

Rapport de correction de leçon de physique

– LP 27 : Propagation guidée des ondes (Session 2017) –

- Date et horaire : Jeudi 6 octobre 2016, 15h45-17h45 (Amphi. G)
- Présentateur : CHRISTOPHER MADEC (Bin 13)
- Correcteurs : BASTIEN LELU & HERVÉ GAYVALLET

Considérations générales sur la préparation d'un exposé.

- Avant d'aborder la préparation d'une leçon (ou d'un montage), il est essentiel d'avoir bien identifié la problématique que le titre pose ou sous-entend.
- Dans une toute première étape, il est indispensable de réfléchir par soi-même aux développements qu'inspire cette problématique.
- Naturellement, adopter d'emblée un plan de présentation des années passées, ou même celui d'un cours trouvé dans un ouvrage n'est pas une stratégie très profitable. Elle sollicite peu le sens critique et incite guère à se poser les questions qui devraient conduire naturellement à l'élaboration d'une trame de présentation.
- Gardez à l'esprit que vous serez assez peu jugés sur le plan ou sur les applications que vous choisirez mais plutôt sur votre compréhension du sujet que vous exposez. Cette compréhension transparaîtra à travers les argumentations, les analyses et les interprétations qui accompagneront vos développements.
- Enfin, il convient de rester circonspect dans l'interprétation des commentaires relatifs aux leçons (ou aux montages) des années passées que l'on peut trouver, ou même ceux apparaissant dans les rapports de jury. Se devant de rester assez généraux, ils sont le plus souvent décontextualisés.

Plan de la leçon présentée.

Leçon située niveau L2.

1. Introduction.
2. Guidage d'une onde EM entre deux plaques conductrices.
3. Le câble coaxial.
4. La fibre optique.
5. Conclusion.

Remarques et commentaires.

D'une manière générale, l'exposé a été très bien conduit : sujet maîtrisé et bien couvert, bon équilibre calculs/discussions, applications et ordres de grandeurs pertinents.

- Concernant le guide d'onde formé par deux plaques conductrices, on peut envisager une approche plus directe (d'ailleurs peut-être plus éclairante – voir complément ci-après) pour établir la relation de dispersion (ou seulement l'évoquer en complément du calcul).

- Bien que la relation de dispersion soit d'intérêt central, on peut consacrer quelques minutes à décrire la structure du champ dans le guide (par exemple, représenter le profil $E_0(x)$ pour le premier mode TE).
- 40 • Le câble coaxial (géométrie non simplement connexe) permet la propagation de modes TEM (à la différence d'un guide "tube" simplement connexe). Cette configuration du champ électromagnétique (\vec{E} radial et \vec{B} orthoradial) est d'ailleurs compatible avec celle du régime continu. On tire régulièrement profit de cette propriété lorsqu'on utilise un câble coaxial avec une différence de potentiel continue.
- 45 • Dans la description électrocinétique d'un câble coaxial on s'intéresse à la propagation du courant $I(x, t)$ et de la différence de potentiel $V(x, t)$... alors que dans la description ondulatoire précédente on n'a considéré que les champs \vec{E} et \vec{B} . Il ne faut donc pas oublier d'établir le lien afin de s'assurer que l'on décrit bien le même phénomène.
- Il ne faut pas omettre d'indiquer comment les différents composants introduits dans le modèle électrocinétique du câble peuvent être déterminés. C'est d'ailleurs sur cette analyse que s'appuie la modélisation.
- 50 • Soulignons que l'impédance itérative d'un câble modélisé sans élément résistif est réelle. Cela peut paraître contradictoire. Le générateur, connecté à l'entrée du câble (infini), doit lui fournir en permanence de la puissance afin d'étendre la propagation dans ce milieu infini (1D). Cette puissance reste toutefois toujours potentiellement utilisable (elle n'est pas convertie en chaleur).
- 55 • On peut évoquer l'analogie avec la résistance de rayonnement d'une antenne, ou le terme phénoménologique de "dissipation" introduit dans le modèle de l'électron élastiquement lié à un atome isolé.
- Le titre ne restreint pas, *a priori*, l'étude au seul cas des ondes électromagnétiques (ou à l'optique). Elle peut s'étendre naturellement à celui des ondes acoustiques (stéthoscope, guide à gradient d'indice dû à la stratification océanique ou guide entre fond et surface libre, ...).
- 60

Complément.

Considérons la figure (1) représentant une onde guidée entre deux plaques conductrices, du point de vue de l'optique géométrique.

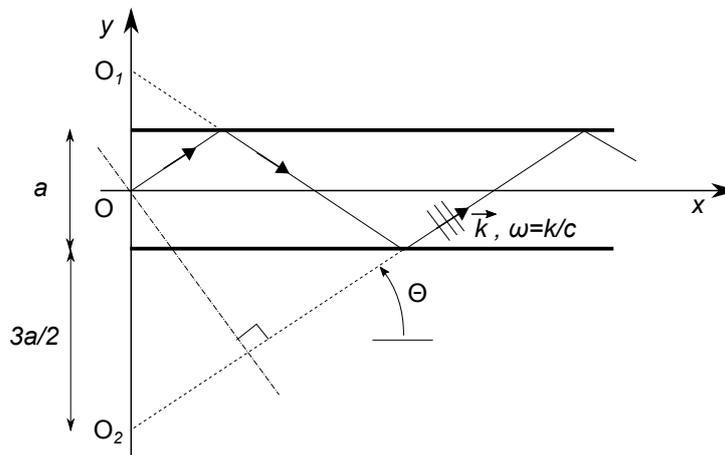


FIGURE 1 – Réflexions successives d'une onde électromagnétique guidée entre deux plaques conductrices.

65 **Approche interférentielle.**

La condition de concordance de phase entre deux rayons parallèles se traduit par la relation de quantification :

$$2a \sin \theta = p\lambda \quad (p \neq 0) \quad \text{soit} \quad k \sin \theta = p \frac{\pi}{a} \quad \text{avec} \quad k = \omega/c.$$

Par ailleurs, $k \cos \theta = k_x$.

70 Ce qui conduit à relation de dispersion : $k^2 = \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 = k_x^2 + p^2 \left(\frac{\pi}{a}\right)^2$.

Approche par condition de stationnarité.

L'onde dans le guide comprend une composante propagative, selon (Ox) , et une composante stationnaire, selon (oy) . La condition de stationnarité se traduit par la relation de quantification :

$$a = n \frac{\lambda_y}{2} \quad \text{ou} \quad k_y = n \frac{\pi}{a}$$

75 Par ailleurs $k_y = k \sin \theta$ et $k_x = k \cos \theta$ avec $k = \omega/c$.

Ce qui conduit à la relation de dispersion établie précédemment.

Naturellement, ces approches scalaires relevant de l'électromagnétisme géométrique ne considèrent pas la polarisation des champs. Leur portée se limite à l'établissement de la relation de dispersion.

★ ★
★