

Optimisation économique de la production d'énergie thermique avec stockage

Alnour Ribault¹, Samuel Vercaene², Sébastien Henry³, Yacine Ouzrout¹

¹ Université Lyon 2, DISP, France

{alnour.ribault, yacine.ouzrout}@univ-lyon2.fr

² INSA Lyon, DISP, France

{samuel.vercaene}@insa-lyon.fr

³ Université Lyon 1, DISP, France

{sebastien.henry}@univ-lyon1.fr

Mots-clés : *efficacité énergétique, contrôle de température, stockage d'énergie, smart grids*

1 Introduction

Nous nous intéressons à la régulation thermique d'un ensemble de sites dont la température interne doit être maintenue entre deux bornes fixées. Ces sites n'échangent pas d'énergie thermique entre eux.

La production de chaleur pour ces sites se fait de façon centralisée. Le système est composé de convertisseurs d'énergie, approvisionnés par le réseau électrique, qui permettent d'alimenter un stock en énergie thermique. Ces convertisseurs fonctionnent en parallèle et sont équipés de variateurs de vitesse que nous pouvons commander. Chaque convertisseur est sujet à un rendement variable lié à son taux de production de chaleur et à la température extérieure. Des coûts fixes et contraintes spécifiques sont appliqués aux convertisseurs afin d'en limiter le nombre de redémarrages, conservant ainsi leur durée de vie tout en limitant leur maintenance. L'énergie thermique présente dans le stock peut ensuite être distribuée aux différents sites afin de les réchauffer pour compenser les pertes thermiques dues aux échanges de chaleur avec l'extérieur. De plus, nous considérons que les prix de l'électricité et les températures extérieures sont variables mais connus à l'avance pour chaque période, soit par publication, soit par prédiction. Enfin, nous supposons les canalisations suffisamment bien isolées et de longueur assez petite pour que les pertes liées à la circulation du fluide caloporteur soient négligées. Ainsi, seules les pertes liées aux sites sont considérées. Ce système est illustré en figure 1.

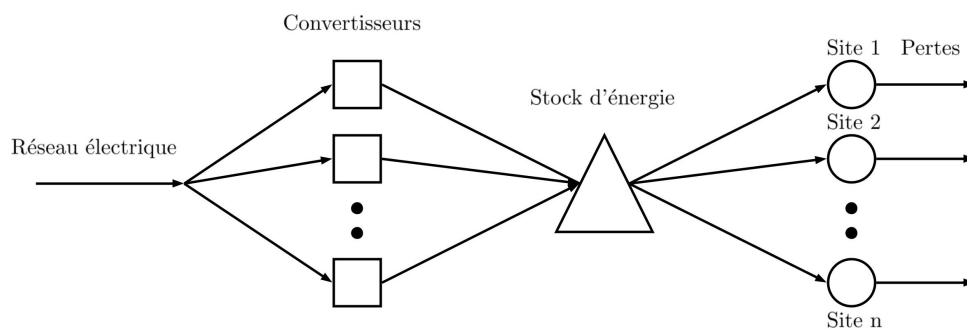


FIG. 1 – Schéma de fonctionnement

Notre objectif est de minimiser sur un horizon donné les coûts induits par la consommation électrique, par les redémarrages des convertisseurs et par la consommation électrique des moyens de distribution de l'énergie thermique sur les sites (ventilation, pompage).

La problématique d'optimisation de l'énergie consommée par des sites contraints en température a été traitée dans le domaine industriel [1] comme résidentiel [2]. Cependant, dans ces travaux, l'énergie est stockée en utilisant l'inertie thermique des biens réfrigérés ou du bâtiment, et non par le biais d'un stockage dédié.

L'utilisation d'un stockage dédié d'énergie thermique pour le système de refroidissement d'un immeuble de bureaux est considérée dans [3], mais l'immeuble est vu comme une entité unique avec une forte inertie thermique et non comme un ensemble de sites parmi lesquels l'énergie doit être distribuée.

À notre connaissance, il n'existe pas de travaux prenant à la fois en compte un stockage d'énergie dédié, un coût fixe à l'allumage des convertisseurs et une régulation thermique conjointe d'un ensemble de sites. De plus, la prise en compte d'un coût fixe à l'allumage des convertisseurs semble être une nouveauté en soi et induit une complexité particulière.

2 Modélisation et méthode de résolution

Nous modéliserons notre problème comme un MILP. Le modèle prédictif d'évolution de la température des différents sites que nous utilisons est celui présenté dans [4], qui prend en compte les transferts de chaleur entre le site, le système de chauffage ou de refroidissement et le milieu extérieur. Cette modélisation est largement utilisée dans les travaux d'optimisation de la consommation d'énergie sous des contraintes de température [1, 2]. Elle se traduit par l'équation différentielle ci-dessous :

$$C_k \frac{d\theta_k}{dt} = P(t) - \frac{1}{R_k} (\theta_k(t) - \theta_k^{ext}(t))$$

où C_k est la capacité thermique du système de chauffage ou de refroidissement du site k , R_k la résistance thermique de la paroi séparant le site k de l'extérieur, $P(t)$ la puissance thermique fournie au site k à l'instant t , θ_k la température intérieure du site k et θ_k^{ext} la température extérieure.

3 Conclusion

L'originalité de ces travaux réside dans la présence d'un stockage dédié au sein de la modélisation détaillée du système de conversion puis de distribution de l'énergie sur plusieurs sites, ainsi que dans la prise en compte des coûts induits par les redémarrages des convertisseurs.

Nous présenterons en détail notre modélisation linéaire en nombre entier et les limites de celle-ci. De plus nous discuterons du dimensionnement d'un système de production de chaleur centralisé comme nous l'étudions ici, notamment le dimensionnement du stockage de chaleur.

Références

- [1] T. G. Hovgaard, L. F. S. Larsen, K. Edlund, and J. B. Jørgensen. Model predictive control technologies for efficient and flexible power consumption in refrigeration systems. *Energy*, vol. 44, no. 1, pp. 105-116, Aug. 2012.
- [2] M. Avci, M. Erkoç, and S. S. Asfour. Residential HVAC load control strategy in real-time electricity pricing environment. *2012 IEEE Energytech*, pp. 1-6, 2012.
- [3] M. Kintner-Meyer, A.F. Emery. Optimal control of an HVAC system using cold storage and building thermal capacitance. *Energy and Buildings*, vol. 23, no. 1, pp 19-31, 1995.
- [4] K. K. Andersen, H. Madsen, and L. H. Hansen. Modelling the heat dynamics of a building using stochastic differential equations. *Energy and Buildings*, vol. 31, no. 1, pp. 13-24, 2000.