

LP 25 : Ondes acoustiques

Présentation : Antoine Essig

Correcteurs : Delphine Geyer (delphine.geyer@ens-lyon.fr)

Jalal Errami

- **Rapport du jury :**

2014 : Cette leçon peut être l'occasion de traiter les ondes acoustiques dans les fluides ou dans les milieux périodiques, certes, mais elle peut aussi être l'occasion de traiter les deux cas qui donnent lieu à des phénoménologies très différentes. 2013 : [À propos du nouveau titre] Le candidat est libre d'étudier les ondes acoustiques dans un fluide ou dans un solide élastique.

Jusqu'en 2013, le titre était : Ondes acoustiques dans les fluides. 2011, 2012, 2013 : Cette leçon peut être l'occasion d'introduire le modèle limite de l'onde plane progressive harmonique et de la comparer éventuellement à l'onde sphérique. Jusqu'en 2008, le titre était : Ondes sonores dans les fluides.

2008 : L'aspect énergétique est trop souvent négligé. L'approximation acoustique est souvent mal dégagée. Pour 2009, le terme sonore est remplacé par le terme acoustique pour indiquer qu'on peut s'intéresser à des signaux non audibles par l'homme.

2007 : L'aspect énergétique est trop souvent négligé. On remarquera que les ondes sonores ne sont pas toutes planes progressives et harmoniques.

Jusqu'en 2003, le titre était : Ondes sonores dans les fluides. Approximation acoustique. Aspect énergétique.

1999 : Est-il vraiment indispensable de se placer d'emblée dans le cadre formel de la mécanique des fluides ? Un modèle unidimensionnel et scalaire n'est pas sans intérêt pédagogique. Le développement de l'aspect énergétique doit faire apparaître une densité d'énergie et un vecteur de propagation.

- **Remarques générales sur le fond de la leçon:**

Cette leçon est une bonne leçon. Tous les points nécessaires pour la compréhension du phénomène des ondes acoustiques sont détaillés au cours de la présentation. Le choix de revenir très souvent sur les hypothèses du modèle qui sert à décrire le phénomène physique est judicieux. De manière générale, il faudrait essayer de plus soigner les transitions entre les parties et les sous-parties en commençant par reprendre les points importants qui ont été exposés et en faisant un véritable lien avec ce qui suit.

Les remarques suivantes reprennent ce qui a été dit durant les questions et la discussion qui ont suivi la présentation.

- **Remarques détaillées:**

Introduction

Il est bon de contextualiser la leçon comme ce qui a été fait et de donner des exemples de la vie courante où ce phénomène physique intervient. L'expérience de la bougie est intéressante car elle permet de bien expliquer le phénomène physique avec les mains. Il est très bien visible à l'oeil, l'utilisation de la caméra est superflue.

Modèle de propagation du son dans les fluides

Approximation acoustique

Cette partie a été bien menée. Attention, il manque une hypothèse dans l'approximation acoustique : tous les infiniments petits introduits doivent être du même ordre. Sinon la linéarisation qui est menée par la suite ne fonctionne pas. Il est bien d'introduire

l'adiabatisme en comptant le nombre de variable et en notant qu'il manque une inconnue. Il serait intéressant à ce moment là d'insister un peu plus sur l'aspect thermodynamique des phénomènes mis en jeu et des hypothèses que cela implique. (à ne faire que si le sujet est bien maîtrisé comme Antoine l'a montré au cours des questions).

Équation de propagation

C'est le moment où il est judicieux de développer un calcul en entier. Cette partie gagnerait à être accompagnée de quelques ordres de grandeurs justement choisis et commentés.

Retour sur les hypothèses

L'expérience proposée a sa place ici et permet en effet de revenir sur les hypothèses. Il faudrait cependant être plus précis sur la mesure (fixer les émetteurs et récepteurs, mieux mesurer la distance qui les sépare...).

Propriétés énergétiques et propagation

C'est le moment où il manque vraiment une transition. Annonce clairement ton but dans cette partie avant de la mener, tu gagneras en clarté.

Onde plane progressives harmoniques

Au moment d'introduire les OPPH il serait bon de rappeler pourquoi des solutions de cette forme sont intéressantes (linéarité du problème et décomposition en série de Fourier). L'impédance devrait être amenée de manière plus physique. Ici on a l'impression que c'est juste un coefficient de proportionnalité. Il peut être intéressant de développer une analogie avec d'autres phénomènes ondulatoires (déjà en prérequis) et l'électro-cinétique.

Aspect énergétique

Le bilan est bien mené. Attention pour les ODG toujours bien préciser à quelle distance on se place pour mesurer ces intensités.

Ici il manque également une transition. Il est bon d'expliquer qu'il faut vérifier certaines des hypothèses. Une manière naturelle de le faire pourrait être de poursuivre l'analogie avec l'électrocinétique. Pour un circuit RLC par exemple il y a un amortissement et l'onde ne se propage pas indéfiniment.

Influence de la viscosité

Amortissement

Au départ soit plus clair sur l'intérêt de cette partie.

Attention au développement de ce calcul, plusieurs erreurs s'y sont glissées...

Cisaillement

Cette partie est intéressante mais elle nécessite d'être bien maîtrisée. D'autres choix peuvent être fait.

- **Remarques sur les leçons en général:**

- Il peut être intéressant si vous avez des questions sur la forme de la leçon et du montage de lire le rapport du jury : <http://www.agregation-physique.org/index.php/rapports-de-jury/59-rapport-2016>. Il énonce de manière très claire les attentes de ce dernier. Dans le cas de l'agrégation docteur, je pense que toutes ces remarques restent pertinentes (notamment sur l'aspect pédagogique de l'épreuve : choix, qualités expérimentales évaluées...).

- **Questions :**

- Qu'est ce que l'approximation acoustique ?
- Pourquoi introduire une équation basée sur l'isentropisme ? Historiquement quelle

a été la première hypothèse posée ? Qu'est ce qui change si on fait l'hypothèse isotherme ?

- Quel est l'intérêt physique de présenter la solution en OPPH ?
- Pourquoi $\text{rot}(\mathbf{v})=0$ est important ici ?
- Retour sur l'adiabatisme et le coefficient de compressibilité isentrope. Quel lien avec le fluide parfait ? Faut-il nécessairement avoir un fluide parfait pour espérer être adiabatique ici ?
- Comment mettre en place le modèle pour les solides (les grandes lignes) ?
- Sur l'expérience : comment faire si tu n'as pas de mode burst sur les gbf du lycée ?
- Comment expliquer l'impédance de manière plus physique ?