

GESTION ENERGETIQUE OPTIMALE D'UN HABITAT MULTI-PIECES

EQUIPE D'UN STOCKAGE SOLAIRE

Alain Le Pourhiet

Texte anglais à la fin

INTRODUCTION

Il devient banal de rappeler que la conjoncture économique actuelle conduit à orienter beaucoup d'études appliquées dans le sens des économies d'énergie et donc de l'utilisation des ressources climatiques. Le chauffage domestique, gros consommateur d'énergie, est particulièrement visé ; tout artifice permettant d'utiliser au mieux les énergies naturelles et de minimiser les énergies conventionnelles coûteuses est donc bienvenu. Cette optimisation de la gestion thermique de l'habitat inclut tous les moyens capables de répondre à cette exigence depuis la gestion complète du chauffage jusqu'à la conception même de l'habitat, compte tenu des contraintes d'architecture, de confort et d'esthétique.

L'expression « gestion énergétique optimale » signifie que l'on se propose de trouver à chaque instant l'énergie thermique que l'on doit dépenser pour le chauffage de l'habitat en vue de satisfaire au mieux un critère qui englobe le confort, le coût et l'autonomie énergétique. La notion de gestion optimale tient au fait que le confort et le coût sont les éléments antagonistes d'un dilemme ; plus on désire un confort grand, plus on doit dépenser de l'énergie et donc de l'argent ; inversement, plus on fait des économies et plus l'inconfort croît. La minimisation d'un coût généralisé, construit sur ce dilemme, conduit à un compromis qui correspond à une stratégie optimale.

Mais le problème n'est pas simple. D'abord il n'est pas évident d'exprimer l'inconfort dans les mêmes termes que le coût de l'énergie. Deuxièmement, le coût de l'énergie n'intervient pas toujours comme une notion instantanée ; en effet, si l'habitat gère lui même un stock alimenté par plusieurs sources (solaire, appoint électrique...) il est évidemment de bonne gestion de conserver pour les jours froids à venir les calories acquises à bas prix en période chaude, par temps ensoleillé, ou en heures creuses. Dans ce cas, le critère à minimiser n'est pas instantané, mais intégré sur une période qui tient compte de la capacité de stockage et de l'horizon des prévisions météorologiques. À la première gestion du dilemme énergie-inconfort se greffe donc la deuxième gestion des énergies d'entrée et de sortie du stock.

Enfin, des éléments d'autonomie énergétique peuvent intervenir dans le processus de décision lorsqu'on souhaite (ou que l'on impose) des spécifications sur la provenance de l'énergie utilisée. Il ne peut y avoir de bonne gestion énergétique que si l'on anticipe sur l'énergie climatique gratuite fournie à l'habitat par l'environnement extérieur et l'occupation des locaux. La prise en compte de ces énergies est essentielle dans tout calcul d'optimalité.

Le problème qui est étudié ici est le suivant : étant donné un habitat quelconque, décrit complètement par ses paramètres géographiques et architecturaux, on cherche à savoir s'il est possible d'optimiser l'énergie qui doit être dépensée dans chaque pièce et à chaque instant de façon à satisfaire au mieux la double exigence de confort et d'économie.

LE MODELE APACHE

Dans cette étude probatoire de mise au point et de faisabilité, il n'est pas nécessaire de disposer d'un habitat réel et de mesures effectives. Il est plus avantageux d'élaborer un modèle mathématique relativement complexe, susceptible de décrire finement un bâtiment quelconque, et

dont le rôle n'est que de remplacer l'habitat réel pour la mise au point des outils informatiques.

Un tel modèle, dit modèle de simulation, a l'avantage de simuler le comportement thermique d'un bâtiment quelconque soumis à des conditions diverses de climat et d'occupation. Tout en évitant à ce stade de l'étude de lourdes et coûteuses campagnes de mesures, cette approche permet de donner de la généralité aux algorithmes trouvés, et par suite de les valider d'autant mieux en analysant leurs performances sur un vaste champ d'application. De plus, elle permet de trouver la sensibilité de la gestion thermique à tel ou tel paramètre de conception ; il suffit pour cela de modifier la donnée correspondante du fichier descriptif de l'habitat.

Notre modèle APACHE intègre les données suivantes

1/ Les données descriptives de l'habitat : fichier des façades (inclinaison, orientation, surfaces, vitrages, coefficient d'absorption...), architecture interne (description de la division en pièces), fichiers descriptifs des murs (coefficients d'absorption, coefficients des matériaux composants...), etc.

2/ Les données géographiques et climatiques qui permettent la connaissance des apports solaires gratuits qui devront être soustraits de l'énergie globale exigée. Ces données sont la latitude, la longitude, l'altitude, la date ; elles permettent le calcul du rayonnement solaire incident à l'aide de formules connues. Un fichier météorologique stocke les prévisions d'ensoleillement, de température et de vent pour les quelques jours à suivre.

3/ Les données d'occupation, à chaque instant et pour chaque pièce permettent de calculer les apports gratuits (nombre d'occupants, énergie domestique...) et les pertes par renouvellement d'air.

4/ L'habitat est associé à un stock d'eau chaude alimenté par des panneaux solaires et par l'énergie électrique. Le volume et le coefficient de déperdition du stock ainsi que la surface et le rendement des capteurs sont lus en données.

5/ Un dernier fichier réunit les coûts (variables) de l'énergie et les paramètres qui définissent l'eau chaude sanitaire (température imposée, volumes désirés) et le confort (températures désirées dans chaque pièce à chaque instant.

Ce programme de simulation fonctionne sur une durée de plusieurs jours avec un pas de discrétisation de l'ordre de l'heure. Les variables de commande sont les énergies fournies à chacune des pièces et au bloc d'eau chaude sanitaire, soit en provenance du stock, soit en provenance de l'appoint électrique.

Compte tenu des prévisions météorologiques et d'occupation des différentes pièces, le calculateur donne chaque matin la valeur de toutes les variables de commande qui minimisent le coût total de l'énergie dépensée durant une période de quelques jours. De cette gestion optimale, on n'appliquera que celle du premier jour, puisque les calculs sont repris tous les matins en fonction des dernières prévisions. La méthode de calcul utilisée est la programmation dynamique, outil puissant mais nécessitant un calculateur de grande capacité et un temps de calcul d'autant plus long que le nombre de pièces est élevé. En calculant ainsi les coûts optimaux correspondant à plusieurs températures de consigne, l'utilisateur connaît exactement le coût de son confort, et en fonction de cette information il peut en décider librement.

CONCLUSION

Utopique il y a quelques années à peine, la possibilité d'une telle réalisation se précise aujourd'hui avec l'arrivée massive sur le marché des ordinateurs domestiques. Cette étude se situe dans la voie moderne imposée par la pénétration générale de l'informatique, et il est tout à fait probable que d'ici quelques décennies, cela ne soit devenu réalité quotidienne.

It has become common place to say that the present economic situation has led to many studies on energy saving and the use of climatic resources. Domestic heating, which is a large energy user, is, naturally, a prime target. Any device which makes for better use of natural energy, and thus reduce the use of costly conventional sources of energy, is, therefore, welcome.

The problem is as follows : in a given housing unit, completely described by its geographical situation, the orientation of the sides, the windows, the description of its internal structure (rooms, partitions, wall structures and so on), we try to optimise the energy which is distributed in each room, and at each moment, so as to meet the double requirement of comfort and economy. "Comfort" includes thermal comfort proper and also the production of the volume of domestic hot water desired at each moment of the day.

The problem is not the conventional one of temperature regulation around fixed values but rather the determination of these values for each room at each instant. To do this it must be remembered that as more energy is used, the more we approach ideal conditions of comfort ; conversely, the more we accept a certain separation from these ideal conditions, the more we save energy. It is, therefore, necessary to define a generalised cost which takes into account the opposing elements of this dilemma and to find the optimal temperatures to reduce this cost. In other words, the problem is to minimise the use of extra (electrical) energy, bearing in mind the supplies available free of charge (solar and other) and taking into account the psychology of the consumer and his behaviour when faced with this problem. Put yet another way, a crafty computer would suggest replacing "ideal comfort" by "recommended comfort".

Let us first suppose that there is no active storing of solar energy. As given, the problem is relatively simple, as the only dynamics involved are due to wall inertia. It becomes more complicated if (electrical) energy can be stored and then redistributed. It is obvious that storage must take place in off-peak low cost hours and that the optimal redistribution of energy in each room must take into account meteorological conditions over a period of time which will depend on storage capacity. This problem of optimal management becomes even more complicated if there are several energy sources. Apart from night-time storage, which has just been mentioned, the storage of solar energy may also be envisaged.

In the presentation which follows, the optimal commands are expressed in instantaneous thermal powers given out by the radiators in each room or used to heat domestic hot water. We are not concerned with the realizations of these powers in relation to water flux in radiators nor with their emissivity. We consider this latter problem to be at a lower hierarchical level and that it can be dealt with later.