

### Pourquoi cette UE ?

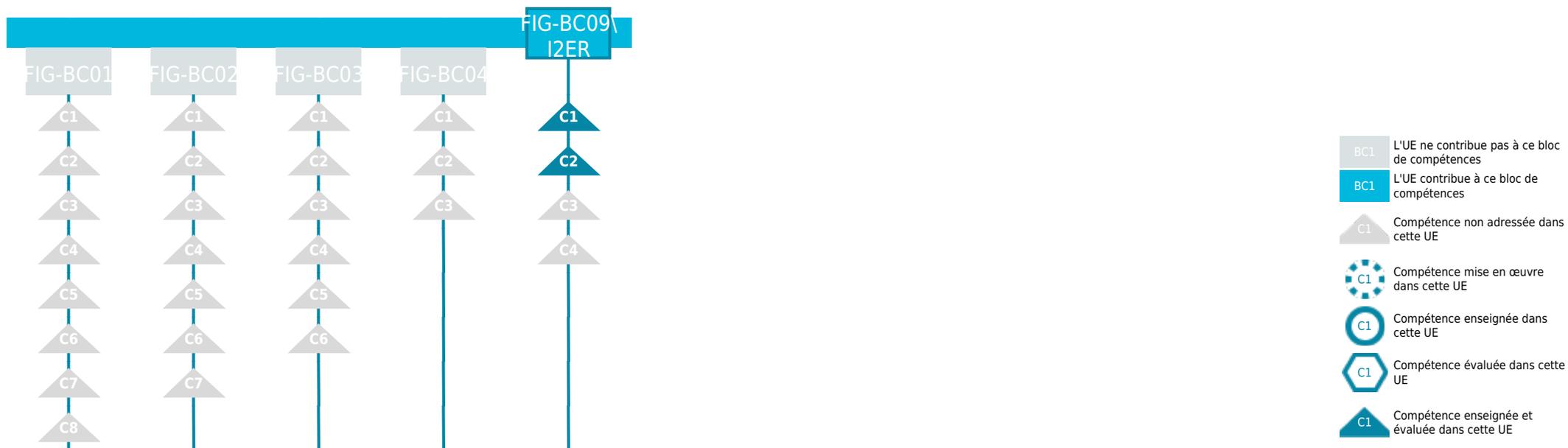
L'optimisation de l'utilisation de l'énergie est une des préoccupations industrielles d'aujourd'hui. Cela passe par la mise en oeuvre de procédés intégrés et de méthodes de recherche opérationnelle. Ce module a pour but de présenter une approche permettant de gérer au mieux les besoins énergétiques, 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.

### Éléments constitutifs de l'UE

	coefficient	
I2ERee_10_2-1 Optimisation énergétique	1	
I2ERee_10_2-2 Intégration des procédés - Modélisation de systèmes énergétiques	2	
Volume d'heures d'enseignement encadré	Volume d'heures de travail personnel	Nombre d'ECTS
40	12	2

### Alignement curriculaire

Parmi les compétences visées par la formation, lesquelles sont développées dans cette UE ?



## Contexte et enjeux de l'enseignement

Ce module traite des enjeux énergétiques du développement durable (raréfaction des ressources, hausse de la demande, réduction des émissions de CO<sub>2</sub>). Il propose une approche méthodique via la "Pinch analysis" pour optimiser la consommation énergétique des procédés ou sites industriels. Il inclut également des outils mathématiques d'optimisation pour concevoir ou remodeler les réseaux d'échangeurs de chaleur, contribuant à une réduction significative de la consommation énergétique globale.

## Prise en compte des dimensions socio-environnementales

ODD9 - Industrie, innovation et infrastructure ODD12 - Consommation et production responsables ODD13 - Lutte contre les changements climatiques

### Prérequis

Génie des Procédés base en thermodynamique Génie Industriel, modélisation mathématique

## Modalités d'enseignement et d'évaluation

	Nb d'heures
Cours	4
Cours intégré (cours + TD)	
TD	7
TP	
Projets	
Travail en autonomie encadré	
Contrôles et soutenances	2
Travail personnel	6

## Objectifs pédagogiques

(à la fin de cet enseignement, l'étudiant sera capable de ...)

À l'issue du cours « Optimisation énergétique », ils pourront :

Modéliser et résoudre un problème énergétique en Programme Linéaire Mixte ;  
Utiliser un solveur (ILOG Solver) pour synthétiser ou reconcevoir un réseau d'échangeurs ;  
Réduire la combinatoire et évaluer économiquement un procédé intégré.

## Activités

(CM, TD, TP, projet, sortie terrain, etc. )

CM, TD

## Évaluations et retours faits aux élèves

(évaluations qui comptent pour la note ou qui permettent à l'étudiant de se situer, corrigés, feedback personnalisé...)

Evaluation :  
un exercice à faire en groupe de 2-3

Retour sur l'évaluation fait à l'élève :  
Consultation copie d'examen sur demande auprès du secrétariat auprès du département

## Plan de cours

M. et Mme Hetreux, ENSIACET

Optimisation énergétique (13h)

o Fondements de la Programmation Linéaire Mixte (méthode du simple, procédure de séparation/évaluation) et techniques de modélisation,

o Prise en main du Solveur ILOG (IBM) pour le développement et la résolution de problèmes de PLM, o Mise en œuvre des principes de l'intégration énergétique par une approche par optimisation formulée au moyen de modèles de PLM :

## Ressources et références

Support pédagogique et références :

Supports de cours (pdf)

## Contexte et enjeux de l'enseignement

Ce module aborde les enjeux énergétiques liés au développement durable (rareté des ressources, hausse de la demande, réduction des émissions de CO<sub>2</sub>). Il présente la "Pinch analysis", une méthode systématique pour optimiser la consommation énergétique des procédés industriels, ainsi que des outils mathématiques pour concevoir ou améliorer des réseaux d'échangeurs de chaleur, réduisant ainsi la consommation énergétique des sites industriels.

## Prise en compte des dimensions socio-environnementales

ODD7 - Énergie propre et d'un coût abordable ODD9 - Industrie, innovation et infrastructure ODD12 - Consommation et production responsables ODD13 - Lutte contre les changements climatiques

### Prérequis

modélisation mathématique Génie Industriel, base en thermodynamique Génie des Procédés

## Modalités d'enseignement et d'évaluation

	Nb d'heures
Cours	10
Cours intégré (cours + TD)	
TD	17
TP	
Projets	
Travail en autonomie encadré	
Contrôles et soutenances	
Travail personnel	6

## Objectifs pédagogiques

(à la fin de cet enseignement, l'étudiant sera capable de ...)

À l'issue du cours « Intégration des procédés », les étudiants pourront :

- Diagnostiquer l'efficacité énergétique d'un procédé et son réseau d'échangeurs ;
- Identifier les sources/puits d'énergie et leurs caractéristiques (FCp, Tin, Tout) ;
- Calculer le Minimum d'Énergie Requise (MER) et tracer les courbes composites ;
- Concevoir un réseau d'échangeurs optimisant le recyclage de chaleur ;
- Réaliser une évaluation économique du procédé.

## Activités

(CM, TD, TP, projet, sortie terrain, etc.)

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

## Évaluations et retours faits aux élèves

(évaluations qui comptent pour la note ou qui permettent à l'étudiant de se situer, corrigés, feedback personnalisé...)

Évaluation :  
un exercice à faire en groupe de 2-3

Retour sur l'évaluation fait à l'élève :  
Consultation copie d'examen sur demande auprès du secrétariat auprès du département

## Plan de cours

### 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.

## Ressources et références

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.