

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**OFFRE DE FORMATION MASTER
PROFESSIONNALISANT**

**EFFICACITE ENERGETIQUE DES
BATIMENTS**

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Civil

I- Fiche d'Identité de la formation

1 - Localisation de la formation :

Faculté (ou Institut) : Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique (Partenaire du consortium)
Faculté des Sciences et de la Technologie

2- Partenaires de la formation *:

- Partenaires Nationaux :

- Université Abou Bakr Belkaid - Tlemcen
- Institut Méditerranéen de Technologie - Oran

- Partenaires Internationaux :

- Université de Gênes – Italie
- Université de Sousse – Tunisie
- Université de Gabes – Tunisie
- Université Euro-méditerranéenne de Fès – Maroc
- Université Cadi Ayyad Marrakech – Maroc
- Institut d'Agora de Management & de Développement – Espagne
- Université des Sciences de la Vie de Varsovie – Pologne
- Université de La Rochelle – France
- Technologies innovantes pour le contrôle environnemental et le développement durable - Italie
- Horizons Pour le Développement Local Jendouba – Tunisie
- Centre De Développement de la Région De Tensift – Maroc
- Institut Méditerranéen de Technologie Oran- Algérie

* Projet Erasmus + financé par l'Union Européenne intitulé : Capacity Building in Higher Education

Code du Projet : 573677-EPP-1-2016-IT-EPPKA2-CBHE-JP « PROEMED »

Objectif : Mise en place d'un programme de Master en : Protection de l'Environnement et l'Efficacité Energétique des Bâtiments.

3 – Contexte et objectifs de la formation

A – Conditions d'accès

Ce master est accessible aux étudiants titulaires d'une licence en :

- Génie Civil (toutes spécialités).
- Génie Mécanique (toutes spécialités).
- Architecture.

B - Objectifs de la formation

L'objectif de ce Master est de former des compétences dans le domaine de l'efficacité énergétique du bâtiment. A l'issue de cette formation, les étudiants doivent être en mesure de :

- mettre en pratique les connaissances en technologie d'innovation en matière d'efficacité énergétique et d'économie d'énergie ; du développement énergétique durable, de l'audit énergétique et de la protection de l'environnement ;
- identifier, formuler, analyser et résoudre des problèmes complexes liés aux bâtiments efficaces énergétiquement ;
- concevoir des produits, des processus et des systèmes liés aux bâtiments efficaces énergétiquement ;
- effectuer des simulations numériques afin de mener des investigations détaillées et des recherches sur des questions techniques complexes dans le domaine des bâtiments à haut rendement énergétique ;
- concevoir et mener des études expérimentales, évaluer de façon critique les résultats et en tirer des conclusions dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments.

C – Profils et compétences métiers visés

Des postes d'emplois liés à l'efficacité énergétique ont de fortes chances d'apparaître surtout après l'augmentation du prix de l'énergie en Algérie et l'intention du gouvernement de cibler la subvention à certaines catégories de population. Et pour cela, les constructions d'habitations selon des normes avec une bonne efficacité énergétique seraient nécessaires. Il faudra donc des compétences capables de proposer des solutions pour l'amélioration des enveloppes de bâtiments qui consomment un minimum d'énergie et même produire son propre énergie. Bureaux d'études et sociétés de services énergétiques sont au premier plan pour recruter ces compétences.

Mais l'efficacité énergétique, c'est aussi de l'audit. Ainsi la nouvelle norme ISO50001, peut voir apparaître des experts en audit énergétique. Une activité en devenir qui rejoint le pôle "audit environnemental".

D- Potentialités régionales et nationales d'employabilité des diplômés

Les principaux domaines dans lesquels les diplômés peuvent trouver un emploi :

- entreprises de bâtiments et d'équipements,
- cellules techniques des collectivités locales (Communes et Daïras),
- différentes directions des wilayas,
- bureaux d'études et d'architecture,
- centres de recherche en énergétique et en environnement.

E – Passerelles vers d'autres spécialités

Ce master est aussi accessible aux titulaires d'un diplôme de Master ou d'Ingénieur d'Etat en :

- architecture,
- génie civil,
- génie mécanique,
- génie des procédés.

F – Indicateurs de suivi de la formation

Le contrôle continu des étudiants (sous forme de tests) est programmé durant cette formation. Le but de ces évaluations est de permettre aux différents intervenants de vérifier le degré et les niveaux de réceptivité et d'assimilation des étudiants.

II- Encadrement Pédagogique et Administratif

LISTE DES INTERVENANTS (1/2)

Enseignants	Grade	Profils (Spécialités Fines)	Domaine d'intérêt	Modules
BELAS Nadia	Pr	Génie Civil	Matériaux Valorisation des déchets Environnement	Transferts de chaleur Matériaux de construction
BENMEKKI Houari	M.C.A.	Génie Chimique	Thermodynamique Modélisation et Simulation des Procédés Mathématiques Appliquées	Thermodynamique appliquée
ABSAR Belkacem	M.C.A.	Génie de l'Environnement	Modélisation et Simulation des Procédés Energies Renouvelables	
LAREDJ Nadia	Pr	Génie Civil	Transferts couplés dans les milieux poreux Modélisation numérique Phénomènes géophysiques	Phénomènes de transport dans les milieux poreux
MALIKI Mustapha	M.C.A.	Génie Civil	Physique du bâtiment Modélisation des transferts Isolation hygrothermique des parois La haute qualité environnementale (HQE)	Modélisation simulation et optimisation liée aux bâtiments 1et 2 Bâtiments à hautes qualités environnementales
BENDANI Karim	Pr	Génie Civil	Géo-technique et Environnement Matériaux	Anglais 1 Anglais 2 Anglais 3
RETIEL Nouredine	Pr	Génie Mécanique	Systèmes Energétiques Modélisation thermique Transfert de chaleur	Energétique des bâtiments Climatisation, Chauffage, Ventilation Efficacité énergétique
BELARIBI Omar	M.C.B.	Génie Civil	Matériaux Valorisation Environnement	TP Matériaux

LISTE DES INTERVENANTS (2/2)

Enseignants	Grade	Profils (Spécialités Fines)	Domaine d'intérêt	Modules
MEBROUKI Abdelkader	Pr	Génie Civil (Matériaux de constructions).	Formulation Nouveaux bétons Valorisation matières premières - Granulats recyclés dans les bétons - Nouveaux bétons Matériaux isolants dans le bâtiment.	Normes et réglementations
BOUHAMOU Nasr Eddine	Pr	Génie Civil	Matériaux Innovants Valorisation des déchets dans la construction Environnement	Techniques expérimentales en thermique
GOUAICH Yassine	M.A.A	Architecture	Patrimoine urbain et architectural Matériaux et techniques ancestraux Polychromie urbaine	TP en thermique des bâtiments
MIDOUN Mohamed	M.A.A.	Techniques Spatiales et Applications	Webmapping, SIG web, SIG mobiles, SIG 3D, Datamining Spatial, Data warehouse spatial, Technologies web, Géomatique et SIG (transport, environnement , épidémiologie...)	Smart cities

STAFF PEDAGOGIQUE ET ADMINISTRATIF

Noms et Prénoms	Modules	
BENMEKKI Houari	Coordonnateur du Projet	Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique
ABSAR Belkacem	Responsable Administratif et Pédagogique	Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique
BELAS Nadia	Responsable Pédagogique de la Formation	Faculté des Sciences et de la Technologie
ABID Batoul	Responsable des Relations Internationales et de la Gestion Financière	Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique

III- Moyens matériels spécifiques disponibles

A- Laboratoires Pédagogiques et Equipements :

Intitulé du laboratoire : Matériaux

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	Observations
1	Moule de perméabilité avec accessoire	02	
2	Moule pour béton 7x7x28	08	
3	Ensemble pour mesure d'équivalent de sable	02	
4	Volumétre le Chatelier	02	
5	Picnomètres de différentes capacités	08	
6	Béchers de différentes capacités	23	
7	Cônes d'Abrahams	07	
8	Balance électronique portée 2 Kg	03	
9	Balance électronique portée 5 Kg	02	
10	Balance mécanique portée 10 Kg	02	
11	Moules 16x32 pour béton	10	
12	Moules pour mortiers 4x4x16	10	
13	Moules pour retrait 4x4x16	05	
14	Presse pour essais de compression et traction par flexion	01	
15	Appareil de retrait	02	

Intitulé du laboratoire : Energétique

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
1	Banc d'étude d'une chaudière à gaz	1	
2	Banc d'étude d'une pompe hydraulique à piston	1	
3	Banc d'étude d'un capteur solaire plan	1	
4	Chauffe eau solaire à tube	1	
5	Banc d'étude d'un échangeur de chaleur à double tubes	3	
6	Banc d'étude d'un échangeur de chaleur à faisceau et calandre	1	
7	Tunnel de traitement d'air (chauffage)	1	
8	Banc d'étude de lit fluidisé	1	
9	Banc d'essai d'une centrale de conditionnement d'air	1	

Intitulé du laboratoire : Thermodynamique

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
1	Banc d'étude sur la loi des gaz	1	
2	Banc d'étude de cycle inverse (Pompe à chaleur)	1	

Intitulé du laboratoire : Mécanique des Fluides

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
1	Banc hydraulique de visualisation d'écoulement plan	1	
2	Etude d'un venturi	1	
3	Etude du jet libre à travers un orifice	1	
4	Etude des pertes de charges	1	
5	Viscosimètre à chute libre	3	
6	Banc d'études des écoulements compressibles	1	

Intitulé du laboratoire : Centre de calcul et de simulation

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
1	Ordinateurs	20	
2	Serveur	02	
3	Logiciels ESRI	Pack	
4	Comsol	Pack	
	TRNSYS	Pack	

IV- Fiche d'organisation semestrielle des enseignements
(Prière de présenter les fiches des 4 semestres)

Semestre 1 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14-16 sem.	C	TD	TP	Travail Personnel			Continu	Examen
UE fondamentales						9	18		
UEF1(O/P)									
Thermodynamique Appliquée	67h30	03h00	01h30	00h00	03h00	1	6	40%	60%
Phénomènes de Transport Dans les Milieux Poreux	67h30	03h00	01h30	00h00	03h00	1	6	40%	60%
Matériaux de Construction	67h30	03h00	01h30	00h00	03h00	1	6	40%	60%
UE méthodologie						5	10		
UEM1(O/P)									
Transfert de Chaleur	45h0	01h30	01h30	00h00	03h00	1	4	40%	60%
Modélisation et Simulation Hygrothermique des Bâtiments I	67h30	01h30	00h00	03h00	03h00	2	6	40%	60%
UE découverte						1	2		
UED1(O/P)									
Anglais I	22h30	01h30	00h00	00h00	03h00	1	2	40%	60%
Total Semestre 1	337h30	13h30	06h00	03h00	18h00		30		

Semestre 2 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14-16 sem.	C	TD	TP	Travail Personnel			Continu	Examen
UE fondamentales						5	18		
UEF1(O/P)									
Energétique du Bâtiment	90h00	03h00	01h30	01h30	03h00	1	9	40%	60%
Climatisation, Chauffage et Ventilation	90h00	03h00	01h30	01h30	03h00	1	9	40%	60%
UE méthodologie						2	8		
UEM1(O/P)									
Travaux Pratiques Matériaux	45h00	00h00	00h00	03h00	03h00	1	4	40%	60%
Modélisation et Simulation hygrothermique des Bâtiments II	45h00	01h30	00h00	01h30	03h00	1	4	40%	60%
UE découverte						1	4		
UED1(O/P)									
Normes et réglementation	45h00	03h00	00h00	00h00	03h00	3	3	40%	60%
Anglais II	22h30	01h30	00h00	00h00	03h00	1	1	40%	60%
Total Semestre 1	337h30	12h00	03h00	07h30	18h00		30		

Semestre 3 :

Unité d'Enseignement	VhS	V.h hebdomadaire				Coeff	Crédits	Mode d'évaluation	
	14-16 sem	C	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UE fondamentales						5	18		
UEF1(O/P)									
Efficacité Energétique	90h00	03h00	01h30	01h30	03h00	1	9	40%	60%
Smart Cities	90h00	03h00	01h30	01h30	03h00	1	9	40%	60%
UE méthodologie						2	8		
UEM1(O/P)									
Techniques Expérimentales en Thermique	45h00	01h30	00h00	01h30	03h00	1	4	40%	60%
Travaux Pratiques en Thermique des Bâtiments	45h00	00h00	00h00	03h00	03h00	1	4	40%	60%
UE découverte						1	4		
UED1(O/P)									
Bâtiment à haute Qualité Environnementale	45h00	03h00	00h00	00h00	03h00	3	3	40%	60%
Anglais III	22h30	01h30	00h00	00h00	03h00	1	1	40%	60%
Total Semestre 1	337h30	12h00	03h00	07h30	18h00		30		

Semestre 4 :

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	450	5	25
Stage en entreprise			
Séminaires	45	1	5
Autre (préciser)			
Total Semestre 4			

Récapitulatif global de la formation :

UE	UEF	UEM	UED	UET	Total
Vh					
Cours	315h00	90h00	157h30	00H00	562h30
TD	157h30	22h30	00h00	00H00	180h00
TP	90h00	180h00	00h00	00H00	270h00
Travail personnel	315h00	270h00	22h30	00H00	810h00
Autre (préciser)	-	-	-	-	-
Total	877h30	562h30	382h30	00H00	1822h30
Crédits	79	31	10	00	120
% en crédits pour chaque UE	66%	26%	8%	00%	

V- Programme détaillé par matière
(1 fiche détaillée par matière)

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre I*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement fondamental 1

Intitulé de la matière : Thermodynamique Appliquée

Crédits : 6

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le cours de « Thermodynamique Appliquée » vise à donner une introduction complète à la thermodynamique appliquée au génie énergétique.

Contenu de la matière :

- Concepts, définitions et principes de base
- Chaleur et travail
- Premier et deuxième principe de la thermodynamique
- Entropie
- Availability and exergy : Disponibilité énergétique et exergie
- Processus réversible et irréversibles
- Cycles de vapeur et cycles de gaz

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- Fundamentals of Engineering Thermodynamics: Teacher's Manual, Michael J. Moran, Howard N. Shapiro
- 2- Thermodynamics : An engineering approach, Yunus A. ÇENGEL & Michael A. BOLES
- 3- Thermodynamics George F. BABITS
- 4- Applied Thermodynamics, Onkar Singh, 2009
- 5- Applied Thermodynamics, 2014, Hans Havtun
- 6- Applied Thermodynamics For Engineers, by William D. Ennis

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre I*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement fondamental 1

Intitulé de la matière : Phénomènes de Transport Dans les Milieux Poreux

Crédits : 6

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours va traiter des principes scientifiques et techniques de transfert de chaleur et de masse dans l'environnement bâti. L'étudiant pourra acquérir les compétences et les connaissances nécessaires pour effectuer des calculs des flux d'air, d'humidité et d'énergie dans les bâtiments, et les appliquer ensuite pour développer des stratégies adéquates de conception de bâtiments et entreprendre des audits énergétiques.

Contenu de la matière :

- 1- Classification et caractérisation des milieux poreux.
- 2- Écoulement en milieux poreux hétérogènes (monophasiques, multiphasiques, approches équilibre local, approches non équilibre local).
- 3- Modélisation macroscopique des transferts hydriques en milieu poreux (conservation de masse, équilibre liquide, effets capillaires).
- 4- transferts thermiques dans les milieux poreux hétérogènes (transfert par conduction, convection...).
- 5- Couplage des phénomènes de transfert (analyse des différents schémas numériques pour la discrétisation des problèmes de transfert couplés, résolution numérique du système d'équations couplées).

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- "Heat and Mass Transfer in Porous Media", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012
- 2- Phénomènes de transport avec changement de phase dans les milieux poreux ou colloïdaux, Éditions du centre national de la recherche scientifique (1967)
- 3- Notes de Cours
- 4- Transport Phenomena in Porous Media, Derek B Ingham, I. Pop, Elsevier Science, 7 sept. 1998

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre I*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement fondamental 1

Intitulé de la matière : Matériaux de construction

Crédits : 6

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Ce module a pour objectif de faire connaître aux étudiants les différentes caractéristiques de tous les matériaux et isolants entrant dans la composition des bâtiments.

Il s'agira de la valorisation des éco-matériaux (matériaux naturels, matériaux activés, sous-produits industriels et déchets) dans la construction des bâtiments en termes de structure et d'isolation. L'innovation dans les bétons sera également évoquée (bétons autoplaçants, bétons de chanvre...etc.).

Contenu de la matière :

- Importance de la connaissance des matériaux de construction ;
- Concept de l'analyse de cycle de vie des matériaux ;
- Notion de classes d'exposition ;
- Eco-Matériaux (Valorisation des matériaux naturels, et Matériaux activés...) ;
- Liants alternatifs (Perlite, Pouzzolanes naturelles et artificielles...) ;
- Matériaux isolants ;
- Bétons innovants (Béton autoplaçant à base perlite, Béton de chanvre, Béton à base de granulats pneumatiques...).

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- G. Dreux, Jean Festa, « Nouveau guide du béton et de ses constituants » Edition Eyrolles, 1998.
- 2- Raymond Dupain, Roger Lanchon, Jean-Claude Saint-Arroman Alfred Capliez, Granulats, sols, ciments et bétons - Caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire, Edition CASTEILLA 2004
- 3- -Raymond Dupain, Granulats, sols, ciments et bétons - Caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire, EDITION CASTEILLA 2009
- 4- -Michael F. Ashby, Matériaux et environnement: Choix éco-responsable en conception, Dunod, 2011

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre I*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Méthodologique 1

Intitulé de la matière : Transfert de Chaleur

Crédits : 5

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le but de ce module composé de cours et de TD est de montrer l'importance de la conception d' un bâtiment consommant le minimum d'énergie tout en assurant un bon confort thermique. Pour cela, des connaissances en transferts thermiques sont indispensables telles que la conduction, la convection naturelle, la convection forcée et le rayonnement accompagnées d'applications pratiques.

Contenu de la matière :

- Notion de confort thermique ;
- Comment parvenir au confort thermique ;
- Notion de chaleur et de température ;
- Définition des transferts thermiques ;
- Transfert thermique par conduction (théorie et applications) ;
- Transfert thermique par convection forcée et naturelle (théorie et applications) ;
- Transfert thermique par rayonnement (théorie et applications).

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- Yves Jannot, 'Transferts thermiques', Ecole des mines de Nancy, 2012
- 2- Jean Luc Battaglia, Andrzej Kusiak, Jean Rodolphe Puiggali, « Introduction aux transferts thermiques », Editions Dunod 2010.
- 3- Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation Collection : Technique et Ingénierie, Dunod 2016
- 4- Gérard Porcher, Daniel Hernot, Thermique appliquée aux bâtiments. Les éditions parisiennes (EDIPA) 1997
- 5- Transferts thermiques, José Ouin, Rappels de cours et applications - DUT, BTS, Ecoles d'ingénieurs, Edition : Casteilla, Collection : A. Capliez, 1998

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre I*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Méthodologique 1

Intitulé de la matière : Modélisation et Simulation Hygrothermique des Bâtiments I

Crédits : 5

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Dans ce cours, l'étudiant développe les compétences spécialisées et les connaissances requises pour mener à bien le développement d'un modèle numérique capable de simuler les phénomènes couplés de transfert de chaleur et de masse à travers la paroi multicouche d'un bâtiment.

L'étudiant découvre aussi les différents modèles mathématiques ayant servi pour le développement des outils de simulation numérique les plus pertinents à savoir l'introduction des équations transitoires et non-isothermes de conservation de chaleur et d'humidité, les courbes de rétention d'humidité et des conductivités thermique/d'humidité, les conditions aux limites englobant la vapeur transmise en surface, l'infiltration de la pluie, la radiation solaire et la vitesse du vent.

Contenu de la matière :

- Mise en équation et modélisation du stockage d'humidité dans un matériau de construction.
- Modélisation analytique de la courbe de rétention d'humidité.
- Equation de transfert d'humidité dans une paroi de bâtiment.
- Modélisation du transfert de chaleur dans l'enveloppe de bâtiment.
- Simulation de la convection d'air dans l'enveloppe d'une construction.
- Propriétés des matériaux pour la modélisation hygrothermique.
- Conditions aux limites en modélisation hygrothermique.
- Equations de conservation du transport couplé de chaleur et d'humidité.
- Conditions aux limites

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- Phénomènes de Transfert Hygrothermiques dans les Parois des Bâtiments: Modélisation, expérimentation, simulation (Omn.Univ.Europ.) (Edition Française)
- 2- Hugo Hens, "Applied Building Physics: Boundary Conditions, Building Performance and Material Properties", Ernst & Sohn, 2011
- 3- João M.P.Q. Delgado, Eva Barreira, Nuno M.M. Ramos, Vasco Peixoto de Freitas, "Hygrothermal Numerical Simulation Tools Applied to Building Physics", Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013
- 4- Hugo Hens, "Building physics: heat, air and moisture : fundamentals and engineering methods with examples and exercises", Ernst & Sohn, 2017

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre I*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Découverte 1

Intitulé de la matière : Anglais 1

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le but de cours est d'initier l'étudiant au vocabulaire technique et renforcer ses connaissances de la langue. Cette matière vise aussi à aider l'apprenant à comprendre et à synthétiser un document en anglais technique tout en lui permettant de comprendre une conversation en anglais tenue dans un cadre scientifique.

Contenu de la matière :

- Introduction.
- Compréhension écrite.
- Lecture et analyse de textes relatifs à la spécialité.
- Compréhension orale : A partir de documents vidéo authentiques de vulgarisation scientifiques, prise de notes, résumé et présentation du document.

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

1. Basic technical English, Jeremy Comfort, Steve Hick, Allan Savage
2. Technical English 1 Course Book 1st Edition, by David Bonamy, Edition Pearson,
3. Technical English 2 Course Book 1st Edition, by David Bonamy, Edition Pearson,
4. Technical English 3 Course Book 1st Edition, by David Bonamy, Edition Pearson,

SEMESTRE II

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre II*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement fondamental 2

Intitulé de la matière : Energétique du Bâtiment

Crédits : 9

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Acquérir les connaissances nécessaires pour réaliser des diagnostics des différentes énergies présentes dans un bâtiment telles que les déperditions d'énergie thermique par transmission et par ventilation et les différents moyens de production d'énergies utiles au confort thermiques des occupants d'un bâtiment.

Contenu de la matière :

- 1 Introduction et rappels de physique du bâtiment.
- 2 Les besoins de l'occupant.
- 3 Bilan thermique d'éléments du bâtiment.
- 4 Bilan thermique du bâtiment.
- 5 Installations techniques.

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- Energy Efficiency: Building a Clean, Secure Economy, James L. Sweeney
- 2- Energy Efficient Buildings: Architecture, Engineering, and Environment, 2002, Wayne Forster, Dean Hawkes
- 3- Energy Efficiency in Buildings, Behavioral Issues (1985), National Academy Press, 1985
- 4- Notes de Cours

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre II*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement fondamental 2

Intitulé de la matière : Climatisation, Chauffage et Ventilation

Crédits : 9

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Acquérir les connaissances pour donner aux étudiants les notions et les outils nécessaires pour le dimensionnement des installations de chauffage, de climatisation et de ventilation.

Contenu de la matière :

1 Technique de chauffage

2 Structure et fonctions d'installations d'HVAC

3 Technique de régulation

4 Systèmes de gestion technique

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- HVAC: Heating, Ventilation & Air Conditioning Handbook for Design & Implementation, Ali Vedavarz
- 2- Modern Refrigeration and Air Conditioning (Modern Refridgeration and Air Conditioning), Andrew D. Althouse, Carl H. Turnquist, Alfred F. Bracciano, Daniel C. Bracciano, Gloria M. Bracciano
- 3- HVAC Equations, Data, and Rules of Thumb, Third Edition, by Arthur A. Bell, W. Larsen Angel, Mc Graw Hill
- 4- HVAC Systems Design Handbook, Fifth Edition, by Roger W. Haines, Michael E. Myers

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre II*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Méthodologique 2

Intitulé de la matière : TP Matériaux de construction

Crédits : 4

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Il s'agit de mettre en pratique les connaissances acquises dans le module de matériaux de construction en proposant des bétons alliant résistance et légèreté, performances mécaniques et propriétés thermiques et des panneaux à base d'ajouts tels que la poudrette de caoutchouc, le chanvre ou la perlite caractérisés par une isolation thermique optimale.

Contenu de la matière :

- Elaboration de bétons performants mécaniquement et thermiquement à base de nouveaux ajouts
- Mesure de la masse volumique absolue
- Mesure de la porosité
- Suivi des performances mécaniques
- Mesure de l'absorption capillaire
- Mesure de l'indice d'activité des ajouts

Mode d'évaluation :

Evaluation des comptes rendus des travaux pratiques

Références :

1. Granulats, sols, ciments et bétons / caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire, Raymond Dupain, Jean-Claude Saint-Arroman Éditeur :Delagrave édition. 2009
2. Granulats, sols, ciments et bétons Caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire. Auteur :R.DUPAIN, R.LANCHON, J-C.SAINT, ARROMAN. Editeur CASTEILLA, 2009
3. La construction écologique : Matériaux et techniques Broché – 24 janvier 2011 de Jean-Claude Mengoni
4. L'isolation thermique écologique : Conception, matériaux, mise en œuvre Poche – 22 mars 2010 de Jean-Pierre Oliva, Samuel Courgey

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre II*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Méthodologique 2

Intitulé de la matière : Modélisation et Simulation Hygrothermique des Bâtiments II

Crédits : 4

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Cette seconde partie vise à introduire l'étudiant à l'utilisation du Logiciel COMSOL-Multiphysics pour la résolution des modèles numériques développés auparavant.

Ce logiciel est un solveur qui utilise les éléments finis pour la résolution des équations différentielles à dérivées partielles de type non-linéaire. Pour la résolution des équations couplés à dérivés partielles, COMSOL utilise la méthode des éléments finies (MEF) et des volumes finies (MVF).

Contenu de la matière :

- Implémentation d'un modèle numérique dans l'environnement COMSOL-Multiphysics.
- Ecriture mathématique des équations de transfert de chaleur et de masse.
- Processus de modélisation sous COMSOL-Multiphysics.
- Implémentation en contexte bidimensionnel 2D.
- Implémentation en contexte tridimensionnel 3D.
- Application à une paroi de conception locale.

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- Phénomènes de Transfert Hygrothermiques dans les Parois des Bâtiments: Modélisation, expérimentation, simulation (Omn.Univ.Europ.) (Edition Française)
- 2- Hugo Hens, "Applied Building Physics: Boundary Conditions, Building Performance and Material Properties", Ernst & Sohn, 2011
- 3- João M.P.Q. Delgado, Eva Barreira, Nuno M.M. Ramos, Vasco Peixoto de Freitas, "Hygrothermal Numerical Simulation Tools Applied to Building Physics", Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013
- 4- Hugo Hens, "Building physics: heat, air and moisture : fundamentals and engineering methods with examples and exercises", Ernst & Sohn, 2017

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre II*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Découverte 2

Intitulé de la matière : Normes et réglementation

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Ce module se consacre aux codes d'efficacité énergétique, outils réglementaires visant à optimiser l'usage final d'énergie dans les bâtiments.

D'un point de vue historique, les pays industrialisés ont amorcé à compter des années 1970 le développement d'une réglementation thermique destinée à améliorer l'usage de l'énergie dans le bâtiment. Une telle démarche est tout aussi importante dans les pays du Sud dont les besoins de développement nécessitent une augmentation continue des dépenses d'énergie. Il ne s'agit pas de tenter de limiter la satisfaction des besoins mais d'assurer celle-ci par une utilisation rationnelle des ressources disponibles, garantissant aussi la viabilité financière (limiter les investissements et les importations de combustibles fossiles) et environnementale (limiter la pollution) des politiques énergétiques des pays.

Contenu de la matière :

- Les standards et normes des confort thermiques
- ISO 50001 : une norme pour l'efficacité énergétique
- la norme européenne EN 15232 intitulée "Performance énergétique des bâtiments".
- Les nouvelles normes NF EN 162476-1 et NF EN 162476-2
- Les fondamentaux de la réglementation thermique appliquée aux bâtiments

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- Le livre blanc de l'Efficacité énergétique, Schneider electric. Février 2011. Exigences techniques. Volets « maison » et « petit bâtiment multi-logement ».
- 2- Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'Energie (ADEME), France: <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12851>.
- 3- Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'Energie (ADEME), France: <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?nocache=yes&sort=-1&catid=12851>.
- 4- Construire et rénover de façon responsable dans les Alpes. Module 2: L'énergie dans le bâtiment. climalp, une campagne d'information de la CIPRA.
- 5- ENERBUILD: http://www.enerbuild.eu/publications/2009-11_booklet_6-1_certification-instruments.

- 6- Nouvelles normes énergétiques pour vos bâtiments. Article BNP Parisbas Fortis.18.10.2017.
<https://entreprises.bnpparibasfortis.be/fr/article?n=nouvelles-normes-energetiques-pour-vos-batiments>
- 7- Analysis of Global ISO 50001 Savings Potential through 2030 ”(Analyse du potentiel d’économie réalisable à l’échelle mondiale grâce à ISO 50001 d’ici 2030), Groupe de travail sur la gestion de l’énergie. Diffusion juillet 2016.
- 8- Cao, Xiaodong et al, September 2016, Building energyconsumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. Energy and Buildings, Volume 128;

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre II*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Découverte 2

Intitulé de la matière : Anglais 2

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le but de cette deuxième partie est d'apprendre à l'étudiant à s'exprimer en langue anglaise en exposant un thème scientifique bien défini.

Le deuxième objectif de cette partie est d'assister l'étudiant dans la rédaction de documents tels que : CV, lettres de motivation...etc.

Contenu de la matière :

Expression orale : Exposé d'un sujet scientifique ou technique.

Elaboration et échange de messages oraux (idées et données).

Expression écrite : Extraction des idées d'un document scientifique, Ecriture d'un message scientifique, Echange d'information par écrit, rédaction de CV, lettres de demandes de stages ou d'emplois.

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

1. Basic technical English, Jeremy Comfort, Steve Hick, Allan Savage
2. Technical English 1 Course Book 1st Edition, by David Bonamy, Edition Pearson,
3. Technical English 2 Course Book 1st Edition, by David Bonamy, Edition Pearson,
4. Technical English 3 Course Book 1st Edition, by David Bonamy, Edition Pearson,

SEMESTRE III

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre III*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement fondamental 3

Intitulé de la matière : Efficacité Energétique du bâtiment

Crédits : 9

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre les grandes dépenses énergétiques dans les bâtiments et identifier certaines mesures correctives à apporter pour améliorer l'efficacité énergétique.

Contenu de la matière :

1. Optimisation économique
2. Diagnostic
3. Efficacité énergétique du bâtiment
4. Gestion technique du bâtiment ou système de régulation.

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- Energy Efficiency: Building a Clean, Secure Economy, James L. Sweeney
- 2- Energy Efficient Buildings: Architecture, Engineering, and Environment, 2002, Wayne Forster, Dean Hawkes
- 3- Energy Efficiency in Buildings, Behavioral Issues (1985), National Academy Press, 1985
- 4- Notes de Cours

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre III*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement fondamental 3

Intitulé de la matière : Smart Cities

Crédits : 9

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Les villes intelligentes représentent une opportunité de croissance substantielle dans les années à venir. Mais ils ont aussi leurs défis car ces projets sont assez complexes avec des espaces résidentiels et commerciaux soutenus par un réseau d'infrastructure pour l'énergie, les routes, l'eau, le drainage et les eaux usées.

Un système d'information centralisé basé sur les SIG fournit un cadre informatique qui intègre non seulement tous les acteurs, mais aussi tous les aspects des processus de la ville intelligente - à partir de la conceptualisation, de la planification et du développement jusqu'à la maintenance. Le SIG est déployé à toutes les étapes de la planification et du développement d'une ville intelligente

L'objectif de ce module est d'apprendre aux étudiants comment modéliser les Smart cities en utilisant les SIG 3D. d'intégrer l'ensemble des indicateurs relevant des énergies renouvelables dans un système centralisé en représentant les données spatialement.

Aussi les étudiants doivent pouvoir intégrer les SIG avec la plupart des outils de conception, y compris la CAO et es BIM pour apporter une plus grande capacité d'analyse.

Contenu de la matière :

- Introduction aux SIGs
- SIG et environnement
- SIG et efficacité énergétique
- Modélisation 3d des smart cities avec Esri City engine
- Intégration SIG CAO

Intégration SIG BIM

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- *Smart Cities A Spatialised Intelligence*, Antoine Picon, Chichester: Wiley, 2015
- 2- *Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia*, Anthony M. Townsend
- 3- *Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications 1st Edition*, by Houbing Song, Ravi Srinivasan , Tamim Sookoor, Sabina Jeschke, Wiley, 2017

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre III*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Méthodologique 3

Intitulé de la matière : TP en Thermique des Bâtiments

Crédits : 4

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

La mesure de la conductivité thermique d'un matériau est très importante dans un certain nombre de contextes. Lorsque le matériau doit avoir un rôle d'isolant évitant les pertes thermiques comme pour les immeubles ou les maisons d'habitation où on doit avoir le moins possible de transferts thermiques à travers les murs. Le calcul des déperditions thermiques d'un bâtiment isolé et non isolé est donc primordial

Par ailleurs il faut définir l'efficacité énergétique de l'habitat pour diminuer la consommation énergétique d'un bâtiment et choisir un matériau isolant et son épaisseur conforme aux normes.

Contenu de la matière :

- Mesure des propriétés thermophysiques des différents matériaux solides étudiés dans le module de matériaux de construction
 - La conductivité thermique
 - La diffusivité thermique
 - La chaleur massique
- Mesure de la perméabilité au gaz, vapeur d'eau
- Mesure de la résistance thermique
- Mesure des flux de chaleur à travers les parois

Mode d'évaluation :

Evaluation des comptes rendus des travaux pratiques

Références :

Manuels Opératoires

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre III*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Méthodologique 3

Intitulé de la matière : Techniques Expérimentales en Thermique

Crédits : 4

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le module « techniques expérimentales en thermiques » a pour but d'initier les étudiants à la mesure dont le résultat est central tant du point de vue fondamental que du point de vue appliqué. Dans ce module, en plus du cours sur la mesure, une brève introduction sur l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment sera fournie. Ceci permettra la réalisation d'expériences simples et illustratives lors des séances de travaux pratiques.

Contenu de la matière :

1. Analyse thermogravimétrique (ATG) et mesure de perte de masse
2. Analyse thermique par DSC
3. Mesure de la conductivité thermique
4. Diffusivité thermique
5. Mesure de l'humidité et de la température
6. Mesure des conditions météorologiques
7. Mesure du rayonnement solaire

Evaluation de la consommation énergétique

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- Optimize the energy performance, comfort and value of commercial and industrial buildings, Richard Franck, Guy Jover, Frank Hovorka “ “. Eyrolles, 2014.
- 2- Caractérisation expérimentale des matériaux I: Propriétés physiques, thermiques et mécaniques - Traité des matériaux - Volume 2, 2007, de Collectif PPUR
- 3- Techniques de caractérisation expérimentale des matériaux, 2015, de Mamoun Fellah

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre III*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Découverte 3

Intitulé de la matière : Bâtiment à Haute Qualité Environnementale

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

L'étudiant aborde de manière pluridisciplinaire les problématiques énergétiques, environnementales, économiques et sociotechniques liées au bâti. Véritables managers de l'efficacité énergétique, les futurs diplômés concourront à garantir la mise en place de projets énergétiquement performants et adaptés à l'ensemble des enjeux actuels et futurs du secteur du bâtiment.

Contenu de la matière :

- Le bâtiment écologique.
- Le bâtiment et le bioclimat.
- Bâtiment à énergie positive.
- Bâtiment autonome.
- Bâtiment à basse consommation (BBC).
- Eco-construction et éco-habitat.
- Habitat passif.

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

- 1- Bâtiment HQE et développement durable: Dans la perspective du Grenelle de l'environnement, 2013, de Jean Hetzel
- 2- Guide de l'architecture bioclimatique : Tome 1, Construire avec le climat, 1996, de Alain Liébard et André De Herde
- 3- Guide de l'architecture bioclimatique : Tome 2, Construire avec le climat, 1996, de Alain Liébard et André De Herde
- 4- Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, 2006, de Alain Liébard et André De Herde

Intitulé du Master : Efficacité Energétique des Bâtiments

Semestre : *Semestre III*

Intitulé de l'UE : Unité d'Enseignement Découverte 3

Intitulé de la matière : Anglais 3

Crédits : 2

Coefficients : 1

Objectifs de l'enseignement :

Dans cette partie, l'étudiant aura à préparer un mini-projet ayant une liaison avec la spécialité et de l'exposer en anglais devant ces camarades.

Contenu de la matière :

Les thèmes des mini-projets sont proposés par les enseignants intervenant dans le Master.

Mode d'évaluation :

L'évaluation se fait en continu avec des tests écrits durant la période de formation.

Un examen final est programme à la fin du semestre.

La note finale est calculée selon la pondération suivante :

$$\text{Note_Finale} = 0.4 * \text{Moy_Tests} + 0.6 * \text{Examen}$$

Un examen de rattrapage est organisé pour les étudiants ayant obtenu une note finale inférieure à 10.

Références :

1. Basic technical English, Jeremy Comfort, Steve Hick, Allan Savage
2. Technical English 1 Course Book 1st Edition, by David Bonamy, Edition Pearson,
3. Technical English 2 Course Book 1st Edition, by David Bonamy, Edition Pearson,
4. Technical English 3 Course Book 1st Edition, by David Bonamy, Edition Pearson,