

Comparaison entre des formulations PLNE et PNLNE pour le pilotage optimal d'un réseau de chaleur et de froid

Laura Couret¹, Claire Stefanelli¹, Côme Bissuel¹
¹EDF R&D, France
{laura.couret, claire.stefanelli, come.bissuel}@edf.fr

Mots-clés : *Optimisation non linéaire, systèmes multi-énergies, pilotage opérationnel.*

1 Introduction

Dans le cadre du projet européen RewardHeat, nous cherchons à piloter de manière optimale un réseau de chaleur et froid à La Seyne-sur-Mer (France). Notre problème est non linéaire et non convexe et nous avons testé une modélisation en PLNE et une autre en PNLNE afin de comparer leurs avantages et inconvénients pour choisir la formulation la plus adaptée à notre problème, et la plus généralisable pour d'autres réseaux.

2 Présentation du problème

Le système comporte une prise d'eau sur la Méditerranée, suivie par un échangeur permettant d'échanger de la chaleur avec la boucle d'eau tempérée. Cette boucle dessert ensuite différentes sous-stations, où des pompes à chaleur relèvent ou abaissent la température en fonction des besoins de chaleur ou de froid des clients.

Notre but est de diminuer la consommation d'électricité (des pompes et des pompes à chaleur), tout en garantissant la fourniture de chaleur et froid aux clients.

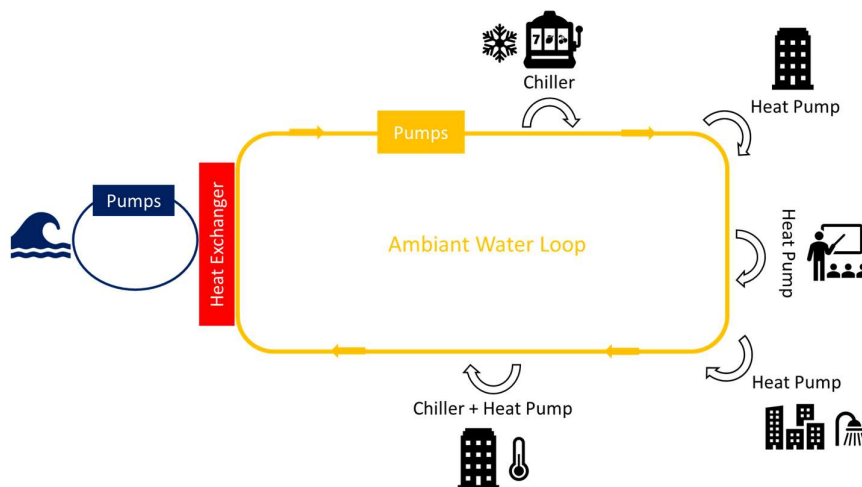


FIG. 1 - Schéma du réseau de La Seyne-sur-Mer

3 Optimisation du pilotage du réseau

3.1 Modélisation du système

On modélise les pompes à chaleur, les échangeurs de chaleur et les pompes du système, qui ont un comportement fortement non linéaire, pour minimiser l'énergie électrique consommée tout en fournissant les demandes de chaleur et de froid des clients.

Par exemple, la relation entre la puissance thermique P et les débits Q et températures T d'un fluide est

$$P = c_p * Q * T$$

Où c_p est la capacité calorifique de l'eau.

Notre modèle comporte également des booléens, car on peut choisir d'actionner ou non la pompe eau de mer : si oui il y a échange de chaleur entre la mer et la boucle d'eau tempérée.

3.2 Comparaison PLNE et PNLNE

Pour la modélisation PLNE, nous avons discrétisé les puissances en fonction d'une grille de températures, ce qui ne laisse que les débits comme variables de notre équation (Giraud, 2016) :

$$P = \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{i=1}^n c_p * T_i * Q_i$$

Nous avons utilisé Cplex pour la partie PLNE et Knitro (Byrd, Nocedal, & Waltz, 2006) pour la PNLNE et les avons comparés sur différents critères, qualitatifs et quantitatifs (cf TAB. 1), en se servant d'un jumeau numérique pour valider la faisabilité des solutions, notre modèle étant très simplifiée par rapport à la réalité.

	PNLNE	PLNE
Modélisation	Utilisation des équations de la physique	Equations à linéariser
Rapidité	Assez rapide (moins d'une minute pour une journée d'optimisation)	Time out de 5 minutes souvent atteint
Fiabilité de la solution	Problème de minimaux locaux, en partie corrigés par des initialisations multiples	Optimalité difficile à prouver car les gaps sont souvent importants

TAB. 1 - Comparaison d'une résolution linéaire et non linéaire

4 Conclusions et perspectives

Nous avons choisi la modélisation PNLNE pour sa facilité d'utilisation et son efficacité.

Notre prochaine étape est une connexion directe au site avec, dans un premier temps, un envoi des consignes de pilotage à un opérateur pour une validation avant application, et dans un second temps un pilotage complètement automatique.

Références

- [1] Byrd, R., Nocedal, J., & Waltz, R. (2006). Knitro: An integrated package for nonlinear optimization. Large-scale nonlinear optimization, Springer, 35-59.
- [2] Giraud, L. (2016). Modélisation dynamique et gestion avancée de réseaux de chaleur. Thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes.