

MASTER PHYSIQUE

PARCOURS PHYSIQUE OCÉAN ET CLIMAT

semestre 9 Physique POC

SPÉCIALITÉ HAUTURIÈRE

Dynamique atmosphérique

Présentation

Cet enseignement vise à une compréhension des processus physiques expliquant la structure moyenne de l'atmosphère, en termes de dynamique (circulation des vents) et thermodynamique (température, humidité).

4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 8h

This course is an introduction to the dynamics of the atmosphere. Because the atmospheric circulation is a coupled radiation-hydrodynamics problem, this course will focus on both radiative transfer and tropical and mid-latitudes dynamics. English friendly course

Objectifs

La dynamique des enveloppes fluides superficielles des planètes est gouvernée par une multitude de processus physiques dont les échelles spatiales et temporelles s'étendent respectivement du millimètre au millier de kilomètres et de la seconde au millénaire. Moyennées sur une échelle de temps suffisamment longue, les interactions entre les différentes composantes (atmosphère, hydrosphère, cryosphère, lithosphère et biosphère) que constituent ces enveloppes donnent lieu à un état moyen qui caractérise ce que l'on définit comme le Climat. L'objectif du cours est de permettre à l'étudiant d'acquies les notions de base nécessaires à la compréhension de ce système (en particulier l'atmosphère).

The objective is to understand the fundamental physical principles that govern the motion of the atmosphere. Students will explore the dynamics of the atmosphere and the mathematical laws governing the large-scale circulation and climate. Students will learn aspects such as the origin of the greenhouse effect and the physical mechanism behind the origin of the mid-latitude surface westerlies.

Pré-requis nécessaires

M1 PM POC ou équivalent

Vector calculus, basics of fluid mechanics, geophysical fluid dynamics, and applied mathematics.

Compétences visées

A l'issue de ce cours les étudiants devront être capables de résoudre des problèmes simples de transfert radiatif appliqués à la Terre ou autres planètes (Mars, Venus, etc) via des méthodes analytiques ou numériques, et de comprendre l'impact des différents types de forçages (forçage par les tourbillons, forçage orographique, forçage diabatique) sur la circulation moyenne des vents de surface et d'altitude. Ce socle de connaissances permettra à l'étudiant d'appréhender des problèmes plus complexes en lien avec la variabilité de l'atmosphère, de l'interaction de celle-ci avec les autres composantes du système climatique (en particulier l'océan et la glace de mer), ou enfin de la réponse de l'atmosphère à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre.

Identifier, sélectionner et analyser avec esprit critique diverses ressources spécialisées pour documenter un sujet et synthétiser ces données en vue de leur exploitation

récolter des données terrain ou en laboratoire et connaître les méthodologies et instruments de mesures

avoir une culture des ordres de grandeur du système océan-atmosphère-climat pour qualifier ou analyser des observations

développer des calculs nouveaux à partir de calculs existants pour résoudre un problème original

Identifier les usages numériques et les impacts de leur évolution sur le ou les domaines concernés par la mention

identifier les outils et ressources numériques pour le problem solving et savoir valider les résultats

identifier les outils numériques dans l'obtention d'information et dans la diffusion de connaissances

Mobiliser des savoirs hautement spécialisés, dont certains sont à l'avant-garde du savoir dans un domaine de travail ou d'études comme base d'une pensée originale.

Acquérir des connaissances thématiques spécialisées en physique marine
 Appliquer les théories et outils analytiques et numériques sur des problèmes thématiques puis transverses
 Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles procédures et intégrer les savoirs de différents domaines
 Associer à la connaissance thématique, la pratique de problem solving
 Conduire une analyse réflexive et distanciée prenant en compte les enjeux, les problématiques et la complexité d'une situation ou question scientifique afin de proposer des solutions adaptées et/ou innovantes avec les outils appropriés
 Savoir classer les questions scientifiques et les résultats par typologie et ordre d'importance
 Avoir acquis l'expertise sur la structure et l'organisation des rapports et articles scientifiques
 Savoir produire des figures scientifiques en fonction du contenu d'information souhaité
 Analyser et résoudre un problème de physique marine à partir d'informations fragmentaires ou de sources d'information dispersées ; identifier les processus physiques et les quantifier
 Quantifier les éléments individuels et structurels du système

Descriptif

L'accent sera mis sur la convection profonde (sèche et humide), le transfert radiatif, l'effet de serre, la circulation générale de l'atmosphère, les conséquences élémentaires de la rotation d'une planète et de la stratification des fluides sur la circulation des vents.

This course is divided into 3 parts. Lectures notes (180 pages, written in English) are available for this course.

Chap1. Temperature and humidity in the Earth's atmosphere

- Description of the mean state of the atmosphere
- Thermodynamic fundamentals, potential temperature
- Thermodynamics of water vapour
- Convection : lifted condensation level, dry and moist adiabatic lapse rates

Chap2. Radiative transfer

- Radiation laws (Planck, Stefan-Boltzmann)
- Scattering
- Phenomenology of absorption of radiation, Beer-Lambert law, optical thickness
- Spectral lines, Doppler and pressure broadening of spectral lines
- Observed Earth's energy balance, emission temperature
- Elementary models of the greenhouse effect
- Radiative transfer equations : Schwarzschild equations without scattering
- Emission level and the mechanism of CO₂ induced warming
- The gray gas approximation
- The height of the tropopause
- Pure radiative equilibrium of a gray gas atmosphere

Chap3. Dynamics of the zonally-averaged circulation

- Geostrophic and thermal wind balance in pressure coordinates
- Angular momentum (zonal mean conservation, transport)
- Anelastic approximation
- Hadley Cell dynamics (The Held and Hou model)
- Eddy effects on the Hadley Cell
- Hide's theorem and the importance of viscosity
- Mid-latitudes dynamics : the eddy-driven Ferrel cell
- The mechanism of jet production at mid-latitudes
- Rossby waves and momentum flux
- Wave activity and wave-mean flow interaction
- The Eliassen-Palm flux
- Transformed Eulerian Mean (TEM) theory

Bibliographie

Physics of climate, Peixoto and Oort.

Global physical climatology. Hartmann

Principles of planetary climate. Pierrhumbert

Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

| Nature de l'enseignement | Modalité | Nature | Durée (min.) | Coefficient | Remarques |
|--------------------------|----------|--------------------------|--------------|-------------|-----------|
| | CC | Autre nature | | 50% | |
| | CT | Ecrit - devoir surveillé | 180 | 50% | |

Session 2 : Contrôle de connaissances

| Nature de l'enseignement | Modalité | Nature | Durée (min.) | Coefficient | Remarques |
|--------------------------|----------------|--------------|--------------|-------------|---|
| | Autre modalité | Autre nature | | | oral commun de 40 mn pour toutes les matières |