

Onde plane progressive harmonique : modèle et limites

Maccary Romain

March 2021

1 Introduction

Partout autour de nous, on observe des phénomènes ondulatoires : propagation d'une onde sonore dans un fluide quand je parle, dans un solide lorsque je frappe dans mes mains, la lumière qui nous parvient provenant du Soleil ou d'une simple lampe est une onde électromagnétique. Bref, de nombreux phénomènes physiques peuvent être décrits de manière ondulatoire. Il paraît alors essentiel de développer un modèle permettant de décrire de la même façon tous ces phénomènes, c'est l'objet de cette leçon

2 Modèle de l'onde plane progressive harmonique

2.1 Equation de D'Alembert

Je développe ici l'exemple du câble coaxial, je me suis servi du cours d'Etienne Thibierge (E.T) pour cette partie. Après avoir établi l'équation de d'Alembert et l'expression de la célérité en fonction des inductances et capacités linéiques du câble, je fais une application numérique et je fais l'expérience (rapidement) de la mesure de c dans le câble coaxial. (Pensez à mettre une slide décrivant rapidement l'expérience, je ne l'ai pas fait). Prendre des valeurs qui donnent le même résultat que la mesure de c . J'avais pris des valeurs sur le site d'E.T mais elle ne donnait pas la même valeur que dans l'expérience. Ces valeurs là sont elles issues du tp d'élec de jbd :

$$\Lambda = 0,25H/m \Gamma = 100pF/m \quad (1)$$

ce qui donne une vitesse de $2 * 10^8 m/s$, c'est ce qu'on trouve en tp usuellement. Transition : L'équation de d'Alembert est une équation qui intervient dans de nombreux phénomènes ondulatoires (ne pas dire TOUS les phénomènes ondulatoires car ce n'est pas vrai), c'est la base du modèle de l'OPPH qu'on va développer par la suite.

2.2 Ondes planes

Je définis les ondes planes et je donne des exemples de surface d'ondes sphériques et planes en m'appuyant sur l'exemple des ondes à la surface de l'eau et de l'optique géométrique. Attention rajouter une seule coordonnée CARTESIENNE à la définition (typiquement une onde sphérique ne dépend spatialement que de r mais ce n'est pas une onde plane !)

2.3 Ondes planes progressives

Je définis les ondes planes progressives. La définition est un peu trop mathématique, donner plutôt du sens physique en montrant la figure classique du front d'onde qui avance à une certaine vitesse. J'ai aussi démontré que toute solution en onde plane de l'équation de d'Alembert se décomposait comme une somme de deux ondes planes progressives. C'est fait sur le site d' E.T mais le calcul est un peu long, mieux vaut admettre ce résultat pour avoir plus de temps pour faire le reste.

2.4 Ondes planes progressives harmoniques

Je donne la définition, j'introduis la notation complexe puis je remplace ma solution dans d'Alembert pour établir la relation de dispersion. Je définis vitesse de phase, vitesse de groupe. On peut aussi décider de faire la manip de la célérité à ce moment là

3 Limites du modèle de l'OPPH

3.1 Dispersion

J'ai choisi le modèle du plasma pour faire cette partie. Ce n'est pas un bon choix parce qu'il faut réintroduire un modèle avec pas mal d'hypothèses et les calculs sont longs. Timothée m'a conseillé de continuer le modèle du câble coaxial en ajoutant des pertes. On admet la relation de dispersion et on l'exploite en faisant apparaître dispersion et atténuation. Il faut aussi faire une partie sur le modèle du paquet d'onde, en expliquant que l'OPPH n'est pas physique car elle possède une extension spatiale et temporelle infinie.

3.2 Absorption

J'avais prévu de les aborder avec le câble coaxial avec pertes. Il existe une condition sur la valeurs des différents composants du câble (condition d'Heavyside) pour laquelle il y a propagation avec atténuation mais sans dispersion. (cf cours E.T)

Conclusion : vous pouvez conclure sur le guidage, cette fois ci l'équation d'onde est toujours une équation de D'Alembert, mais la dispersion provient des conditions aux limites. On peut s'appuyer sur le câble coaxial, c'est un

exemple d'onde guidée, l'onde se propageant entre deux conducteurs coaxiaux dans lesquels le champ électrique doit s'annuler (si ce sont des conducteurs parfaits).