

**LP n° 30 Titre :** Rayonnement dipolaire électrique

**Présentée par :** Léa CHIBANI

**Rapport écrit par :** Gloria ROBERT

**Correcteur :**

**Date :** 8/11/2018

### Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Compétence prépa MP nouveau programme		Lavoisier	
J'intègre MP		DUNOD	
Physique	Hetch	Deboeck	

### Plan détaillé

Niveau : CPGE

Pré-requis : Onde électromagnétique dans le vide, équation de Maxwell, dipôle électrostatique

Plan détaillé :

Introduction

Les équations de Maxwell sont indépendantes de la fréquence et de la longueur d'onde. Quelle en est donc la cause ?

#### I. Le dipôle électrique oscillant

##### A. Définition

Dipôle oscillant

Présentation schématique du système

Définition du moment dipolaire

Exemples : atome soumis à une onde électromagnétique, antenne

##### B. Approximation

3 échelles de longueur dans ce problème qui permettent de faire différentes approximations

##### a. Approximation dipolaire

Ordre de grandeur pour l'atome et l'antenne

##### b. Approximation non relativiste

Traduction avec des tailles caractéristiques

Ordre de grandeur pour l'atome et l'antenne

##### C. Zones de radiation

Tableau comparatif des 3 zones (statique, intermédiaire, de rayonnement)

#### II. Rayonnement émis par le dipôle

##### A. Expression des champs **E** et **B**

Etudes des symétries et des invariances du système pour avoir les formes de **E** et **B**.

Expressions de **E** et **B**.

Commentaires sur les formules.

##### B. Analyse des champs **E** et **B** émis.

Ordre de grandeur des amplitudes de chaque terme dans les expressions de **E** et **B**.

Comparaison des différents termes dans chaque zone.

Zone statique : même champ **E** que pour un dipôle statique

Zone intermédiaire : il faut tout prendre en compte

Zone de rayonnement : Expression de **E** et **B** + interprétation (charge accélérée, lien entre **B** et **E**, onde plane localement, anisotropie, dépendance en  $1/r$ )

#### III. Puissance rayonnée

A. Vecteur de Poynting  
Calcul du vecteur.  
Calcul de la puissance moyenne → Théorème de Larmor  
Ex : corps humain qui rayonne dans l'infrarouge  
Python : diagramme de rayonnement  
Couleur bleu du ciel

IV. La diffusion de Rayleigh  
Expérience de la cuve

### Questions posées par l'enseignant

- o « Toute charge accélérée rayonne une onde électromagnétique » est-ce que vous avez montré ? Qu'est-ce qui rayonne ici ?
- o Si vous avez montré que c'est le dipôle oscillant qui rayonne pourquoi avez-vous dit l'affirmation précédente ?
- o Est-ce qu'une charge seule accélérée rayonne ?
- o Y a-t-il une différence entre le rayonnement d'une charge et d'un dipôle ?
- o Si je vous dis « Abraham-Lorentz » vous me dites quoi ?
- o « Toute charge accélérée rayonne de l'énergie » vous avez montré qu'elle rayonnait quoi ?
- o Pourquoi le fait que les champs **E** et **B** sont en  $1/r$  conserve l'énergie rayonnée ?
- o Vous moyenniez sur quoi pour calculer la puissance moyenne ? Pouvez-vous me définir la valeur moyenne de la puissance ? Comment vous définissez l'opérateur  $\langle \dots \rangle$  ?
- o Pouvez-vous expliquer les maximums et les minimums du vecteur de Poynting ? (dû à un problème de recopiage des formules au tableau)
- o Est-ce que **E** et **B** ne dépendent vraiment pas de  $\phi$  ?
- o Comment on retrouve les expressions de **E** et **B** ? (méthode et limites)
- o Est-ce que vous avez des commentaires sur la notion des potentiels retardés ? Explication pédagogique pour les élèves ?
- o Un commentaire profond sur la notion de potentiel retardé ?
- o Quelle est une définition rigoureuse d'un dipôle ? (neutralité, statique...)
- o Est-ce qu'il existe des dipôles autres qu'électrique ?
- o C'est quoi un dipôle magnétique ?
- o Est-ce qu'un dipôle magnétique rayonne ?
- o Vous savez me dire qqch du rayonnement d'un dipôle magnétique ?
- o Est-ce que vous avez entendu parler d'un Prix Nobel récent où le problème de rayonnement était central ? (Ondes gravitationnelles)
- o Quel est le système le plus simple qui émet des ondes gravitationnelles ?
- o Quel est la différence évidente entre un système de deux masses et un système de deux charges ?

### Commentaires donnés par l'enseignant

- La notion de dipôle n'a de sens que si on regarde **loin** du dipôle
- Avoir des notions sur le dipôle magnétique
- Question qui tue : comment ça marche la réception d'une onde sur une antenne ? (savoir écrire des équations « bêtes »)
- Dire « célérité » de la lumière et pas « vitesse » (à la limite « vitesse de propagation »)
- **E** et **B** dépendent de  $\phi$  mais pas leur valeur algébrique
- Toutes les charges accélérées rayonnent mais le rayonnement est négligeable tant qu'elles ne sont pas relativistes.
- Force d'Abraham-Lorentz = force de freinage due à la perte en énergie par rayonnement (très complexe)
- Est-ce que les équations de Maxwell sont réversibles ? Oui (écrire la réversibilité).
- Fonctions de Green liées aux potentiels retardés (à lire pour se détendre un soir)
- Bien faire la manipulation ! Attention à l'explication... M.Debeasch n'a pas trouvé d'explication convaincante. Si on trouve une bonne explication, le jury sera content. Il y a une notion d'incohérence optique dans le phénomène (il faut le dire)

**Partie réservée au correcteur**

**Avis sur le plan présenté**

Bon plan

**Concepts clés de la leçon**

Rayonnement dipolaire !

**Concepts secondaires mais intéressants**

Potentiels retardés, diffusion de Rayleigh, freinage par rayonnement

**Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)**

Diffusion Rayleigh et expérience numérique : tracer les champs et le vecteur de Poynting dans plusieurs zones

**Points délicats dans la leçon**

Couleur rouge du ciel au coucher de soleil et potentiels retardés

**Bibliographie conseillée**

Landau tome 2 et Jackson