



Institut National des Pompes à Chaleur

5^{ème} Congrès Français des Pompes à Chaleur

jeudi 17 septembre 2015
9h30 – 17h
Paris

(Centre de Conférences Paris Victoire – 52 rue de la Victoire - 75009)

Organisé par l'**Institut National des Pompes à Chaleur**

Une occasion unique d'informations et d'échanges sur les travaux de recherche menés en France pour améliorer les performances des pompes à chaleur, pour des applications dans le bâtiment ou dans l'industrie



L'**Institut National des Pompes à Chaleur** (INPAC) est un réseau d'acteurs français de la recherche sur les pompes à chaleur mis en place fin 2010. Il regroupe : BRGM, CEA, CETIAT, COSTIC, CSTB, EDF, ENGIE, MINES ParisTech.

INPAC permet à ses membres des échanges d'informations, une concertation sur leurs programmes de recherche, des contacts avec d'autres partenaires au niveau français ou international, des activités de diffusion d'informations scientifiques et techniques sur les pompes à chaleur vers la filière professionnelle.

INPAC organise chaque année le **Congrès Français des Pompes à Chaleur**, permettant de mieux diffuser des résultats de projets de recherche et de développement technologiques, ainsi que des résultats issus des travaux de veille technologique des membres de l'INPAC et de leurs partenaires.

Ce congrès est l'occasion d'aborder des thèmes essentiels pour l'amélioration de la performance des pompes à chaleur, leur couplage avec d'autres systèmes ou d'autres sources d'énergie, leur utilisation optimisée dans le bâtiment ou dans l'industrie.

Accès : Centre de Conférences Paris Victoire - 52 rue de la Victoire - 75009 PARIS



Ligne 12 : Notre Dame de Lorette ou Trinité d'Estienne d'Orves
Ligne 7 : Le Peletier - Ligne 9 : Chaussée d'Antin Lafayette



Ligne A : Auber - Ligne E : Saint-Lazare

Frais d'inscription : 240 € TTC (TVA 20%).

Ce tarif inclut l'accès au Congrès, les pauses, le déjeuner-buffet, la copie des diapositives présentées.

Nombre de places limité à 180 participants.

Comité d'organisation :

François DURIER, Michèle MONDOT (CETIAT), Cédric BEAUMONT (COSTIC), Odile CAURET (EDF), Jean-Robert MILLET (CSTB), Mikael PHILIPPE (BRGM), Patrick ROBINET (ENGIE), Joël WYTENBACH (CEA), Philippe RIVIERE, Assaad ZOUGHAIB (MINES ParisTech)

Organisation pratique du congrès : CETIAT

Secrétariat du congrès : Eveline JULIEN (CETIAT)

Programme du 5^{ème} Congrès Français des Pompes à Chaleur

Jeudi 17 septembre 2015 – Centre de Conférences Paris Victoire

Accueil des participants à partir de 8h30

9h30 : **Ouverture du Congrès**

9h45 : **Performance des pompes à chaleur**

- Retours de suivis sur site de pompes à chaleur hybrides
François COURTOT - EDF
- Dimensionnement des pompes à chaleur double service
Marie-Josèphe LAGOGUÉ - COSTIC
- Equilibrage du réseau hydraulique : impact sur le confort et les performances d'une PAC
Alberto TEJEDA - MINES ParisTech, EDF

11h00 : Pause

11h30 : **Echangeurs géothermiques**

- Essais d'échangeurs enterrés dédiés aux installations géothermiques de très faible puissance
Mikael PHILIPPE - BRGM, Odile CAURET - EDF
- Méthode de test avec émulation pour caractériser un échangeur géothermique
David CHEZE - CEA

12h20 : Déjeuner

Programme (suite)

13h50 : **Nouveaux fluides, nouveaux usages**

- Remplacement du R410A dans les pompes à chaleur réversibles
Pierre PARDO - CETIAT
- Des PAC gaz pour valoriser les rejets thermiques industriels
Stéphane CARPENTIER - ENGIE
- Pompes à chaleur sur réseau d'eau tempérée au niveau d'un quartier
Pieter RIEDERER - CSTB

15h10 : Pause

15h40 : **Méthodes de mesures sur site**

- Protocole de mesure sur site des PAC pour valorisation des EnR
Hervé MICHAL - CETIAT
- Modélisation des pertes thermiques du compresseur pour l'amélioration d'une méthode de mesure sur site de la performance des PAC air/air
Maria GOOSSENS - MINES ParisTech, EDF

16h30 : **Conclusions et perspectives**

- La prise en compte des PAC par les réglementations : progrès récents et initiatives
Valérie LAPLAGNE - UNICLIMA

17h00 : Clôture du Congrès

Résumés des interventions

Performance des pompes à chaleur

- Retours de suivis sur site de pompes à chaleur hybrides (François COURTOT - EDF)

La pompe à chaleur hybride peut constituer une solution intéressante et rentable pour introduire de l'énergie renouvelable et améliorer la performance énergétique dans l'habitat résidentiel ancien. Afin d'évaluer les solutions techniques actuelles, EDF R&D a suivi une dizaine de pompes à chaleur hybrides installées en remplacement de chaudières fioul et gaz en maisons individuelles anciennes, sur plusieurs zones climatiques. L'intervention présente une vision globale des résultats, en s'attachant aux gains sur la facture annuelle, à la part d'énergie renouvelable et à la flexibilité électrique.

- Dimensionnement des pompes à chaleur double service (Marie-Josèphe LAGOGUE - COSTIC)

Parmi les équipements "double service" à usage domestique, les pompes à chaleur individuelles présentent souvent des puissances et une régulation telles que le réchauffage du ballon d'ECS et le chauffage sont alternés. Cela implique des indisponibilités pour le chauffage pendant certaines périodes. L'offre industrielle a répondu à cet enjeu par des approches variées, notamment du point de vue de la stratégie de régulation. Pour sa part, dans le cadre du programme « Règle de l'Art – Grenelle de l'Environnement » (RAGE), le Costic a travaillé sur une méthode de dimensionnement de ces installations. L'exposé présente la méthode élaborée, les hypothèses retenues et les résultats obtenus.

- Equilibrage du réseau hydraulique : impact sur le confort et les performances d'une PAC (Alberto TEJEDA - MINES ParisTech, EDF)

La bonne répartition de la chaleur à travers le réseau des radiateurs dépend du bon équilibrage de l'installation. Si ce postulat se vérifie pour toutes les installations de chauffage à eau chaude, il s'applique particulièrement aux systèmes performants d'aujourd'hui - et notamment les PAC -, leur limite de température de départ ne permettant pas de compenser totalement un éventuel défaut. Ainsi, un mauvais équilibrage entraîne une perte des performances pour ces systèmes (à cause du fonctionnement à des régimes de température très élevés) et surtout une perte de confort due à la mauvaise répartition de la chaleur dans la maison. L'étude montre comment à partir des mesures des températures des radiateurs on peut identifier ce problème et proposer des actions simples à l'utilisateur afin d'améliorer la qualité de son installation de chauffage. L'impact sur la consommation d'une PAC air/eau est évalué.

Echangeurs géothermiques

- Essais d'échangeurs enterrés dédiés aux installations géothermiques de très faible puissance (Mikael PHILIPPE - BRGM, Odile CAURET - EDF)

Dans le cadre du projet Micro-Géo visant à mettre au point une solution intégrée « PAC + échangeurs géothermiques » répondant aux trois besoins thermiques principaux d'une maison individuelle neuve : chauffage, rafraîchissement et eau chaude sanitaire, des échangeurs géothermiques ont été testés sur les plates-formes expérimentales d'EDF et du BRGM. Sur la plate-

forme Climat Naturel d'EDF, un prototype de pompe à chaleur 3 fonctions a été testé en couplage à des sondes géothermiques verticales de 10 m. Le suivi de ce système sur une année complète a permis d'évaluer sa performance. Sur la plate-forme Géothermie du BRGM, différents prototypes de corbeilles géothermiques ont été raccordés à une pompe à chaleur fournissant le chauffage d'un chalet aux déperditions équivalentes à celles d'une maison individuelle. L'instrumentation du système et du sol environnant les corbeilles a fourni des mesures de performances annuelles de ces échangeurs géothermiques. Les résultats de ces deux campagnes expérimentales permettront d'améliorer les procédés de conception et dimensionnement de ces pompes à chaleur à échangeurs géothermiques.

- Méthode de test avec émulation pour caractériser un échangeur géothermique (David CHEZE - CEA)

Les modèles dynamiques de comportement d'un capteur géothermique présentent de bons résultats dans le cadre de simulations annuelles. Toutefois, la fréquence annuelle d'évolution des températures pose le problème de la durée d'essai minimale nécessaire pour valider expérimentalement les performances d'une pompe à chaleur connectée à un tel capteur. Une méthode d'essai a été développée sur la plateforme semi-virtuelle du CEA-INES pour sélectionner une séquence de 12 jours représentatifs du comportement annuel d'une pompe à chaleur géothermique. Cette méthode, héritée de travaux sur le solaire thermique, a été mise en œuvre expérimentalement et les résultats comparés aux simulations annuelles. Bien que testé avec un type d'échangeur spécifique, le principe de l'essai raccourci est généralisable à d'autres types de capteurs possédant un modèle numérique suffisamment développé. Ceci offre des perspectives intéressantes pour les pompes à chaleur géothermiques, notamment pour optimiser leur fonctionnement et pour communiquer plus précisément sur leurs bonnes performances annuelles.

Nouveaux fluides, nouveaux usages

- Remplacement du R410A dans les pompes à chaleur réversibles (Pierre PARDO - CETIAT)

Après analyse des résultats du programme Low-AREP mené par l'AHRI sur l'étude des fluides de remplacement aux HFC, le CETIAT a sélectionné deux fluides de remplacement du R410A pour une application de pompe à chaleur réversible air/eau de 10 kW. Ils sont ainsi comparés au R410A dans des conditions de fonctionnement nominales mais également dans des conditions limites de la plage de fonctionnement de la PAC, dans les modes chauffage et refroidissement. L'instrumentation du circuit frigorifique renseigne sur les températures et pressions d'aspiration et de refoulement, les surchauffes et sous-refroidissement atteints pour chaque fluide. Les résultats présentés portent sur la charge en fluide frigorigène, sur les performances énergétiques mais également sur le protocole de changement de fluide.

- Des PAC gaz pour valoriser les rejets thermiques industriels (Stéphane CARPENTIER - ENGIE)

L'objectif est de développer une filière des PAC fortes puissances pour valoriser les rejets thermiques basse température (RBT) issus des procédés industriels (effluents liquides ou gazeux). Plusieurs technologies sont envisagées. Le premier mode de valorisation intègre des PAC entraînées par des moteurs gaz afin de monter en température un fluide chaud (jusqu'à 140 °C). Les démonstrateurs étudiés ici par simulation, sont constitués par un système hybride comprenant une PAC électrique à compresseur à palier magnétique entraînée par une cogénération gaz ou pour des puissances plus importantes (> 2 MW) une PAC à compresseur centrifuge entraînée directement par un moteur gaz. Dans les deux cas la récupération d'énergie sur le moteur est optimisée en fonction du process industriel. Le second mode de valorisation est l'alimentation avec les RBT d'un groupe froid à absorption directement pour produire de l'eau glacée ou l'utilisation des RBT comme source froide d'un groupe absorption fonctionnant en mode pompe à chaleur.

- Pompes à chaleur sur réseau d'eau tempérée au niveau d'un quartier

(Peter RIEDERER - CSTB)

Les réseaux d'eau tempérée au niveau urbain sont considérés comme une solution prometteuse en termes d'efficacité énergétique et environnementale. Le principe, équivalent aux PAC sur boucle d'eau utilisées au niveau bâtiment, consiste à établir une boucle d'eau tempérée inter bâtiments et de l'utiliser comme source extérieure pour des PAC au niveau de chaque bâtiment. Ces dernières fonctionnent ainsi dans des conditions de température optimisant leur performance, le réseau permettant de mutualiser l'utilisation de la ressource géothermique. Pour étudier le potentiel de ce concept énergétique, une étude de cas sur deux quartiers est présentée, effectuée à l'aide de l'outil de simulation énergétique de quartier Dimosim, un quartier à Nice et un en région parisienne, afin de fournir des conclusions pour deux climats types en France. Le concept de réseau d'eau tempérée est ainsi comparé à d'autres solutions selon des critères énergétiques, économiques et environnementaux :

- *des solutions au niveau bâtiment pour le chauffage, l'ECS et le froid (chaudière + groupe froid, PAC sur air, PAC géothermique, cogénération),*
- *des réseaux de chaleur pour le chauffage (chaudière, cogénération, PAC) complétés par des solutions bâtiments pour l'ECS et le froid.*

Méthodes de mesures sur site

- Protocole de mesure sur site des PAC pour valorisation des EnR

(Hervé MICHAL - CETIAT)

La Directive 2009/28, dite RES, impose aux États membres des objectifs de quantités d'énergies renouvelables. Pour les pompes à chaleur, le calcul est établi à partir de valeurs de performances saisonnières par défaut. À la demande d'UNICLIMA et de la profession, le CETIAT a développé un protocole de mesures sur site pour justifier de valeurs de performances saisonnières supérieures à celles définies par la Directive. Des prescriptions et des recommandations sont fixées quant à la métrologie, sa mise en place et l'enregistrement des mesures, pour une mise en œuvre fiable et à moindre coût. Des fiches d'application décrivent le positionnement de l'instrumentation et les calculs de performance pour différents types d'installations de PAC.

- Modélisation des pertes thermiques du compresseur pour l'amélioration d'une méthode de mesure sur site de la performance des PAC air/air

(Maria GOOSSENS - MINES ParisTech, EDF)

Une méthode basée sur des mesures non-intrusives a été développée au cours d'une précédente thèse pour la détermination des performances des pompes à chaleur in situ. L'estimation des pertes thermiques du compresseur vers l'air ambiant introduit beaucoup d'incertitude sur la valeur du COP obtenue. Afin d'accroître la précision de la méthode, il faut améliorer l'estimation de ces pertes thermiques. Il est envisagé de développer une corrélation analytique pour les pertes thermiques qui soit générique, afin d'inclure plusieurs types de compresseurs (scroll et rotary) et plusieurs conditions de fonctionnement. Le développement de cette équation sera effectué à partir de résultats de simulation pour les deux types de compresseurs, le modèle étant validé par des mesures. Le modèle hybride – un modèle CFD optimisé par un modèle analytique – est robuste et n'est pas coûteux en temps de calcul. Le modèle permet d'obtenir le taux de pertes thermiques du compresseur et son comportement thermique (distribution de la température dans le compresseur) dans une grande plage de fonctionnement en évitant les mesures qui peuvent être longues et coûteuses. Finalement, l'équation sera adaptée pour l'intégration dans la méthode de mesures de performances, permettant l'utilisation d'une instrumentation minimale.

Conclusions et perspectives

- La prise en compte des PAC par les réglementations : progrès récents et initiatives

(Valérie LAPLAGNE - UNICLIMA)

Ces dernières années, l'activité a été très importante, en matière de réglementation, normalisation et certification dans le domaine des PAC par ailleurs en plein essor.

L'intervention passera en revue les dernières évolutions réglementaires qui ont impacté les PAC et analysera comment, ces exigences, plutôt que des contraintes, sont des opportunités pour développer des produits adaptés aux nouveaux besoins et toujours plus performants en matière d'efficacité énergétique et environnementale.

En réponse aux solutions techniques ainsi développées, et, à la demande des industriels, la certification est en mesure de s'adapter afin de valoriser ces nouveaux produits ou fonctionnalités.

BULLETIN D'INSCRIPTION

5^{ème} Congrès Français des Pompes à Chaleur

jeudi 17 septembre 2015 (9h30 – 17h)

Centre de Conférences Paris Victoire – 52 rue de la Victoire – 75009 Paris

Société :

Adresse :

CP : Ville :

Nom et prénom :

Fonction :

Tél : Courriel :

Je m'inscris au 5^{ème} Congrès Français des Pompes à Chaleur.

- Je joins le règlement de mon inscription (240 € TTC) par chèque à l'ordre de CETIAT
- Je souhaite qu'une facture soit adressée par le CETIAT à ma Société, qui réglera mon inscription dès réception

Date :

Signature :

Cachet de l'entreprise

Bulletin à retourner à Eveline Julien avant le 8 septembre 2015

• Fax 04 72 44 49 49 • eveline.julien@cetiat.fr

CETIAT - 25 avenue des Arts - BP 52042 - 69603 Villeurbanne Cedex