

La Société Française de Génie des Procédés et **le cnam**

organisent une journée

De l'audit énergétique à l'optimisation de l'efficacité énergétique des sites industriels : Quelles méthodologies ? Quels outils ?

**ETAT DES LIEUX DES METHODES ET OUTILS EXISTANTS,
CAS D'ÉTUDE ET TÉMOIGNAGES DE SCIENTIFIQUES
ET DE R&D INDUSTRIELS**

le 9 juin 2016 au Cnam (amphithéâtre Laussédats, 2 rue Conté, Paris 3^e)

OBJECTIF DE LA JOURNÉE

La performance énergétique est un levier majeur pour la compétitivité des entreprises et, selon l'Agence Internationale de l'Energie, elle est le moyen le plus efficace pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Pour atteindre cet objectif, une démarche d'amélioration doit être menée, comprenant essentiellement :

- un **audit énergétique** (réglementaire EN 16247 ou volontaire) qui permet d'analyser les procédés et utilités du site et d'établir un diagnostic dans lequel les gisements d'économies (d'ordre technique, opérationnel ou financier) sont cartographiés.
- la mise en œuvre du **Plan d'Economie d'Energie** (PEE) qui permet de planifier les actions d'améliorations. Le pilotage opérationnel de ce plan s'accompagne d'une sensibilisation et d'une responsabilisation des acteurs de l'entreprise et nécessite de mesurer en continu la performance énergétique.
- la mise en œuvre d'un **Système de Management de l'Energie** (ISO 50001) afin de pérenniser durablement les économies réalisées.

Cependant, cette démarche se heurte à de nombreuses difficultés d'ordre technique et opérationnel. La journée des GT IEP et Energie de 2009 avait conclu quant au besoin de développer des méthodologies et des outils logiciels dédiés au diagnostic et à l'amélioration de l'efficacité énergétique des procédés. Réunissant des participants industriels et académiques, cette nouvelle journée sera l'occasion de :

- dresser un état des lieux du chemin parcouru depuis 2009, tant sur le plan méthodologique (méthode du pincement, analyse et optimisation exergétique, etc.) que sur les outils logiciels de collecte de données, d'analyse et de synthèse de solutions,
- partager les retours d'expériences d'ingénieurs en charge de l'amélioration de la performance énergétique au sein de leur entreprise pour identifier les freins rencontrés aujourd'hui dans la mise en œuvre de la démarche,
- identifier les futurs champs d'investigation en recherche et développement dans le domaine de l'efficacité énergétique.

PROGRAMME DE LA JOURNÉE

9h00 **Ouverture**
Présidents de GT IEP & Energie

9h15 **Audit énergétique : cadre réglementaire et accompagnement de l'ADEME sur l'efficacité énergétique dans l'industrie**
Guillaume Daill, ADEME

Un audit énergétique établit un bilan des consommations et des usages énergétiques. Il permet également d'identifier des actions d'économies d'énergie applicables sur les procédés. Depuis le 5 décembre 2015, les entreprises de plus de 250 salariés ont l'obligation de réaliser un audit énergétique tous les 4 ans. Mais l'audit énergétique ne reste qu'une étape dans une démarche d'efficacité énergétique. L'ADEME accompagne les entreprises industrielles dans cette démarche, aussi bien en offrant un soutien financier qu'un support méthodologique.

9h30 **Aspects conceptuels liés à l'analyse énergétique des procédés**
Jean Paul Gourlia, PS2E

La conception des procédés d'une unité neuve ou l'expertise de la conception d'une unité existante doivent être abordées par une approche système. Les performances individuelles des technologies envisagées ou utilisées ne doivent être vues qu'au travers des performances globales obtenues. Différents outils existent pour obtenir cette vision systémique, d'autres outils plus algorithmiques permettent de trouver par optimisation le meilleur concept. Une revue de toutes ces méthodes sera effectuée pour mettre en exergue leurs avantages et leurs inconvénients.

10h00 Audits énergétiques et plan d'actions : retours d'expériences industriels

- **Solvay et l'Energie : Application opérationnelle des ambitions environnementales et économiques de Solvay ; Objectif et moyens mis en œuvre sur les sites : Projet Solwatt // Solway Way**
Mouloud Tazibd, Solvay

Dans le cadre de cette présentation, le projet sera abordé selon trois dimensions : Technique, Système de gestion de l'Energie et Comportement. L'exemple du Site Belle Etoile Pôle Energie Lyon et la GBU SES (Solvay Energie Services) sera abordé.

- **Démarche ISO 50001 chez Veolia Eau France**
Nader Moatamri, Veolia

Veolia Eau France a mis en place une certification ISO 50001 afin de formaliser le suivi du plan d'efficacité énergétique décidé par le Groupe. La certification obtenue fin 2015 a motivé le démarrage d'un projet interne d'accompagnement des équipes, notamment pour renforcer le suivi et le management de l'énergie sur les installations

Pause Café

- **Analyse pincement d'une unité de vaporeformage de gaz naturel**
Marie Basin, Philippe Arpentiner, Air Liquide Centre de Recherche Paris Saclay

La méthode du pincement a été appliquée au procédé de vapo-reformage de gaz naturel, les principes fondamentaux de cette méthode à propos de la distinction entre les courants dits «procédés» et les courants dits «utilités» ont été appliqués puis le périmètre d'étude a été modifié compte tenu des spécificités du procédé (disponibilité fatale d'utilités chaudes). Les résultats de l'intégration énergétique d'un procédé de vapo-reformage produisant 130 000 Nm³/h d'hydrogène sont présentés. Différents scénarios sont envisagés selon que l'objectif est un revamping de l'unité existante (conservation du réseau d'échangeurs actuel) ou le dimensionnement d'une nouvelle unité, les paramètres opératoires étant modifiés ou non :

- Minimisation de la consommation de gaz naturel
- Maximisation de la production de vapeur haute pression
- Maximisation de la production d'électricité



- **Audits énergétiques et systèmes de gestion: une opportunité pour l'industrie pétrochimique**
Greet Van Eetvelde, Energy & Innovation Policy, INEOS Europe AG

Le cadre réglementaire créé par la directive Européenne sur l'efficacité énergétique de 2012 et l'obligation d'effectuer un premier audit sur tous les sites industriels avant décembre 2015 ont fortement incité les sites de production -pétrochimiques et autres- de reconsidérer leur politique et priorités énergétiques. En 2012 INEOS a lancé un projet de collaboration intensive avec l'EPFL en Suisse pour étudier et optimiser ses sites en Europe, en particulier à Lavéra, Ribécourt et Sarralbe via les techniques de Pinch Technology et Total Site Integration. Les études -en France et ailleurs- ont permis de réaliser d'importantes économies d'énergies et ont encouragé chaque site à préparer la mise en place d'un système de management de l'énergie selon la norme ISO 50001. De plus, cette collaboration de recherche a incité le site de Lavéra à être partie prenante dans un projet Européen (H2020 SPIRE) sur les systèmes de gestion de l'énergie et des ressources pour une meilleure efficacité dans l'industrie de procédé et une symbiose intersectorielle.

11 h 20 Les méthodes et outils dédiés à l'amélioration de la performance énergétique

- **Projet COOPERE (ANR) : Intégration des analyses pinch et exergétique dans un simulateur de procédé pour des audits énergétiques avancés**
Clément Rebillard (Veolia), Raphaële Hétreux (Laboratoire de Génie Chimique)

Dans le cadre du projet COOPERE soutenu par l'ANR, VERI, la Société PROSim SA, le LGC et AgroParisTech Les partenaires ont travaillé de concert au développement d'une plateforme logicielle d'aide à la conception de solutions d'efficacité énergétique, basée sur une combinaison de l'analyse pincement et de l'analyse exergétique. D'autre part, une bibliothèque d'équipements a été développée pour faciliter la modélisation et la simulation de technologies de valorisation ou de conversion d'énergie (Pompe à Chaleur, Machine ORC, etc.). Un module de séchoir pour produits agro-alimentaires a également été développé afin de pouvoir sécher les sous-produits en vue de leur valorisation énergétique. Enfin, l'évaluation économique des solutions identifiées et un calcul d'optimisation sont également disponibles dans le logiciel, afin de permettre une analyse complète de la situation, et une hiérarchisation des solutions reposant sur des critères rigoureux. Des applications industrielles ont été réalisées, afin d'éprouver et de raffiner les développements au cours du projet.

- **Projet CERES 2 (ANR) : méthodes et outils d'intégration énergie et matière dans l'industrie**
Sandrine Pelloux Prayer (EDF), Assaad Zouggaib (Mines ParisTech)

Le projet CERES 2 soutenu par l'ANR a donné naissance à une plateforme d'optimisation de l'intégration énergétique et de la récupération de la chaleur au sein des procédés industriels. Cette plateforme est basée sur une méthodologie qui associe la modélisation des procédés et des systèmes thermodynamiques à des modèles d'optimisation basés sur la méthode du pincement et l'analyse exergétique. Les travaux ont continué après la fin du projet ANR pour aboutir à des développements supplémentaires de la méthodologie visant les procédés variables et batch tout en intégrant le stockage d'énergie ainsi que l'intégration simultanée de l'énergie et de la matière. A l'échelle de grands sites ou de parc industriels, les développements ont visé l'optimisation des réseaux tertiaires d'énergie et de matière.

- **Audit industriel d'un site complet : application à un site pétrochimique de TOTAL**
Mai Riche, TOTAL

In view of evaluating the low grade heat potential of a petrochemical site for export, a wide site heat integration of a selected site has been carried out. An application framework for the methodology and tools developed by CES has been built.

The work allowed building consistent energy profiles for 12 prominent process units, together representing about 75% of the total energy consumption in the site. From these, integration opportunities were identified, including several options that had not been found earlier without help of such a systematic and comprehensive approach. A number of opportunities were selected for further investigation after a preliminary screening and ultimately, a techno-economic evaluation was performed on 10 scenarios: 5 scenarios for waste heat valorization through chilled water production and 5 scenarios for the implementation of multi-process heat transfer networks. This work constitutes a proof of interest for the methodology and its application framework for a global heat integration of large site synergies. By its size and complexity, the case study is comparable to the identification of synergies between several industrial sites at the local to regional scale, i.e. the creation of eco-park structures. The data and methodological aspects put together in this work are therefore particularly relevant for Total in the perspective of strengthening the position of large integrated refining and petrochemical plants in their regional industrial environment.

14h Les méthodes et outils dédiés à l'amélioration de la performance énergétique (suite)

- **Les outils de la recherche et développement pour la performance énergétique**

Pierre-Gilles POINT, Bertin Technologies

- Comment qualifier et dimensionner des solutions industrielles innovantes depuis le laboratoire jusqu'au prototype ? Retour d'expérience d'outils de modélisation et d'essais développés pour :
- la récupération de chaleur fatale : pompe à chaleur absorption avec liquide ionique (IONOPAC, programme ADEME TOTAL)
 - le stockage thermique
 - la gestion et l'optimisation des systèmes hybrides de production et stockage d'énergie

- **Comment appliquer et profiter de la méthode pinch sur les sites existants ?**

Bachir Abou Khalil, Okavango

- Comment répondre aux contraintes auxquelles on peut être confronté lorsqu'on essaie d'appliquer le Pinch sur des sites existants, à savoir :
- Contrainte géographique des flux
 - Contrainte temporaire dans les procédés discontinus
 - Contrainte des récupérations de chaleur existantes (pénalisantes ou pas)
 - Contrainte technologiques et méthodologiques pour les flux non fluides (comme les procédés de séchage par exemple)

- **Projet RREFlex (AMI Total ADEME) : Outils Robuste pour la synthèse de réseaux d'échangeurs de chaleur flexibles**

Gilles Hétreux, Laboratoire de Génie Chimique

- Le projet RREFlex, financé dans le cadre de l'AMI TOTAL-ADEME « efficacité énergétique dans l'industrie » vise à développer un prototype logiciel dédié synthèse de réseaux d'échangeurs de chaleur robustes et flexibles. Sur des problèmes de dimensions industrielles (plusieurs dizaines de sources et de puits de chaleur), la synthèse de réseau d'échangeurs de chaleur est une problématique complexe car fortement combinatoire. Dans ce contexte, l'outil RREFlex s'appuie sur une approche originale reposant sur la résolution d'un problème linéaire (optimisation MILP) couplée à une évaluation a posteriori d'indicateurs tels que la topologie du site industriel, la complexité du réseau etc... et un processus de résolution itératif visant à obtenir en fin de processus un réseau viable c'est-à-dire le réseau le plus adapté aux contraintes de l'exploitant. Parmi ces contraintes, la notion de flexibilité sera étudiée avec notamment l'évaluation de la réponse d'un réseau à des perturbations (robustesse) mais aussi l'analyse de sa capacité à s'adapter à des points de fonctionnement multiples (adaptabilité).

15 h 15 Table ronde : Vers des audits énergétiques avancés

INFORMATIONS PRATIQUES

L'inscription à cette journée est obligatoire (possibilité de paiement en ligne, sur place ou par bon de commande) : <https://www.weezevent.com/journee-sfgp-9-juin-2016>

à la fin du processus, complétez les informations de carte bancaire ou bien sélectionnez « réservation » et envoyez votre bon de commande administratif au secrétariat de la SFGP, 28 rue Saint Dominique, 75007 Paris
ATTENTION : paiement sur place par chèque uniquement (pas d'espèces).

participation aux frais d'organisation :

adhérent SFGP 50€

non-adhérent SFGP 75€

étudiant (ou auditeur du Cnam) 25€

Inscriptions ouvertes jusqu'au 2 juin 15h.