



Guide pédagogique

Module « Efficacité énergétique et intégration des procédés »

I2E_10.2 --(2 crédits ECTS)

Place du module et enjeux

L'optimisation de l'utilisation de l'énergie est une des préoccupations industrielles d'aujourd'hui. Cela passe par la mise en oeuvre de procédés intégrés et de méthodes de recherche opérationnelle.

Ce module a pour but de présenter une approche permettant de gérer au mieux les besoins énergétiques, au travers d'une vision globale d'un procédé dans son ensemble plutôt que de considérer les opérations individuelles. Elle permet de réduire sensiblement la consommation d'énergie à l'échelle d'un site industriel.

Teaching guide and syllabus

Module «Energy efficiency and integration of processes»--I2E_ 10.2-

(2 ECTS credits)

Subject matter importance and associated issues

Today, the optimisation of nergy use is one of the industrial concerns. It involves the implementation of integrated processes and operational research methods.

This module aims to present an approach allowing to manage to the best energetic needs through a global view of the process rather than individual operations regard. This approach allow to reduce seriously energy consumption at an industrial plant level.

Sandrine BAYLE

04 66 78 27 08

Sandrine.bayle@mines-ales.fr



IMT Mines Alès
École Mines-Télécom

Module

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume horaire	Détail des coefficients	Crédits
Efficacité énergétique et intégration des procédés <ul style="list-style-type: none"> ○ Optimisation énergétique : synthèse des réseaux d'échangeurs de chaleur ○ Intégration des procédés-Modélisation de systèmes énergétiques 	40h		
	13	1	2
27	2		

Titre de la Conférence introductive présentant les enjeux et l'encrage du module dans les problématiques technologiques et sociétales.	Intervenant (nom/ statuts/ expertise)

<i>Titre de la matière :</i>	
Code : I2E_10.2	Titre du module : Efficacité énergétique et intégration des procédés
Semestre : S10	Cursus de rattachement : Département I2ER Option I2E

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
40	52	16	22h			4	12h		2
Titre	Efficacité énergétique et intégration des procédés								
résumé	Sans objet								

Responsable	Sandrine Baye
Equipe enseignante	Raphaële Théry-Hétreux, Gilles Hétreux (Ensiacet)

Mots-clés	Intégration des procédés, Optimisation énergétique, Modélisation de systèmes énergétiques, Programmation Linéaire Mixte
Prérequis	Bases en Génie des Procédés (notion d'opération unitaire, bilan matière et énergie) Connaissance de base en thermodynamique (premier et second principes de la thermodynamique) Connaissance de base en Génie Industriel, Connaissance de base en modélisation mathématique

<p>Contexte et objectif général : Dans un contexte de développement durable, la question énergétique constitue un des problèmes majeurs des décennies à venir (raréfaction de certaines ressources, augmentation globale de la demande, réduction des émissions de CO2, etc.). Ce module d'enseignement se propose de répondre à cette problématique en présentant, d'une part, les bases d'une méthodologie très systématique appelée "analyse pincement" ("Pinch analysis") visant à réduire la consommation énergétique globale d'un procédé voire d'un site industriel complet et, d'autre part, des outils mathématiques d'optimisation permettant de réduire la consommation énergétique globale d'un site industriel par la mise en place ou le remodelage de réseaux d'échangeurs de chaleur.</p> <p>Programme et contenu : Intégration des procédés (27h) Dans une première partie, la notion d'intégration de procédés, sera introduite et illustrée au travers de différents exemples visant à améliorer l'utilisation des ressources nécessaires au bon fonctionnement du procédé (eau, énergie etc.) Puis l'intégration des procédés appliquée à la ressource "énergie", appelée "intégration énergétique" sera abordée plus en profondeur. On définira, dans une deuxième partie, l'analyse pincement et on en présentera les grands principes. La troisième partie sera enfin consacrée à la présentation de l'ensemble des étapes de la démarche. Pour chacune de ces étapes, différents outils graphiques et algorithmes de calcul seront introduits.</p> <p>Optimisation énergétique (13h)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Fondements de la Programmation Linéaire Mixte (méthode du simple, procédure de séparation/évaluation) et techniques de modélisation, ○ Prise en main du Solveur ILOG (IBM) pour le développement et la résolution de problèmes de PLM, ○ Mise en œuvre des principes de l'intégration énergétique par une approche par optimisation formulée au moyen de modèles de PLM :
--

<ul style="list-style-type: none"> ○ Mise en place d'un modèle de <i>synthèse initial (Grassroot)</i> de réseaux d'échangeurs de chaleur, ○ Extension du modèle de base (division de courants, contraintes additionnelles pour la maîtrise de la complexité de la topologie des réseaux, etc), ○ Mise en place d'un modèle de <i>remodelage (Retrofit)</i> des réseaux d'échangeurs de chaleur, ○ Analyse de scénarii de remodelage et évaluation d'indicateurs économiques et énergétiques.
<p>Méthode et organisation pédagogique : Cours, TD, mini projet A ces modalités d'évaluation principales pourront être ajoutés d'autres exercices qui seront précisés en au début de l'enseignement</p>
<p>Compétences visées A l'issue du cours « Intégration des procédés » les étudiants doivent être capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procéder au diagnostic énergétique d'un procédé, - Procéder à l'analyse d'un procédé de manière à évaluer l'efficacité énergétique du réseau d'échangeur du procédé existant et à en extraire les sources et les puits d'énergie et à en déterminer les caractéristiques (FCp, Tin et Tout) - Evaluer le Minimum d'Energie Requise du procédé et tracer les courbes composites - Concevoir le réseau d'échangeurs de chaleur permettant d'optimiser le recyclage de chaleur interne du procédé, - Procéder à une évaluation économique du procédé intégré. <p>A l'issue du cours "Optimisation Energétique » les étudiants doivent être capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - D'analyser un problème afin d'identifier les données, les variables de décision ainsi que les contraintes à satisfaire, - de modéliser ce problème (en s'appuyant éventuellement sur un graphe) sous forme d'un Programme Linéaire Mixte, - de développer et de résoudre ce modèle avec un solveur dédié (ici, ILOG Solver d'IBM), - de faire la synthèse optimale d'un réseau d'échangeurs de chaleur atteignant le MER, - de faire la reconception d'un réseau d'échangeurs de chaleur existant par une approche systématique réduisant la combinatoire, - de réaliser une évaluation économique et énergétique du procédé intégré.
<p>Evaluation : Contrôle écrit en salle + un exercice à faire en groupe de 2-3</p>
<p>Retour sur l'évaluation fait à l'élève : Consultation copie d'examen sur demande</p>
<p>Support pédagogique et références : Supports de cours (pdf) + outil de visualisation des réseaux d'échangeurs (HENVisualizer) + outil de visualisation des plans de production (GANTTChart) + fichiers excel de travail pour les TD.</p>

Méthode et organisation pédagogique

Cf. ci-dessus

Modalité d'évaluation

Le niveau d'acquisition des compétences sera évalué selon les exigences suivantes :

N° indicateur	Indicateur
1	connaître les savoirs formels et pratiques du socle des fondamentaux
2	Exploiter les savoirs théoriques et pratiques
3	Analyser, interpréter, modéliser, émettre des hypothèses, et résoudre

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume horaire	Niveau d'acquisition
Efficacité énergétique et intégration des procédés	40h	
○ Optimisation énergétique	13	2
○ Intégration des procédés-Modélisation de systèmes énergétiques	27	2

Engagement de l'étudiant, éthique et professionnalisme

La démarche éthique est définie dans le règlement intérieur de l'établissement. Chaque étudiant s'engage à en prendre connaissance et à la respecter.

Obligation des cours : l

La présence en cours est obligatoire. Les évaluations font appel à du contrôle continu comprenant des évaluations surprises et/ou à des évaluations programmées dans l'emploi du temps. Une partie de l'évaluation du module peut reposer sur une appréciation du comportement général attendu.

Nombre d'heures estimées de travail personnel : cf ci-dessus

Nombre d'heures estimées de préparation aux travaux dirigés (TD) :

Avant de démarrer le module un TD de révision est proposé aux élèves 4h.

Pénalité pour retard (Conformément à l'article 3.3 du Règlement de scolarité, les enseignants peuvent appliquer des pénalités en cas de remise tardive de rapport sans motif valable (la validité du motif est laissée à l'appréciation de l'enseignant).

Tout travail remis en retard sans motif valable peut être pénalisé selon les modalités définies par l'enseignant au démarrage du cours.

Équipe enseignante

Raphaële Théry-Hétreux et Gilles Hétreux (ENSIACET)

ACADEMIC TEACHING	Teaching hours	Coefficients	Credits
Energy efficiency and integration of processes	40h		
o Energy optimisation : heat exchange networks synthesis	13	1	2
o Processes integration-Modeling of energetic systems	27	2	

Title of Conference presenting subject matter importance and associated issues.	Speaker (name/ expertise)

<i>Class title</i>	
Code : I2E 10_2	Module title : Energy efficiency and integration of processes
Semester: S10	Classification : Department I2ER, Option I2E

Hours of presence	Total hours	Lectures	Work shop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
40	52	16	22			4	12		2
Title	Energy efficiency and integration of processes								
Summary									

Head	Sandrine BAYLE (IMT Mines-Alès)
Teaching team	Raphaële Théry-Hétreux, Gilles Hétreux (ENSIACET, Toulouse)

Key words	Processes integration, energy optimisation, energetic systems modelling, mixed linear programming
Prerequisites	Basis in process engineering, thermodynamics, industrial engineering, modelisation)

<p>Context and general objective: In a context of sustainable development, the energetic issue represents one of the major problems for the decades to come(scaecity of certain resources, global growth of the demand, reductcion of CO2 emissions, etc). The objective of this teaching module is to address this problem by presenting on the one hand the basis of a very systematic methodology called « pinch analysis » whose aim is to reduce global energy consumption of a process or even a complete industrial site and on the other hand optimization mathematical toolsl that help to reduce the global energy consumption of industrial site by the implementation or redesigning of heat exchange networks</p>
<p>Programme and contents: <u>Integration of processes (27h)</u> Firstly, the notion of integration of processes will be introduced and illustrated by several examples whose aim is to improve the use of resources required for the effective functioning of the process (water, energy, etc) Then, the integration of processes applied to the « energy » resource, in other terms « energetic integration » will be addressed in depth. Secondly, the pinch analysis will be defined, and the main principles of this analysis will be presented. The third part will be dedicated to the presentaion of all the steps of the approach. For each of these steps, different graphical tools and calculation algorithms will be introduced. <u>Energy optimization (13h)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> o Basis of mixed linear programming (Simplex method) and modelling techniques Hadling ILOG software (IBM) for the development and the resolution of mixed linear programming (MLP) methods o Implementation of energy integration by the mean of MLP models optimization Implementation of an initial model (Grassroot) of heat exchange networks o Basis model extension Implementation of a remodeling software (Retrofit) of heat exchange networks o Remodeling scenario analysis and economical and energetic indicators assessment
<p>Method and pedagogic organisation: Courses, tutorial classes, mini project</p>
<p>Targeted skills or knowledge : At the end of the course « Integration of processes » the students must be able to : - Perform the energy diagnosis of a process ,</p>

Module

- Perform the analysis of a process in order to assess the energetic efficiency of the heat exchange network's process and to extract energy sources and energy wells and to determine their characteristics (FCp, Tin et Tout)
- Evaluate the required minimum energy of the process and plot the compound curves required. Design the heat exchangers network for optimizing the inner heat recycling of the process.,
- Perform an economical evaluation of the integrated process .

At the end of the course « Energy optimization », the students must be able to :

- Analyse a problem in order to identify data, decision variables and the constraints to be met.,
- Modelized this problem (using possibly a graph) in the frame of MLP,
- Develop and solve this model with a dedicated solver/resolver (in this case ILOG Solver d'IBM)
- To do the optimal synthesis of a heat transfer network which gets the MER,
- To realize an economical and energetical assessment of the integrated process

Evaluation :

Written examination + design of 1 process in group (2-3 students)

These main examination methods may be supplemented by other exercises, which will be specified at the start of the course

Feedback made to the student :

Consulting copies of exams on request

Teaching material and references :

Teaching aids (pdf), Visualisation tool (HENVisualizer), production plan visualize (Gantt Chart)

Method and teaching organisation *(to be used for providing more detail concerning the teaching methods used):*

Testing procedures

The student's level of knowledge acquisition will be evaluated according to the following points:

N° Indicator	Indicator
1	To know the formal and practical knowledge constituting the foundation of a given field
2	Exploit theoretical and practical knowledge
3	Analyse, interpret, model, hypothesize and solve problems

Grading scheme:

ACADEMIC TEACHING	Teaching hours	Indicator
Energy efficiency and integration of processes	40	
○ Energy optimisation	13	2
○ Processes integration-Modeling of energetic systems	27	2

Student commitments, ethics and professionalism

Expectations concerning ethics are defined in the establishment's code of conduct. Each student is expected to know and respect the code of conduct.

Obligatory presence in classes (According to article 5.3 of the Code of conduct, physical presence at certain teaching exercises can be deemed obligatory:

Obligatory presence in classes is required. Evaluations require announced and unannounced controls. Part of the evaluation can rely on the judgement of expected professional behaviour

Estimated hours of personal study *(evaluate in function of the type of teaching method used): in order to acquire the required learning level, the student is expected (must) to spend a minimum of 45min of personal study time per hour spent in class.*

Estimated hours of preparation required for labs/Work Shop:

Late penalties *(According to article 3.3 of the Teaching Code, teachers can administer penalties for reports/homework that are late without a valid justification (validity is left to the teacher's best judgement)).*

All late work is subject to penalties according to the teacher judgement. The procedure has to be clarified at the beginning of the course.

Teaching team *(list the names of the teachers and what they teach, with contact information (phone and email))*

Raphaèle Théry-Hétreux et Gilles Hétreux (ENSIACET)

Approbation

Ce guide pédagogique entre en vigueur à compter du...

Il est porté à la connaissance des élèves par une publication sur

Rédaction	Vérification	Validation
L'enseignant responsable du module : 	Le responsable d'UE / de département :	Le directeur de l'école, Pour le directeur et par délégation, Le directeur de la DFA / de la DE :