



Certificate of Advanced Studies HES-SO (CAS)

OPTIMISATION ÉNERGÉTIQUE

DANS L'INDUSTRIE ET LES ENTREPRISES

www.optimisation-energetique.ch

OBJECTIFS

L'optimisation d'exploitation, le recours à des équipements performants et aux technologies les mieux adaptées contribuent à se mettre en conformité avec la législation et à maintenir la compétitivité industrielle tout en réduisant les coûts.

Les investissements en économies d'énergie étant limités, il est important de connaître les avantages et contraintes des différentes technologies et de tirer parti de toutes les opportunités d'actions possibles. Les équipements individuellement les plus performants ne sont cependant pas garants de la meilleure efficacité globale au meilleur coût.

En effet, au-delà des actions locales, le potentiel d'économies résultant d'une analyse «système» et d'une optimisation énergétique globale, thermique et électrique, est très significatif mais souvent négligé, voire ignoré. Cela vaut en particulier pour la récupération de chaleur et les systèmes d'entraînements électriques (par ex. production et distribution d'eau de refroidissement).

Cette formation continue postgraduée vous fournira les clés pour:

- entreprendre et mener à bien les démarches d'optimisation énergétique;
- connaître les procédés, les installations, les technologies énergétiques industrielles et leurs caractéristiques;
- diagnostiquer les situations existantes (campagne de mesures, etc.);
- identifier et quantifier les pertes énergétiques thermiques et électriques;
- connaître différentes méthodes d'optimisation et savoir spécifier le cadre et les conditions de leur application.

PUBLIC CONCERNÉ

Le programme de formation s'adresse à des Ingénieur-e-s HES, EPF, ou au bénéfice d'un titre universitaire équivalent. Une admission sur dossier est possible pour les technicien-ne-s ES de l'industrie, des entreprises, des compagnies et services industriels: responsables HSE, Technique, Energies, Projets, Production, Exploitation, Maintenance. Concepteurs/trices, bureaux d'ingénieurs et planificateurs. Prestataires d'audits et de services d'optimisation énergétique. Entreprises générales, industriels, exploitants, entreprises de montage. Institutions et administrations.



HAUTE ÉCOLE
D'INGÉNIERIE ET DE GESTION
DU CANTON DE VAUD
www.heig-vd.ch

FORMATION PROPOSÉE

Ce CAS comprend 5 modules représentant 12 crédits ECTS (European Credits Transfer System):

- énergie dans l'industrie, cadre légal et réglementaire; notions de base en électricité, thermique et hydraulique;
- méthodes et outils de diagnostic et d'optimisation énergétique;
- équipements et systèmes thermiques: caractéristiques, potentiel d'optimisation;
- équipements et systèmes électriques: caractéristiques, potentiel d'optimisation;
- études de cas pratiques de diagnostic et d'optimisation d'installations industrielles.

FRAIS D'INSCRIPTION

Inscription aux cours y compris supports, visites et frais administratifs: CHF 6'000.- (non compris frais de déplacement et repas).

Conditions d'obtention: suivre assidûment les 5 modules, réussir les examens correspondants ainsi que la défense du travail de certificat.

Aides financières: sur demande à la HEIG-VD.

PLANIFICATION

Cours: 178 périodes

Travail de certificat: 122 périodes

Consulter le calendrier en ligne pour la planification des cours. Le travail de certificat est rendu dans les 3 mois suivant la fin des cours.

Les cours se déroulent principalement à Yverdon-les-Bains mais certains pourraient être décentralisés en fonction des besoins.

INFORMATIONS & INSCRIPTIONS

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud
Centre de Formation Continue HEIG-VD
Centre St-Roch, avenue des Sports 20, CP 521
1401 Yverdon-les-Bains

CONTACTS

nicolas.weber@heig-vd.ch
christophe.besson@heig-vd.ch
www.optimisation-energetique.ch





| Modules | Thèmes | Périodes |
|--|---|------------|
| 1 | L'énergie dans l'industrie et les entreprises; notions de base en électricité, thermique, hydraulique; composants | 36 |
| 2 | Diagnostic et optimisation énergétique : méthodes et outils | 28 |
| 3 | Équipements et systèmes thermiques : caractéristiques et potentiels d'optimisation | 38 |
| 4 | Équipements et systèmes électriques : caractéristiques et potentiels d'optimisation | 34 |
| 5 | Diagnostic et optimisation énergétique : études de cas pratiques d'installations industrielles | 34 |
| Nombre total de période de cours | | 170 |
| Evaluation des modules | | 8 |
| Contribution de l'expérience professionnelle du participant | | 60 |
| Travail de certificat | | 122 |
| Nombre total de périodes équivalentes (12 crédits ECTS) | | 360 |

| CONTENU DES MODULES | | Périodes |
|---------------------|---|----------|
| 1 | L'énergie dans l'industrie et les entreprises; notions de base en électricité, thermique, hydraulique; composants | 36 |
| 1.1 | Introduction: objectifs, contenu et déroulement du CAS; Notions de base énergies | 3 |
| 1.2 | Contexte et consommations d'énergies des entreprises et industries : formes et conversions d'énergie; unités; statistiques énergétiques et analyse; production thermique et procédés consommateurs de chaleur dans l'industrie, plages de températures; consommation d'électricité des entreprises et industries par application; contexte légal, réglementaire et normatif; labellisation des bâtiments; mesures d'encouragement et aides financières | 4 |
| 1.3 | Notions de base en électricité : grandeurs électriques, lois de base et relations fondamentales, alimentations mono- et triphasées; puissances active, réactive, apparente, pertes; charges R,L,C; compensation du réactif; harmoniques et perturbations; comptage, tarification, et factures d'électricité | 8 |
| 1.4 | Notions de base en thermique et hydraulique : grandeurs thermodynamiques, diagrammes d'état; bilans de masse et d'énergie; cycles thermodynamiques et efficacités; transfert de chaleur; combustion; air humide; traitement de l'eau thermique; hydraulique; aéraulique | 13 |
| 1.5 | Types et caractéristiques de composants essentiels: pompes, ventilateurs, compresseurs, pompes à vide, etc. | 8 |
| 2 | Diagnostic et optimisation énergétique : méthodes et outils | 28 |
| 2.1 | Techniques de mesure et de réglage : mesures de performances, analyse, planification de campagnes, contrôle et validation de fonctionnement; systèmes de mesure et compteurs; symboles et schémas P&ID; principes et composants MCR, API, GTB, GTC, protocoles de communication | 8 |
| 2.2 | Audits énergétiques, lignes directrices et stratégies d'amélioration, monitoring, calculs économiques, exemples : pré-pré-diagnostic, audit énergétique, mesurages et bilan d'énergies, livrables et communication; types d'interventions possibles et identification des pistes, priorisation; calculs de rentabilité et analyse financière: management, processus décisionnels et aspects stratégiques de l'énergie, indicateurs, benchmarking, monitoring; management de l'énergie; mesurages, analyse de régression, protocole IPMVP, contrat de performance et ESCO | 10 |
| 2.3 | Méthode de l'Analyse Pincement: principes et outils de base, exemples: problématique, domaines d'applications; besoins de transfert de chaleur et diagramme T-H; courbes composites, optimisation économique, pincement et valeurs cibles; grande composite et optimisation des utilités; conception de réseaux d'échangeurs de chaleur; exemple pratique avec logiciel PinCH; récupération et stockage de chaleur (aperçu) | 8 |
| 2.4 | Management de production, des processus, de la qualité; normes métiers; exemples: Lean 6 sigma, GMP, BRC/IFS, HACCP, etc. | 2 |



| Modules | Thèmes | Périodes |
|----------|---|-----------|
| 3 | Equipements et systèmes thermiques : caractéristiques et potentiels d'optimisation | 38 |
| 3.1 | Production et distribution d'énergie thermique : technologies, caractéristiques, domaines d'application, diagnostic, opportunités d'optimisation : production d'eau chaude et d'eau surchauffée; production de vapeur (saturée et surchauffée); étude de cas: mesures des performances d'une chaudière vapeur; capteurs solaires thermiques; chaudières à huile thermique; cogénération (turbines à gaz, turbines à vapeur, moteurs à combustion interne, piles à combustible, ORC); gestion des pointes et stockage tampon (aperçu) | 14 |
| 3.2 | Machines frigorifiques et pompes à chaleur : technologies, caractéristiques, contraintes, domaine d'application, diagnostic, opportunités d'optimisation, dimensionnement, exemples. Froid process / confort. Froid commercial | 8 |
| 3.3 | Echangeurs de chaleur : technologies, caractéristiques, contraintes, domaine d'application, diagnostic, opportunités d'optimisation, dimensionnement, exemples (inclus aérorefroidisseurs / condenseurs, sec et humide) | 6 |
| 3.4 | Air comprimé : technologies (production, séchage, distribution), caractéristiques, domaines d'application, diagnostic, bonnes pratiques et opportunités d'optimisation, étude de cas | 4 |
| 3.5 | Chauffage, ventilation, climatisation : technologies, caractéristiques, dimensionnement, diagnostic, opportunités d'optimisation. fonctions et contraintes des installations de ventilation (confinement, filtration, hygiène, chauffage / refroidissement free-cooling air, humidification / déshumidification, etc.), adaptation à la demande, bonnes pratiques, étude de cas | 6 |
| 4 | Equipements et systèmes électriques : caractéristiques et potentiels d'optimisation | 34 |
| 4.1 | Installations électriques dans les bâtiments : architecture réseau, schéma de principe CFO; schématique et régime de neutre; protections des installations électriques et des personnes; perturbations (types, influences); transformateurs: principes, types et caractéristiques; aspects énergétiques; mesures; production d'énergie (photovoltaïque, éolien, hydraulique) | 4 |
| 4.2 | Mesure et surveillance de la consommation d'énergie électrique : systèmes de mesures et surveillance des consommations énergétiques; réseaux de distribution et systèmes de mesure de l'électricité intelligents (<i>smart buildings, smart grid/metering</i>); analyse, réflexion, choix, communication | 2 |
| 4.3 | Techniques d'éclairage : grandeurs et unités de mesures : flux de rayonnement, éclairement, intensité, luminance; oeil et vision : le système visuel, confort, performance, agrément; sources lumineuses électriques : lampes à incandescence, lampes à décharge, diodes électroluminescentes (LED); efficacité lumineuse et rendu des couleurs. Eclairages industriel et public | 8 |
| 4.4 | Moteurs électriques : principes de fonctionnement, structure et caractéristiques des principaux moteurs électriques; conversion électromécanique d'énergie, puissances, pertes, rendement et échauffement, facteur de puissance, champ tournant; classe d'efficacité énergétique et normes; moteurs asynchrones pour l'entraînement de pompes, ventilateurs, compresseurs et convoyeurs; alimentation directe, démarreur progressif, convertisseur de fréquence; exemples d'applications et exercices | 8 |
| 4.5 | Convertisseurs électroniques : introduction aux semi-conducteurs de puissance (diode, MOSFET, IGBT); topologies les plus utilisées (convertisseurs DC/DC, ponts en H et demi-ponts, ponts triphasés, récupération et structures PFC); commande PWM & applications; boucles de réglage et leurs implications; circuits de protection, déparasitage et séparation galvanique; caractéristiques de moteurs (& transmissions) et leurs effets / influences sur la commande & alimentation électronique; exemples d'application (stockage et charge batteries de traction, ...) | 8 |
| 4.6 | Entraînements électriques : approche système : alimentation, moteur, transmission et charge; entraînements directs et indirects, transmissions mécaniques; caractéristiques de la charge, services types, caractéristique couple-vitesse; efficacité énergétique des entraînements électriques; exemples d'applications | 4 |
| 5 | Diagnostic et optimisation énergétique : études de cas pratiques d'installations industrielles | 34 |
| 5.1 | Exercice de planification de mesure de performance d'une installation : identification des grandeurs pertinentes, choix des appareils adaptés, lecture de schémas P&ID | 2 |
| 5.2 | Etude de cas pratique, analyse Pinch : identification des flux, courbes composites, targeting, réseau d'échangeurs, logiciel PinCH | 6 |
| 5.3 | Etude de cas PAC / installation frigorifique : mesures de performances, COP / EER, pression flottante, compresseur à vitesse variable, connaissance des installations de laboratoire | 4 |
| 5.4 | Etude de cas Air Comprimé et/ou CVC : mesures de performances, efficacité, tests de configurations, optimisations d'installations | 4 |
| 5.5 | Exemples concrets d'optimisation électrique : pompes : mesures sur bancs d'essais au laboratoire; vitesse variable pour l'entraînement de pompes afin de réduire la consommation énergétique; pompes de circulation; pompes en parallèle | 4 |
| 5.6 | Optimisation des entraînements électriques en milieu industriel: méthodologie de diagnostic et préconisations - exemples concrets de ventilateurs : préparation et déroulement du diagnostic énergétique d'une installation électrique; mesures, analyse du profil de consommation et courbes de charge; identification des potentiels d'économies et retour sur investissement; exemples d'application en ventilation | 4 |
| 5.7 | Etude de cas : diagnostic énergétique, identification des potentiels d'optimisation thermique et électrique, rentabilité : présentation de l'étude de cas (site industriel); thème n°1: diagnostic de la chaufferie vapeur, pistes ; thème n°2: diagnostic et optimisation de la production de froid; thème n°3: diagnostic et optimisation de la distribution de froid avec récupération de chaleur; thème n°4: analyse et intégration énergétique des procédés | 10 |



CAS - Optimisation Energétique dans l'Industrie et le Entreprises

Calendrier des cours 2020

| Janvier 2020 | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 1 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 3 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 4 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 5 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | |

| Février 2020 | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 5 | | | | | | 1 | 2 |
| 6 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 7 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 8 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 9 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | |

| Mars 2020 | | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 9 | | | | | | | 1 |
| 10 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 11 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 12 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 13 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 14 | 30 | 31 | | | | | |

| Avril 2020 | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 14 | | | 1 | 2 | 3 | 4* | 5 |
| 15 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 16 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 17 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 18 | 27 | 28 | 29 | 30 | | | |

Vendredi = Journée entière
Samedi = Matinée

| Mai 2020 | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 18 | | | | | 1 | 2 | 3 |
| 19 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9* | 10 |
| 20 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 21 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 22 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |

| Juin 2020 | | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|-----|-----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 23 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 24 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12* | 13 | 14 |
| 25 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20* | 21 |
| 26 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 27 | 29 | 30 | | | | | |

| Juillet 2020 | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 27 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 28 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 29 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 30 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 31 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | |

| Août 2020 | | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 31 | | | | | | 1 | 2 |
| 32 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 33 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 34 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 35 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 36 | 31 | | | | | | |

| Septembre 2020 | | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|-----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 36 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 37 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11* | 12 | 13 |
| 38 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 39 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 40 | 28 | 29 | 30 | | | | |

| Octobre 2020 | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 40 | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 41 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 42 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 43 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 44 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |

| Novembre 2020 | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 44 | | | | | | | 1 |
| 45 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 46 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 47 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 48 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 49 | 30 | | | | | | |

| Décembre 2020 | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|
| n° | Lu | Ma | Me | Je | Ve | Sa | Di |
| 49 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 50 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 51 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 52 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 53 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | |

- Module 1
- Module 2
- Module 3
- Module 4
- Module 5 (le module 5 est ventilé sur plusieurs jours (avec *) pendant le CAS)

Esquisse de la formation continue certifiante (CAS/DAS/EMBA/MAS)

| |
|---|
| Responsable de la formation |
| <i>Nicolas Weber, professeur Département TIN</i> |
| Intitulé de la formation |
| <i>CAS Optimisation Energétique dans l'industrie et les entreprises</i> |
| Objectifs de la formation |
| <i>La formation OPTI-EN propose des outils et des solutions applicables dans le domaine de l'optimisation de la production thermique et électrique et l'amélioration du fonctionnement des processus industriels énergivores. Ainsi, en suivant cette formation, le participant pourra acquérir des compétences nécessaires permettant l'utilisation des principaux outils performant pour devenir l'un des acteurs de l'amélioration de la situation climatique.</i> |
| Public(s) cible(s) |
| <i>Public cible : Prestataires d'audits énergétique et de services d'optimisation énergétique, ingénieurs et techniciens de projets, concepteurs, ingénieurs et techniciens de maintenance, ingénieur de production, planificateurs, entreprises générales, entreprises de montage, exploitants, institutions et administrations</i> |
| Éléments particuliers de la formation (contractuel, collaboration, marché, branche, etc...) |
| <i>Convention avec Etat de Vaud pour une participation de 75% aux frais d'écolage pour les participants travaillant dans une entreprise installée dans le canton de Vaud.</i> |