

## Intégration énergétique thermique

<b>Domaine</b>	Ingénierie et Architecture
<b>Filière</b>	Energie et techniques environnementales
<b>Orientation</b>	Thermotronique (THO)
<b>Mode de formation</b>	Plein temps

### Informations générales

Nom	: Intégration énergétique thermique
Identifiant	: IntEnTherm
Années académiques	: 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022
Responsable	: Pierre Krummenacher
Charge de travail	: 120 heures d'études
Périodes encadrées	: 64 (= 48 heures)

Semestre	E1	S1	S2	E2	S3	S4	E3	S5	S6
Cours								64	

### Connaissances préalables recommandées

L'étudiant doit connaître et savoir utiliser les notions suivantes :

- Transfert de chaleur et échangeurs ;
- Bilans de masse et d'énergie ;
- Connaissances de base des unités de conversion d'énergie (machine frigo et pompe à chaleur, installations à vapeur, turbine à gaz, groupe chaleur force).

Les unités d'enseignement TCE1, TDY, PDC et TEF permettent d'acquérir ces connaissances.

### Objectifs

A l'issue de cette unité d'enseignement, l'étudiant-e sera capable de :

- Expliquer les principes de l'intégration énergétique, ses possibilités et ses limites ;
- Appréhender de manière systématique un procédé industriel thermique et en extraire le « cahier des charges » des besoins de chauffage et de refroidissement (liste de flux);
- Utiliser à bon escient les outils et représentations graphiques de bases (courbes composites, grande composite, etc.) ;
- Diagnostiquer un système de récupération de chaleur existant ;
- Choisir et pré-dimensionner les utilités et les unités de conversion d'énergie les mieux adaptées pour un procédé donné ;
- Concevoir et optimiser un réseau d'échangeurs de chaleur ;
- Utiliser un logiciel d'intégration énergétique (PinCH) ;

- Appliquer l'intégration énergétique en pratique.

### Contenu et formes d'enseignement

Répartition des périodes indiquée à titre informatif.

**Cours:** 64 périodes

- Contexte, motivations, introduction à l'intégration énergétique, rappels de prérequis	4
- Procédés, PFD, P&ID, bilan masse & énergie, flux, diagramme T-H, pasteurisateur	4
- Courbes composites, pincement et règles d'or, cibles énergétiques	2
- Surface de transfert minimale, nombre d'échangeurs minimum, coûts, pincement optimum	2
- Conception de réseaux d'échangeurs de chaleur	4
- Optimisation économique de réseaux d'échangeurs	2
- Extraction de flux, modélisation énergétique	2
- Courbe grande composite, sélection et optimisation des utilités	4
- Synthèse, réponses aux questions	2
- Contrôle écrit	2
- Introduction au progiciel PinCH par une étude de cas simple	2
- Visite d'un site industriel	4
- Intégration de pompe à chaleur, recompression mécanique de vapeur, etc.	2
- Conception de réseaux d'échangeurs à pincements multiples	2
- Etude de cas production de sel (intégration PAC ou RMV)	2
- Intégration indirecte par utilités intermédiaires, boucle de RC (split GCC, ISSP)	1
- Etude de cas séchage d'arômes (intégration directe versus indirecte)	2
- Cas de fonctionnement multiples (été / hiver, semaine / week-end, produits A / B)	1
- Etude de cas séchage aromes (cas de fonctionnement multiples)	2
- Procédés batch (isolés, superposés): définition des flux, modèles TSM et TAM, simplification	2
- Etude de cas batch, intégration directe versus indirecte avec stockage de chaleur	4
- Mini-projet (données, bilan M&E, cas de fonctionnement, extraction des flux)	4
- Mini-projet (analyse, groupement / simplification, variantes, modes d'intégration)	4
- Mini-projet (conception, synthèse)	4

### Bibliographie

F. Brunner et P. Krummenacher., *Introduction à l'intégration énergétique de procédés par l'Analyse Pinch - Manuel pour l'analyse de procédés continus et de procédés batch, 2ème édition 2017*, [https://pinch-analyse.ch/downloads/Manuel\\_Pinch\\_OFEN\\_2017.pdf](https://pinch-analyse.ch/downloads/Manuel_Pinch_OFEN_2017.pdf)

### Contrôle de connaissances

**Cours :** L'acquisition des matières de cet enseignement sera évaluée par 2 contrôles écrits de 2 périodes chacun (pondération 2x 1/3), et le rendu d'une étude de cas (pondération 1/3)

**Calcul de la note finale**

Note finale = moyenne cours x 1