

Rapport annuel 2001, 04 décembre 2001

Pompe à Chaleur air-eau à Haute Température

Auteur et coauteurs	Stéphane Guex, Prof. Daniel Favrat
Institution mandatée	Laboratoire d'Energétique Industrielle, EPFL
Adresse	1015 Lausanne
Téléphone, e-mail, site Internet	021 / 693 25 11 (35 06), daniel.favrat@epfl.ch , stephane.guex@epfl.ch http://leniwww.epfl.ch/research/Show?record_id=31
N° OFEN	Projet : 38369 contrat : 78145
Durée prévue du projet	Du 1 juin 2000 au 28 février 2002

RÉSUMÉ

Les concepts de pompe à chaleur bi-étagées représentent une alternative pour améliorer rendement et courbe de puissance à haut rapport de pression. Cependant, la migration d'huile entre compresseurs pose des problèmes et ne permet pas une utilisation fiable à l'heure actuelle (voir projet MIGROIL en cours). Pour palier à ce problème, une solution avec un compresseur volumétrique avec port d'économiseur permet d'injecter en cours de compression une partie de la vapeur tout en bénéficiant des atouts de cycles biétagés.

Après les essais d'un premier prototype opérés dans le courant de l'année dernière, des essais avec un nouveau prototype de compresseur ainsi que différentes variantes de systèmes de détentes (vanne électronique, capillaires de différentes dimensions) ont été réalisés. Par ailleurs, les premières investigations de cycle journalier sur stand d'essai de même qu'une première évaluation de cycles à compresseur booster ont été menées.

1. Buts du projet pour 2001

Le but principal de ce projet est de **développer une pompe à chaleur** dite à haute température capable de se substituer à une chaudière au gaz ou au fioul dans les maisons individuelles. Pour cela, elle doit être capable de produire de l'eau chaude à une température suffisamment élevée pour permettre un chauffage correct avec des radiateurs conventionnels du réseau de la maison.

Un premier prototype avait été développé à partir d'une des pompes à chaleur monoétagées parmi les plus performantes du marché actuel. Elle a été modifiée de manière à fonctionner avec un compresseur prototype avec un rapport volumétrique élevé équipé d'un port d'injection vapeur. Les **objectifs pour cette année** ont été de poursuivre ce développement. Des essais avec ce nouveau type de compresseur ont été menés afin de comprendre et optimiser les caractéristiques de ce cycle.

2. Travaux effectués et résultats acquis en 2001

=

2.1 Modifications entreprises sur l'installation

2.1.1 Compresseur et capillaire

L'ancien compresseur (proto 1) a été remplacé par un compresseur à rapport volumétrique élevé à injection de vapeur (proto 2) permettant d'augmenter le rendement isentrope pour les hauts rapports de pression. Par ailleurs, la vanne de détente intermédiaire a été remplacée par un simple capillaire afin de diminuer les coûts de production. La série d'essais sur ce deuxième prototype a permis d'optimiser la longueur de ce capillaire de manière à ce que la pompe à chaleur fonctionne aussi près de l'optimum que possible en tout point de fonctionnement.

2.1.2 Branchement de l'échangeur-économiseur

Afin de résoudre un problème d'oscillation de la température de refoulement du compresseur (phénomène pouvant introduire à la longue des contraintes mécaniques dans le système diminuant ainsi la durée de vie de l'installation), le branchement de l'échangeur-économiseur a été modifié de manière à ce que l'échange ne se fasse plus à contre-courant mais à co-courant. Dans la configuration à contre-courant, l'efficacité d'échange est certes meilleure (voir figure n°1 page suivante). Mais, une faible diminution du débit injecté entraîne très rapidement une surchauffe du réfrigérant en sortie de compresseur.

En changeant le branchement de l'échangeur de contre à co-courant, le pincement change de côté, diminuant ainsi la plage de température du réfrigérant injecté (figure à droite). Cette configuration rend tout le système nettement plus stable puisqu'il enlève quasiment un degré de liberté en limitant fortement la plage de température de la masse injectée.

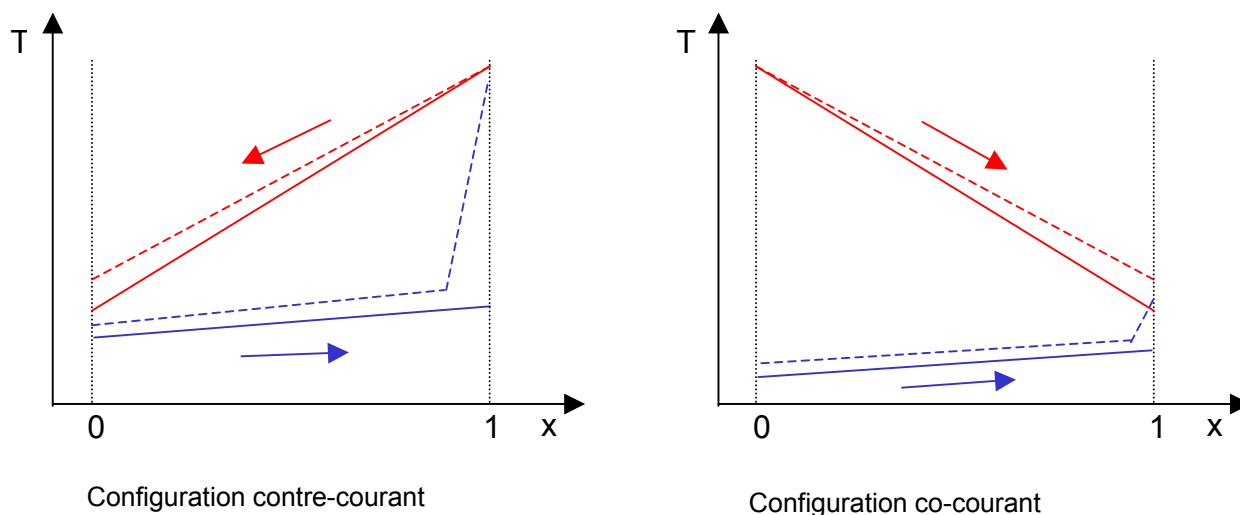


Figure n°1: Représentation schématique des composites chaudes (rouge) et froides (bleu) et de leur comportement qualitatif lors d'une diminution du débit injecté [1].

2.2 Résultats

2.2.1 Point de fonctionnement A2W50

Les deux graphiques (voir figure n°2) représentent le COP et la puissance chaude pour l'installation avec l'économiseur branché en co-courant (courbe verte) et en contre-courant (courbe rouge). Les points ronds sont des points de mesure où le débit injecté est réglé avec l'ouverture de la vanne de détente, l'astérisque où le débit injecté est réglé par un capillaire de 1.4 mètres et le triangle un point réglé par un capillaire de 2 mètres

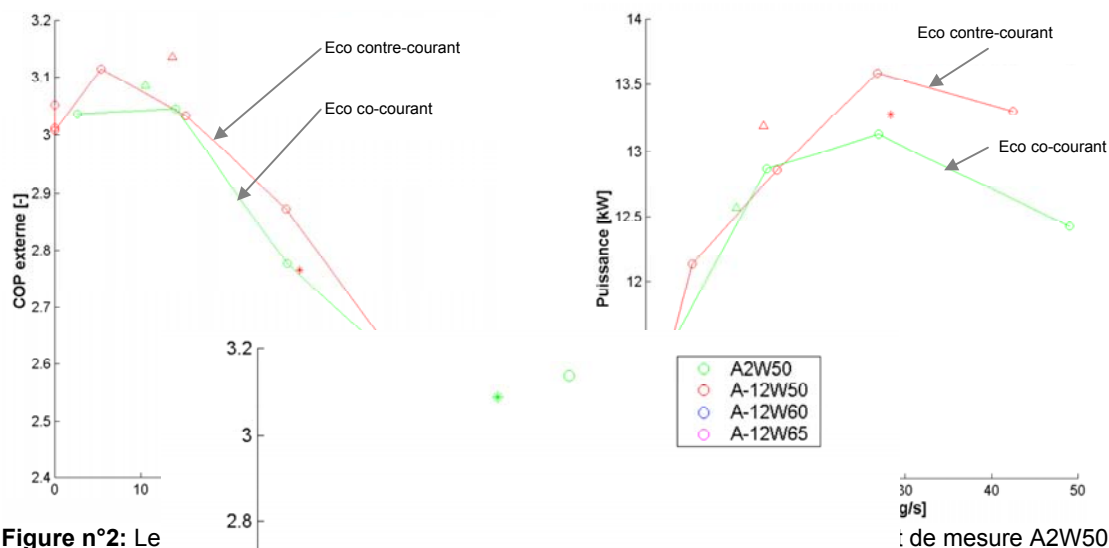
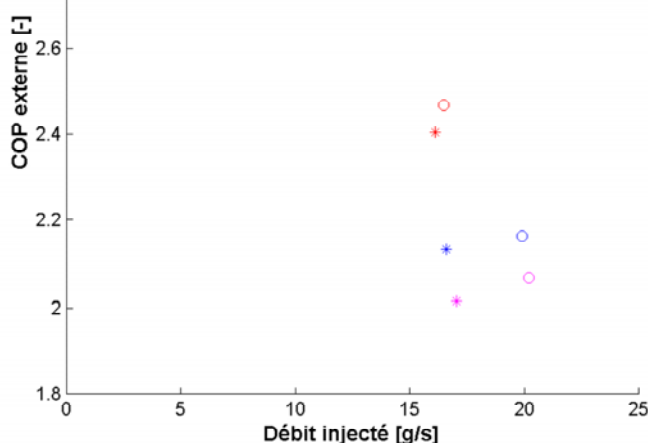


Figure n°2: Le COP externe et la puissance chaude en fonction du débit injecté pour les configurations co-courant et contre-courant.

2.2.2 Résultats

Le graphe ci-dessous représente le COP externe en fonction du débit injecté pour le



par rapport au branchement pour un débit injecté économiseur branché en configuration à co-

P en fonction du débit A-12W65. Les deux

configurations à savoir en co-courant (astérisque) et en contre-courant (rond) avec le capillaire de 2 mètres ont été réalisés:

Figure n°3: Le COP en fonction du débit injecté pour les quatre points de mesure pour la configuration en co-courant (astérisque) et en contre-courant (rond) avec le capillaire de 2 mètres [1].

Pour tous les points de mesure, on a pu observer une diminution du COP externe de 1-2% environ et une réduction du débit-masse injecté. Ceci est dû au fait qu'en configuration à contre-courant, le titre du fluide injecté est plus faible qu'en configuration co-courant.

3. Compresseur booster

Un prototype de compresseur booster (figure n°4) permettant d'augmenter la puissance de la pompe à chaleur par très grand froid a été construit et est en passe d'être testé.

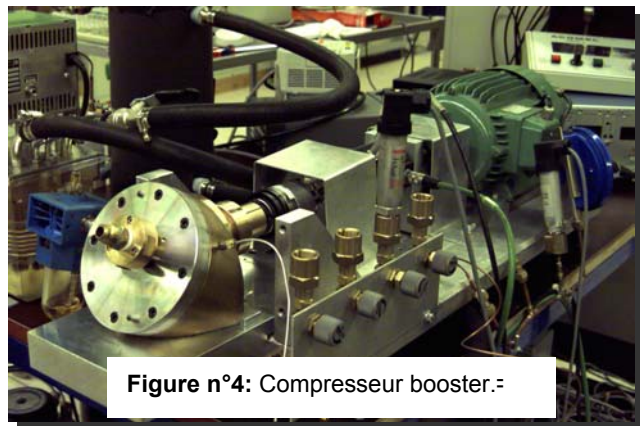


Figure n°4: Compresseur booster.:=

4. Optimisation thermo-économique

Cette optimisation est établie sur base de superstructure (voir figure n°5) dans laquelle sont représentées les diverses possibilités associées aux différents éléments qui composent la pompe à chaleur.

Le modèle résultant de cette optimisation thermo-économique sera utilisé par la suite en tant qu'outil d'optimisation de pompes à chaleur avancées.

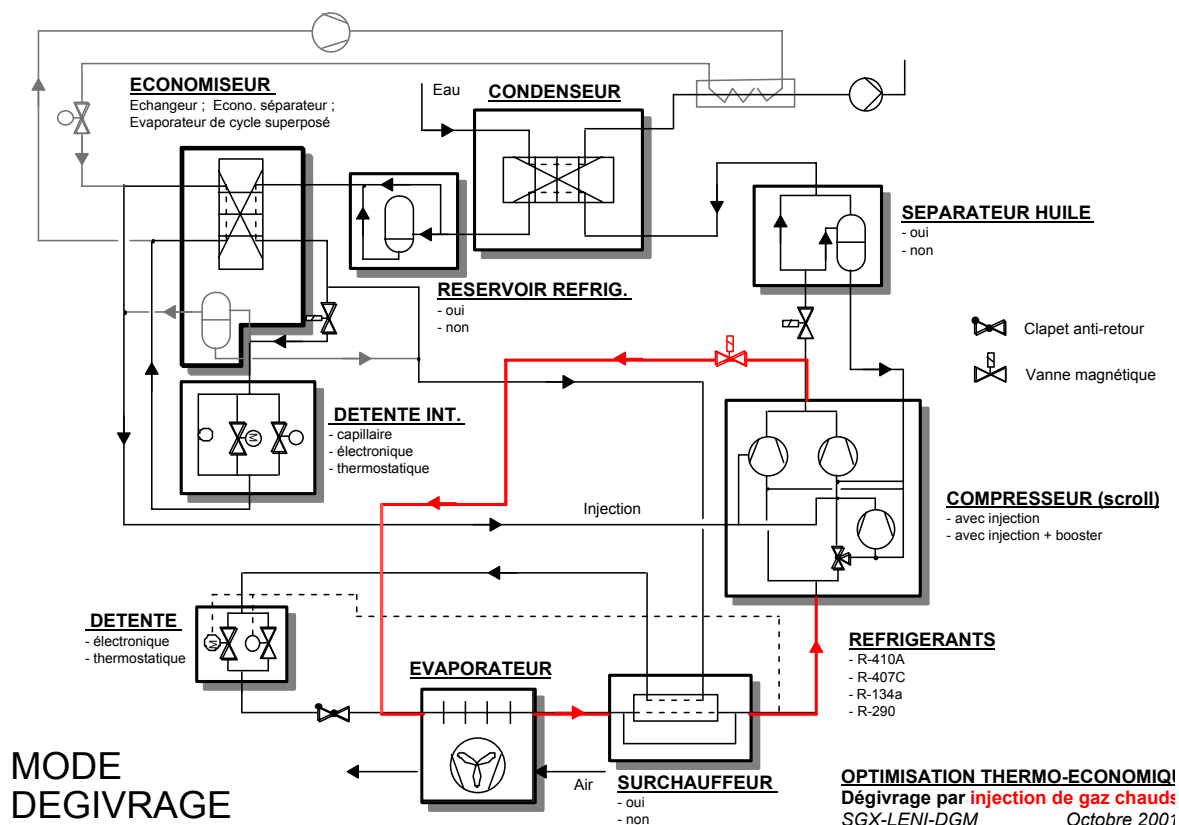


Figure n°5: Superstructure servant de base pour l'optimisation thermo-économique de la pompe à chaleur.

5. Collaboration nationale et internationale

Ce projet se déroule en collaboration avec l'entreprise SATAG Thermotechnik (filiale du groupe Viessmann), fabricant de la pompe à chaleur à Arbon, Electricité de France (EDF) sur le site de Renardières et le Laboratoire d'Energétique Industrielle (LENI-EPFL) à Lausanne. Les essais et les résultats présentés dans ce rapport ont été réalisés sur le stand d'essai du LENI.

6. Évaluation de l'année 2001 et perspectives pour 2002

Les **résultats obtenus cette année** se sont avérés très satisfaisants. Les performances de la machine ont augmenté tout en la simplifiant:

- L'ancien compresseur (proto 1) a été remplacé par un nouveau (proto 2) sensiblement plus performant.
- La vanne de détente intermédiaire qui était un système onéreux et mal vu par les constructeurs de PAC a été remplacée par un simple capillaire qui règle le débit injecté en tout point de fonctionnement très proche de l'optimum.
- Le branchement de l'économiseur a été changé : originalement branché en contre-courant, il permettait à la température du réfrigérant injecté d'osciller sur une grande plage

induisant des grandes oscillations au niveau de la température de sortie de compresseur, de la puissance absorbée et aussi de la puissance chaude. Le changement du sens de branchement a fortement stabilisé la machine en tout point de fonctionnement induisant cependant une perte de 3% environ sur le COP.

A l'issue de ces premiers travaux, il a été décidé de lancer une première expérimentation terrain.

Les **perspectives de travail** à venir sont les suivantes:

- l'étude (en cours) d'une solution plus élaborée impliquant l'introduction d'un compresseur booster (à faible rapport de pression) de précompression par temps froid. Cette variante est également considérée sur le même type de machine de base.
- En parallèle, une optimisation thermo-économique sur base de superstructure est actuellement en cours et sera utilisée en tant qu'outil d'optimisation de pompes à chaleur avancées.

7. Références

- [1] J. Schiffmann, D. Favrat: ***Pompe à Chaleur air-eau Haute Température Phase 2***, Rapport interm., Office Fédéral de l'Energie, Lausanne LENI-EPFL, juillet 2001