

# LP 16 : Rayonnement D'équilibre Thermique, Corps Noir

Correcteur : Mélanie Lebental

Niveau : L2:

Prérequis :

- *Thermodynamique (bilan, équilibre thermodynamique, transfert par conduction, par convection)*
- *Electromagnétisme : (en particulier énergie électromagnétique vecteur de pointing)*

## Plan

**Intro** : Au soleil on a chaud  $\leq$  on reçoit un transfert thermique due au rayonnement on peut faire l'expérience ici même.

On place un thermomètre dans le faisceau d'une lampe loin de celle-ci et on constate l'élévation en température. Le rayonnement cède de l'énergie à la matière inversement la matière chauffé émet un rayonnement : exemple du filament.

## I/ Cadre du problème

### 1) Interaction matière rayonnement

Donner les grands principes de l'interaction lumière matière. Evoquer l'importance de cette interaction pour l'établissement de l'équilibre thermique pour le rayonnement. CF Aslangul

### 2) Définition

Définition propre des grandeurs photométrique et des relations qui les relient dans le cas d'un rayonnement isotrope. Considération sur les flux incident émis absorbé réfléchis

### 3) Equilibre radiatif, thermique.

Pas simple !!

Prendre la définition du Dunod

Remarque du correcteur : ne pas y passer trop de temps, peut-être donner dans la foulée la def du corps noir.

### 4) Corps Noir

Définition

Propriété

Exemples de corps noir réel en fonction des longueurs d'onde

## **II/ Propriétés du rayonnement d'équilibre Thermique**

### 1) Elément historique

CF Aslangul + Dictionnaire de la physique

Parler des travaux qui ont précédé ceux de Planck et donner le contexte de l'époque

En montrant les différentes courbes comparées aux courbes théoriques

Rq de la Correctrice : Le corps noir était un problème clef de l'époque : on cherchait à contrôler l'énergie du rayonnement (vase dewar) et à produire de l'énergie lumineuse (amélioration des lampes à incandescence). C'est pour cela qu'on a mis en évidence pour la première fois les effets de la mécanique quantique sur ce phénomène plutôt que sur le problème de la capacité thermique des solide pourtant plus simple conceptuellement.

### 2) Loi de Planck

- J'explique comment Planck trouve sa loi et quelle interprétation.
- Je donne la loi

J'insiste sur le caractère révolutionnaire de la théorie et sur l'ampleur de ses conséquences.

- Je vérifie que les limites de la loi redonnent Rayleigh-Jeans et Wien
- Je retrouve la loi de déplacement de Wien, l'interprète, et donne un tableau d'exemple et d'Odg.

Faire un commentaire sur le fond diffus cosmologique et sur l'efficacité des lampes a filament.

Application a l'astrophysique avec la mesure de la température des étoiles.

- Je retrouve la loi de Stefan.

## **III/ Application**

Exercice sur la température d'une planète l'effet de serre [Tech et doc'](#)

**Conclusion** : Problème à la fois fondamental et technologique avec de nombreuses applications tout autour de nous ouvrir sur la MQ ou sur une des applications non citée.

### **Remarque de nous** :

Les grandeurs photométrique et la notion d'équilibre thermique (local global spectral...) ne s'improvise pas ! Il faut y avoir réfléchi avant.

### **Autre idée de plan plus orienté sur les applications** :

I/ Généralité

- 1) Interaction lumière matière
- 2) Grandeurs photométrique
- 3) Du rayonnement d'équilibre au corps noir

#### II/ Loi de Planck

- 1) Historique
- 2) Loi de Planck
  - a. Hypothèse
  - b. Loi
  - c. Rqs

#### II/ Loi de déplacement de Wien

- 1) Loi(Odg)
- 2) Application

#### II/Loi de Stephan

- 1) Loi Démo et rq
- 3) Application

#### **Commentaires de la correctrice :**

Intro bien, Leçon pas mal mais trop de temps passé sur la première partie ( 25mn) Il faut aller plus vite sur les généralités. Original de la placer au niveau L2. On peut aussi la placer au niveau L3. On peut démontrer la loi de Planck ou de Rayleigh jeans mais ça prend du temps et ce l'est pas obligatoire même au niveau L3.

Manip' : bien on peut utiliser le dispositif prévu à cet effet, on peut aussi prévoir un spectro pour observer la loi de Wien.

On peut aussi parler des lois de Kirchhoff

Evoquer le fait que les lampes à incandescence ne sont plus sensées être commercialisé depuis 2013.

Pour aller plus loin sur l'effet de serre : Epreuve A 2011

#### **Autre Idée d'application :**

Astronomie

Etude des sources lumineuse

Astrophysique Etude les spectres des étoiles

Dans les techniques de l'ingénieur :

Pyrométrie (aussi dans le tout en un)

Revêtements Spatiaux  
Cryogénie  
Vase Dewar

### Dans le cours de l'X

Four solaire  
Température des planètes

### A savoir faire :

Savoir démontrer Planck et Rayleigh-Jeans si on ne présente pas les calculs

Bien maîtriser les grandeurs photométriques

Bien connaître les différentes sources lumineuses (tube fluo, lampe basse consommation, LED blanche, Lampe quartz Iode...)

Savoir retrouver la loi de Stefan à partir de la thermo (CF [Aslangul ou anale de 2001](#))

### Questions :

La température 286K pour la surface de la terre est-elle satisfaisante ? Oui car proche de celle mesurée mais pas fiable car le modèle est simpliste.

Fait-il plus froid après une nuit couverte ou dégagée ? *Dégagée car l'eau absorbe l'IR et permet de conserver une partie de l'énergie emmagasinée dans la journée.*

Quelle est la température associée au rayonnement cosmologique ? *2,7 K, Les inhomogénéité de ce fond diffus donne des infos sur l'état de l'univers primordial*

Le soleil est-il un corps noir ? *Oui il absorbe tout le rayonnement*

Pourquoi le rayonnement d'équilibre thermique est homogène et isotrope ?

*Ca découle de l'équilibre thermique sinon on aurait des flux thermiques non nuls dans le système ; mais c'est pas si simple à démontrer proprement.*

Emittance ou exitance ? *Exitance c'est le nouveau terme emittance l'ancien.*

Démontrer les relations entre les grandeurs photométriques dans le cas d'un rayonnement isotrope.

Comment fonctionnent les différentes lampes ? CF Sextant

A l'équilibre thermique la paroi est elle un corps noir ? *Oui*

Qu'est ce qu'un corps gris ? *Un corps qui n'absorbe pas l'intégralité du rayonnement.*

Peut-on réaliser un condensat de photon ? *Non car leur nombre n'est pas fixé ;*

## **Références :**

Introduction, éléments historiques, Calculs de Physique statistique, subtilités : **Aslangul, Mécanique quantique Tome 1.**

Plan et application :

**Thermodynamique MP Claude Maître**

**Tec et doc MP ancien programme**

**Tout en un Dunods**

Grandeurs photométriques : **Sextant**