

## Master 1 physique UE : Énergies

José Halloy, Eric Herbert

L'UE vise à donner les éléments physiques fondamentaux les plus importants pour comprendre la physique de la production, du transport et de l'utilisation de l'énergie. 5 ECTS répartis en 42h de cours, 9h de TD et deux groupes de 8h de TP.

### **Pourquoi cet enseignement ?**

Les énergies conventionnelles et celles dites renouvelables sont des éléments clés de la transition énergétique qui est indispensable pour répondre au défi du réchauffement climatique. Vu que c'est un enjeu majeur pour l'humanité, il est apparu nécessaire à l'UFR de physique de Paris 7 de créer un cours portant sur la physique des énergies y compris les énergies renouvelables.

Ce cours est de 5 ECTS répartis en 42h de cours, 9h de TD et deux groupes de 8h de TP. Le cours tente de couvrir le champ des énergies, de leurs impacts sur le mix énergétique mondial et français, de la transition des filières nucléaires et combustibles carbonés vers les énergies dites décarbonées et renouvelables, en incluant une brève description des enjeux géopolitiques et socio-économiques actuels.

Après une présentation générale de l'énergie, ce cours porte entre autres sur la production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire, sur trois filières dites renouvelables : le solaire thermique, le photovoltaïque et l'éolien. Essentiellement, les phénomènes physiques seront abordés, bien sûr du point de vue de la physique mais aussi celui des contraintes techniques. Une courte présentation de notions économiques liées au coût de l'électricité est donnée.

Les exercices de TD ponctuent le cours d'exemples concrets, soit par une application directe soit des problèmes d'examens.

Les TP sont principalement liés au photovoltaïque : caractérisation de cellules solaires, influence du rayonnement direct et diffus, panneaux solaires et foisonnement, spectre lumineux et absorption.

Un banc de TP standard d'électrolyse de l'eau et de reformage de l'hydrogène dans une pile à combustible type PEMFC est présente pour les étudiants de l'EIDD.

### **Programme des cours**

#### **Anthropocène et contexte socio-économique.**

Contexte économique et réchauffement climatique, base matérielle des technologies, notions de ressources flux et stock. Bref rappels sur la géophysique de la biosphère et des flux d'énergies associés (solaire, géothermique).

## **Panorama des énergies**

Rappels sur la notion d'énergie. Présentation générale de la situation énergétique mondiale, européenne et française. Introduction et présentation du cours ENER de master 1. Les différentes technologies des énergies. Les besoins énergétiques. Les gaz à effet de serre et le réchauffement climatique.

## **Thermodynamique de la conversion (**

Au delà de Carnot: la machine de Curzon-Ahlborn, cas des machines non endo-reversibles, thermodynamique du gaz de photon, conversion d'énergie dans le vivant. Notions d'efficacités thermodynamiques.

## **Gisement éolien ZDE et puissance du vent**

Puissance du vent. Mesures de la vitesse du vent. Variation avec la hauteur et rugosité. Variation annuelle et statistique. Distribution de Weibull et de Rayleigh. Estimation de la production énergétique d'une centrale : ZDE. Prix de revient de l'électricité.

## **Physique des éoliennes**

Relation de Betz des vitesses. Moment et poussée. Loi de Bernoulli et moteur éolien. Limite de Betz. Facteur d'induction. Coefficient de puissance et de poussée. Éolienne à force de trainée exemple : Savonius.

## **Lumières du soleil**

Spectre solaire TOA. Spectre solaire et puissance au niveau de la mer. Effet de serre. Rayonnement direct et diffus. Position de la planète et position des capteurs solaires. Pyranomètre et luxmètre.

## **Processus radiatifs, thermiques et convectifs**

Rappel corps noir. Emission, luminance, loi de Lambert, indicatrice. Corps gris et corps réels. Absorption, réflexion, transmission. Échanges radiatifs, formule de Bouguer. Facteurs de forme. Transferts de chaleur par conduction, convection (libre et forcée), massique. Échangeur de chaleur.

## **Physique des Capteurs thermiques**

Chauffage solaire de l'eau. Couverture, absorbeur, isolant. Bilan énergétique. Puissance absorbée. Puissance utile. Rendement, formule HWB.

## **Physique des cellules solaires**

Cellule solaire : de la jonction à la réponse spectrale. Rappels sur les semi-conducteurs et la jonction PN. Génération et recombinaison pour le photovoltaïque. Efficacité quantique et réponse spectrale. Paramètres et caractérisation des cellules réelles. Balance détaillée, efficacité et limite de Shockley et Queisser.

## **Introduction aux centrales nucléaires.**

Fission de l'uranium, fonctionnement d'un réacteur, déchets.