtriser sur ce sujet que la présentation pourrait avoir masqué du fait que le sujet était maîtrisé et que cela a permis une bonne réactivité aux questions.