

Stock-aiR2

TITRE DU PROJET:

Stockage thermique pour le chauffage thermodynamique à air des logements

IDENTIFICATION DU PROJET

Edition : 2010

Partenaire (organisme) coordinateur : ARMINES

Autres partenaires (organismes) du projet : EDF R&D, AIRWELL, RIBO, CETHIL ; LASH

Contact : Denis CLODIC mail : denis.clodic@mines-paristech.fr

Date de début / date de fin du projet : 01/01/2010 – 31/12/2013

ELEMENTS FINANCIERS

Budget total du projet (M€)	dont Aide ANR (M€)	Nombre de personnes.an
1,24	0,626	b

RESUME DU PROJET

Les tâches 2, 3 et 4 du programme sont communes aux deux voies technologiques explorées (**A** et **B**), elles concernent respectivement le cahier des charges du MCP fictif idéal, la spécification technique et la mise au point des MCP ainsi que leur caractérisation. L'avancement de ces tâches est conforme à la prévision malgré des difficultés rencontrées.

Le travail a consisté dans un premier temps à modéliser le bâtiment cible et à calculer ses besoins en énergie et puissance pour différentes météorologies. Ces données ont ensuite été utilisées pour avancer la spécification technique des MCP. La méthode retenue est celle de sélection de matériaux d'Ashby. Pour cela, on utilise un modèle simplifié de l'échangeur et on en déduit les indices de performance matériau, l'optimisation ayant ici été ciblée sur la compacité. Appliqués à une base de données matériau, ces indices permettent de sélectionner les candidats les plus adaptés, puis éventuellement de les optimiser.

La première difficulté rencontrée concerne les bases de données. Qu'elles soient issues de la bibliographie scientifique ou bien des fournisseurs, les données ne sont pas comparables entre elles, sont partielles, parfois douteuses ou incohérentes. Ce constat nous a obligés à réaliser un important travail systématique d'approvisionnement et de caractérisation. Nous disposons aujourd'hui d'une base de données dédiée à nos applications et réellement exploitable. Elle est réduite en nombre de matériaux mais très documentée sur leurs caractéristiques ; elle permet la simulation numérique des systèmes les incluant.

La seconde difficulté concerne le couplage entre le système et le matériau qui s'est avéré bien plus fort que prévu : l'optimisation de l'un dépendant de l'autre, et inversement. En particulier, une relation entre la qualité de l'échange externe avec le flux d'air et la conductivité du MCP est mise en évidence.



On a ainsi pu choisir les produits commerciaux utilisés pour les prototypes d'échangeur, proposer des alternatives sous forme de matériaux purs et enfin dimensionner l'échangeur air-air de la voie b.

L'évaluation de la durabilité des MCP n'a pas été engagée car seules des paraffines ont été retenues pour le moment (les premiers sels caractérisés ne répondant pas aux besoins). Elle sera lancée si les sels commerciaux en cours d'approvisionnement s'avèrent de bons candidats.

Un premier échangeur stockeur a été conçu et construit pour la voie A. Cet échangeur, capable de stocker 0.8 kWh, admet une structure « tube dans tube », composée de 36 tubes intégrant de la paraffine RT36. L'échangeur a été testé en phase de déstockage sur une boucle de circulation d'air contrôlée. Les essais ont été réalisés à des débits de soufflage constants (figure A) puis à une puissance thermique constante, 400 W (figure B). Les résultats sont cohérents avec les simulations du modèle réalisé sur Dymola.

La prochaine étape est de construire une deuxième génération de l'échangeur stockeur. À présent, cet échangeur est conçu et il sera le prototype des essais in situ, ayant toujours une capacité de 0.8 kWh. Le MCP utilisé dans le prototype sera la paraffine Microteck 37. Le prototype est plus compact, plus léger et, selon les simulations, plus performant que la première génération. Il sera monté sur le banc d'essais comportant une boucle d'air et une pompe à chaleur multi-split. Il sera testé dans les différents modes de fonctionnement : Chauffage simple (chargé et déchargé thermiquement), stockage simple, stockage avec chauffage et décharge. La charge thermique et la température externe seront aussi des paramètres à varier lors des essais. Après la validation « énergétique » du prototype, la phase suivante sera les essais in situ pour valider la possibilité de son intégration dans une PAC résidentielle.

Concernant les caractérisations des MCP, celle des matériaux actifs est en cours par deux méthodes différentes : DSC et « T-History ». La DSC est pratiquée à différentes vitesses, la méthode « T-History » nécessite quelques mises au point. Les différentes caractéristiques ainsi déterminées sont injectées au fur et à mesure dans la base de données permettant ainsi une spécification des MCP plus robuste car reposant sur des données comparables.

Enfin un dispositif permettant la mesure de la conductivité des matériaux actifs dans les états liquide et solide à été mis au point et sera prochainement utilisé sur l'ensemble des matériaux candidats.

La voie B du projet a pour objectif la réalisation et la régulation d'un échangeur de chaleur placé en aval de la pompe à chaleur, dans le cas de systèmes centralisés (cas RIBO). Cet échangeur comprend un stockage thermique constitué par des matériaux à changement de phase(MCP) pour répondre à la demande d'effacement de la pointe électrique de 18h00 à 20h00. Le projet a été conduit jusqu'au présent selon une double approche : systémique faisant appel à la simulation numérique, et technologique pour développer des matériaux et des systèmes à vitesses de stockage-déstockage adaptés au système de chauffage visé. A travers l'approche systémique il a été possible de définir :

- L'énergie stockable en fonction de l'épaisseur des plaques de MCP, l'épaisseur des lames d'air ou bien la conductivité thermique du MCP. (EDF et Cethyl, tache 2.2)



- L'énergie à stocker en fonction de la typologie du bâtiment et du climat (EDF tache 2.3)
- Les meilleurs matériaux à changement de phase à utiliser (selon des critères énergétiques et technologiques (EDF tache 2.1))
- Les contraintes pour le choix des dimensions de l'échangeur (tous les partenaires).

La première partie du projet a permis de définir les aspects principaux de l'échangeur :

- La typologie de l'échangeur
- Les matériaux à changement de phase et leur masse
- La dimension et le nombre des containers
- La gamme de coefficients convectifs en jeu et ensuite le choix des ailettes externes

Actuellement, nous en sommes à la réalisation de deux prototypes identiques à tester (le premier au CETHIL et l'autre à l'ENTPE) pour en définir les optimisations en termes de décharge de la puissance thermique (transmission de la chaleur à travers les MCP et entre container et air de ventilation) et de la régulation du débit en régime transitoire.

Les prototypes seront utilisés, à la fois pour résoudre les difficultés technologiques liées à l'utilisation des MCP, à la fois pour mettre au point et valider un modèle numérique bidimensionnel pour la prévision du comportement de l'échangeur en régime dynamique. Ce modèle sera utilisé ensuite pour apporter des améliorations au premier prototype.

La métrologie a été conçue afin d'étudier la fusion et la solidification du MCP, les pertes de charge dans l'échangeur, la décharge de l'échangeur (dans l'esprit d'anticiper la demande).

Les premiers essais sur les MCP à l'intérieur des containers sont prévus pour juillet 2012.

ILLUSTRATIONS

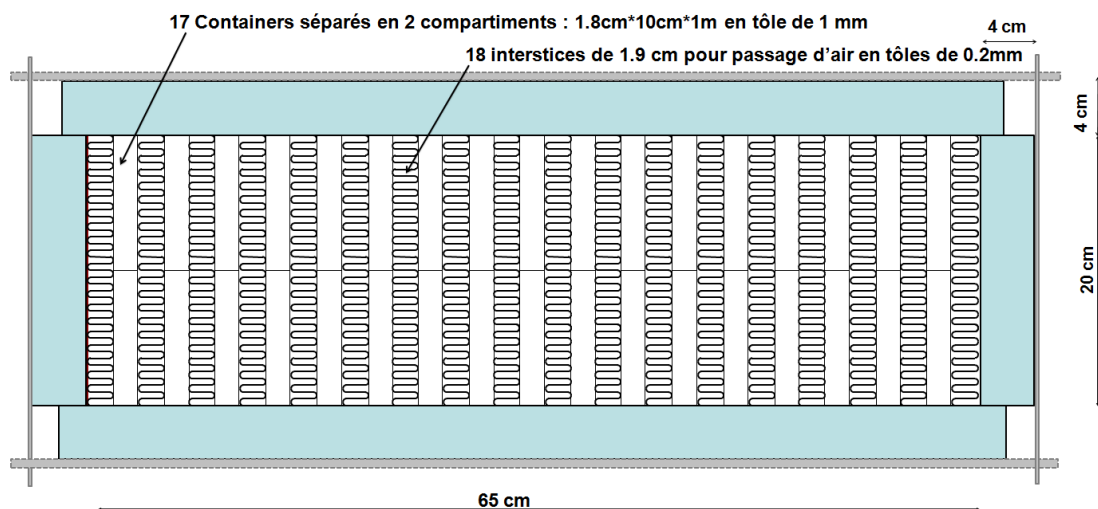
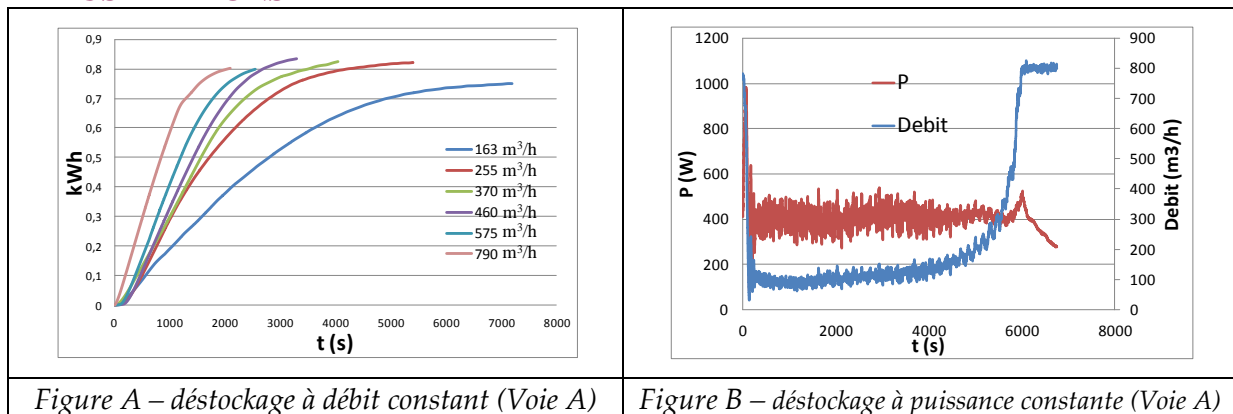


Figure C – Schéma en coupe de l'échangeur, représentant les containers et les ailettes, le tout isolé.

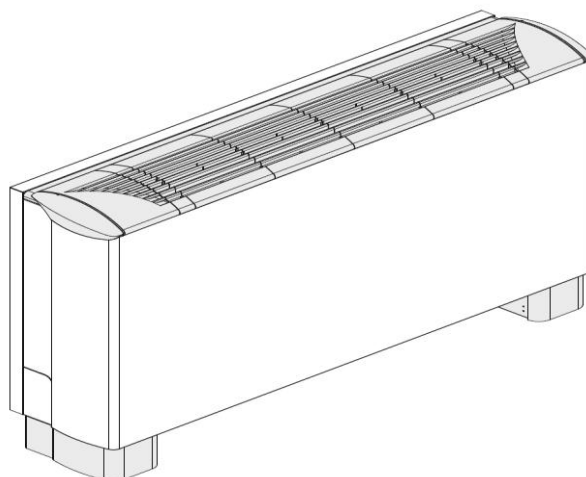


Figure D – Unité CW-AR d'Airwell

PUBLICATIONS – COMMUNICATIONS MAJEURES

- ARMINES - EDF (International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue)
- CETHIL – (innostock 2012)

BREVETS

- ARMINES – Structure de l'échangeur stockeur/déstockeur

FAITS MARQUANTS

Encombrer l'échangeur stockeur/déstockeur qui répond au cahier des charges dans une unité Airwell existante (CW – AR conçue normalement pour une puissance plus grande – figure D)

RETOMBÉES PRÉVISIBLES

Etablissement d'une base de données des caractéristiques sur plusieurs MCP d'intérêt

Validation des méthodes d'intégration des MCP dans deux familles d'échangeurs :

- intégration directe dans des échangeurs terminaux de pompe à chaleur,
- intégration dans les gaines de soufflage d'échangeur intégrant les MCP.
-

Evaluation des performances énergétiques et des coûts des solutions

VERROUS RESTANT À LEVER

Tester les prototypes sur un site réel sur une partie de la saison de chauffage.

Accroître la compacité.

