

Intitulé de l'Unité d'Enseignement	Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiments	Code de l'UE	5AExx
---	--	---------------------	-------

Rédacteurs (principaux, 3 maxi) de l'UE

Nom, Prénom, qualité	BOISSON Pierre Ingénieur de recherche	ANSANAY-ALEX Guillaume Ingénieur de recherche	EL KHOURY, Khalil Professeur
Laboratoire ou équipe de recherche	CSTB Direction Energie Environnement	CSTB Direction Energie Environnement	Université Libanaise Faculté de Génie 2
Adresse	84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne 77447 Marne-la-Vallée Cedex 2	84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne 77447 Marne-la-Vallée Cedex 2	Route principale Roumieh, Metn Nord Liban
Téléphone :	01 61 44 81 95	01 64 68 88 35	+33 6 13 46 84 43
e-mail:	pierre.boisson@cstb.fr	guillaume.ansanay@cstb.fr	kekmam@gmail.com

Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux (CM + TD + TP)	20 h CM + 26 h TP
Nombre de crédits de l'UE	6 ECTS
Spécialité où l'UE est proposée	Energétique et Environnement
Semestre où l'enseignement est proposé	S3
Effectifs prévus	35

a) Objectifs de l'Unité d'Enseignement :

Ce cours a pour objectif de donner aux étudiants une vision d'ensemble du domaine de la modélisation/simulation thermique des bâtiments. Après une introduction au contexte de la filière, une partie du cours se concentre sur les aspects bioclimatiques du bâti et le choix des systèmes, dans un cadre de simulation réglementaire.

La seconde partie aborde les aspects physiques et numériques de la modélisation de l'enveloppe et des systèmes.

La dernière partie du cours se concentre sur l'application de la simulation dynamique détaillée à la conception et l'évaluation de stratégies de contrôle dans les bâtiments.

b) Contenu de l'Unité d'Enseignement :

Partie I : Modélisation et simulation réglementaire (PB)

6h de cours :

- Contexte de la filière et enjeux énergétiques.
- Paysage réglementaire autour de la performance énergétique des bâtiments : directive européenne EPBD, Grenelle de l'Environnement, Réglementations thermiques, DPE, labels de certification).
- Présentation de la réglementation thermique pour les bâtiments neufs (RT2012) : les grands principes, les exigences, les phénomènes pris en compte, les aspects conventionnels, les règles Th-Bât, la méthode de calcul (Th-BCE 2012).
- La modélisation d'un bâtiment en RT2012 : structure d'un modèle de bâtiment (composants et arborescence minimale), description du bâti (parois opaques, parois vitrées, ponts thermiques, inertie, la perméabilité à l'air), description des systèmes énergétiques (systèmes de ventilation, de chauffage, de refroidissement, de production d'eau chaude sanitaire (ECS), l'éclairage, les énergies renouvelables).

9h de TP :

TPs utilisant le logiciel de simulation RT2012, 2 séances par binôme, en salle informatique UPMC.

TP 1 (3h) : Modélisation d'une maison avec la RT2012 et simulation des besoins énergétiques

Ce TP permet de prendre en main le logiciel de calcul réglementaire. Il consiste à modéliser dans un premier temps l'enveloppe thermique d'un bâtiment, c'est-à-dire sans ses équipements, de manière à calculer ses besoins énergétiques (calcul du coefficient B_{bio} –Besoins bioclimatiques– par simulation).

TP 2 (3h) : Modélisation des équipements énergétiques et simulation des consommations

Ce TP est la continuité du précédent. Il consiste à compléter le bâtiment avec des systèmes énergétiques (chauffage, ventilation, etc.) pour calculer cette fois-ci ses consommations énergétiques (calcul du coefficient C_{ep} –consommation d'énergie primaire– par simulation). Plusieurs types de systèmes ou d'assemblages de systèmes sont testés.

TP 3 (3h) : Modélisation d'un bâtiment entier et choix de conception pour respecter la RT2012

L'objectif de ce TP est de mettre les étudiants dans la situation d'un ingénieur d'étude devant concevoir un bâtiment satisfaisant aux exigences réglementaires.

Le TP fera l'objet d'un compte-rendu qui participera à la note d'évaluation.

Partie II : Modélisation physique des bâtiments et systèmes (KEK)

Cours 1 (4h) :

Éléments du système bâtiment : parois, zones d'air, occupants, sollicitations extérieures, comportement, régulation. Démarche de modélisation : phénomènes internes, interactions thermiques et massiques, discrétisation spatiale, forme du système d'équations, discrétisation temporelle, simulation. Conduction dans les parois. Transport d'enthalpie entre zones et dans les boucles fluides.

Cours 2 (4h) :

Matériaux à changement de phase. Echanges internes par convection et rayonnement. Echanges et sollicitations externes. Comportement des occupants. Régulation automatique. Performance observées : consommation et confort. Présentation du logiciel de modélisation thermique dynamique Thermette du CES-Mines ParisTech.

TP 1 (4h) : A partir d'un modèle de bâtiment préparé, rajout d'éléments permettant de baisser la consommation d'énergie, élaboration de leurs modèles et évaluation de leurs performances en consommation et en confort : isolation, isolation dynamique, ventilation double flux, revêtements sélectifs, etc.

TP2 (4h) : Etude par modélisation fine de composants actifs ou passifs : parois comprenant des matériaux à changement de phase, parois doubles avec ventilation naturelle ou forcée, capteurs solaires photovoltaïques-thermiques intégrés, stocks de chaleur sensible ou latente, etc.

Partie III : Simulation dynamique appliquée à la gestion énergétique (GA)

6h de cours :

Cours 1 (3h) : Contexte et problématiques de la modélisation thermique dynamique détaillée. Présentation de la bibliothèque de composants SIMBAD du CSTB, orientée vers la conception et l'évaluation de stratégies de contrôle.

Cours 2 (3h) : Processus d'audit pour la modélisation détaillée d'un bâtiment

9h de TP :

TPs utilisant Matlab/Simulink et la bibliothèque SIMBAD, 2 séances en salle informatique UPMC.

TP 1 (3h) : Prise en main de SIMBAD et rappels de Matlab/Simulink

Ce TP consistant en la modélisation séparément d'un convecteur électrique et d'un bâtiment monozone permet d'abord de prendre en main un sous-ensemble de composants de SIMBAD mais aussi de soulever les aspects numériques de la modélisation dans un environnement de simulation dynamique : boucles algébriques, explicitation en temps, stabilité, convergence en pas de temps, schémas d'intégration numérique.

TP 2 (3h) : Modélisation, dimensionnement et régulation terminale PID

Ce TP consiste en la modélisation d'un bâtiment monozone : détermination de la puissance de chauffage nécessaire, dimensionnement du modèle de convecteur électrique, et calcul des paramètres du régulateur PID par la méthode de Ziegler-Nichols.

TP 3 (3h) : Modélisation d'un bâtiment complet et mise au point d'une gestion intelligente

Ce TP utilise les éléments apportés dans le deuxième cours pour construire le modèle complet (bâti, capteurs, contrôles et équipements) d'un bâtiment simple. A partir de ce modèle complet il est demandé aux étudiants de paramétrer les algorithmes de régulation, l'intermittence et le démarrage optimal du chauffage pour diminuer les consommations d'énergie tout en maintenant le confort des occupants simulés.

c) Pré-requis :

Bases de thermique, systèmes différentiels, intégration numérique des EDOs, Matlab/Simulink

d) Modalités de contrôle des Connaissances :

65% TP + 35% CC

e) Références bibliographiques :

Ouvrage : Modelling methods for energy in buildings (C.P. Underwood, F. Yik, Wiley-Blackwell, 2004), Building heat transfer (M.G. Davies, Wiley, 2004), Solar technologies for buildings (U. Eicker, Wiley, 2004). Revues scientifiques internationales : Energy and buildings, Building and environment, Solar Energy, Applied thermal engineering, Applied energy, Numerical heat transfer.

Organisation pédagogique

Enseignements présentsiels	Volume horaire total	Horaire hebdomadaire	Effectif par groupe
Cours	20	4	35
Enseignements dirigés			
Travaux pratiques Expérimentaux	26	3	24