

Arnaud Le Diffon[†], DER de physique, ENS Paris-Saclay
Responsable du M2 FESup physique

Table des matières

1	Objectifs et messages forts de la LP (aspect disciplinaire)	1
2	Prérequis	1
3	Introduction générale de la leçon	1
4	Plan	2
4.1	Fondamentaux des transferts thermiques radiatifs	2
4.2	Bilan radiatif de la Terre, effet de serre	2
5	Ouvertures possibles, prolongements et conclusion de la leçon	2
6	Questions posées à l'issue de la présentation	2
7	Remarques	3
8	Bibliographie pour construire la leçon	3

1 Objectifs et messages forts de la LP (aspect disciplinaire)

- ▷ connaître les lois de base du rayonnement thermique et savoir les appliquer sur des exemples simples ;
- ▷ comprendre les principaux mécanismes de l'effet de serre (absorption par l'atmosphère d'une partie du rayonnement émis par le sol, dans l'infrarouge) ;
- ▷ prendre du recul sur les émissions de gaz à effet de serre et comprendre les enjeux écologiques qui y sont liés.

2 Prérequis

- ▷ Thermodynamique (L1) ;
- ▷ Loi de Wien ;
- ▷ Introduction à la physique quantique, constante de Planck ;
- ▷ spectroscopie infrarouge.

3 Introduction générale de la leçon

Présentation des trois grands mécanismes de transfert thermique : focus sur le rayonnement pour expliquer l'effet de serre.

4 Plan

4.1 Fondamentaux des transferts thermiques radiatifs

► Différents types de milieux

Milieu transparent, semi-transparent, opaque ; corps diffus, gris, noir.

► Loi de Stefan

La loi de Planck permet de la retrouver par intégration, on retrouve la loi de Wien en dérivant

► Bilan radiatif, conventions algébriques

Transition didactique : Munis de ces nouvelles notions, nous allons expliquer le phénomène d'effet de serre au moyen d'un bilan radiatif de la Terre.

4.2 Bilan radiatif de la Terre, effet de serre

► Un premier modèle

notion d'albédo, hypothèses pour le modèle, bilan radiatif (voir Épreuve A 2011)

► Rôle de l'atmosphère

Prise en compte de l'absorption partielle du rayonnement émis par le sol

► Gaz à effet de serre

Spectroscopie infrarouge pour observer que ces gaz absorbent dans l'infrarouge Données du GIEC sur les émissions de gaz à effet de serre

5 Ouvertures possibles, prolongements et conclusion de la leçon

Ouverture sur un autre mécanisme de TT : la conduction thermique et l'équation de diffusion.

6 Questions posées à l'issue de la présentation

- ▷ Pourquoi utiliser la luminance pour la loi de Planck alors que la leçon s'adresse à des L2 ? *C'est la grandeur naturelle de la loi de Planck qui permet de retrouver la loi de Stefan par intégration, en utilisant une densité volumique d'énergie il y a un facteur $\frac{c}{4}$ qui apparaît et ne me semblait pas évident à introduire. Remarque du correcteur : cacher la poussière sous le tapis et parler de "vecteur de Poynting du rayonnement thermique" pour rester à un niveau L2.*
- ▷ L'absorption infrarouge des GES est-elle une caractéristique ou une définition ? *Plutôt une définition mais il peut y avoir d'autres caractéristiques en jeu.*
- ▷ Si l'on recouvrait la Lune de peinture noire, est-ce que l'albédo augmenterait ou diminuerait ? *Il augmenterait (?), explication avec l'état de surface de la Lune et les poussières*
- ▷ Qu'est-ce que l'émissivité ? *Noter que cette grandeur contient les infos sur la dépendance en la longueur d'onde et la direction d'incidence de l'interaction entre le rayonnement et la matière. Permet d'adapter la loi de Stefan à des corps non noirs.*
- ▷ Qu'est-ce que la constante solaire ? *Puissance solaire interceptée par la section terrestre. Retenir qu'un panneau solaire de surface 1 m^2 reçoit 1 kW (prise en compte de l'albédo), ordre de grandeur de la puissance des appareils électroménagers type radiateur.*
- ▷ Quelles autres sources pourrait-on prendre ne compte dans le bilan ? *Autres étoiles, radioactivité mais leur contribution est négligeable.*

- ▷ Comment réaliser expérimentalement un corps noir ? *Four en brique à une température T dans lequel on perce un petit trou : le trou constitue un corps noir.*
- ▷ On entend parfois que l'atmosphère est saturée en dioxyde de carbone et donc que l'effet de serre est pipé ? *L'émission de davantage de dioxyde de carbone augmente l'épaisseur de la couche de dioxyde de carbone (voir modèle à N vitres dans l'article de Dufresne.*

7 Remarques

- ▷ bien insister sur le système considéré pour chaque bilan radiatif
- ▷ ne pas parler de luminance mais de "vecteur de Poynting" du rayonnement thermique pour éviter les problèmes
- ▷ raccourcir la première partie pour éviter que l'on nous reproche un hors-sujet
- ▷ utiliser ce temps pour exploiter davantage les données du GIEC, développer le modèle à N vitres ou encore calculer la contribution de la radioactivité et montrer qu'elle est négligeable
- ▷ très bien d'utiliser le résumé pour politiciens du GIEC (aspects pédagogiques pour des gens qui ne comprennent pas bien les phénomènes)

8 Bibliographie pour construire la leçon

- ▷ Épreuve A 2011 de l'agrégation externe de Physique-Chimie option Physique
- ▷ *L'effet de serre atmosphérique : plus subtil qu'on ne le croit !*, Dufresne et Treiner
- ▷ Summary for Policymakers du GIEC
- ▷ <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/gaz-effet-serre.xml>
- ▷ https://www.wikiwand.com/fr/Loi_de_Planck#:~:text=La%20loi%20de%20Planck%20d%C3%A9finit,l'a%20formul%C3%A9e%20en%201900.

- BONNE PRÉPARATION -