

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 59 (1968)  
**Heft:** 24

**Rubrik:** Production et distribution d'énergie : les pages de l'UCS

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Production et distribution d'énergie

## Les pages de l'UCS

### Le chauffage électrique des locaux

*Dans le présent et le prochain numéro des «Pages de l'UCS», nous publions quelques articles sur le chauffage électrique des locaux. Il s'agit principalement de rapports présentés au 14<sup>e</sup> Congrès de l'UNPEDE de mai 1967 à Madrid. Nous sommes conscients du fait que nous ne pouvons rien dire de nouveau au spécialiste du chauffage électrique des locaux, mais bien à l'homme d'exploitation qui ne s'occupe de ces questions qu'accessoirement et de temps en temps.*

*Il est réjouissant que les personnes appelées à la tête des grandes entreprises suisses d'électricité se prononcent sur ce pro-*

*blème qui revêt une importance particulière pour l'avenir de cette branche et l'économie. C'est ainsi que le D<sup>r</sup> h. c. C. Aeschmann exprime ses réflexions d'homme de l'exploitation, alors que le D<sup>r</sup> F. Wanner, dans sa petite réplique, expose les arguments plutôt optimistes de l'homme préposé à la vente. Il serait hautement désirable que d'autres personnalités aux commandes de l'économie électrique suisse nous fassent connaître leur point de vue.*

*Finalement, nous essayerons de tirer une conclusion du Colloque de l'UNPEDE sur le chauffage électrique des locaux, tenu à Berlin du 21 au 23 octobre 1968.*

*La rédaction*

### Remarques au sujet de l'énoncé du problème du chauffage électrique des locaux

Par C. Aeschmann, Olten

620.9:621.365

Les études et les discussions au sujet du développement du chauffage électrique des locaux et des avantages que l'économie électrique peut attendre de cette application sont actuellement à l'ordre du jour. Il n'est pas question dans ce bref article de préjuger des conclusions auxquelles elles aboutiront. Le problème est assez complexe, spécialement pour les conditions propres à notre pays. C'est pourquoi on peut craindre que des avis trop succincts fassent oublier les aspects multiples à prendre en considération. En simplifiant par trop l'exposé de ces questions, on risque de provoquer des conclusions prématurées ou trop générales et de mal interpréter certaines mesures prises à titre d'essai, dans le but de rassembler des expériences. Un exemple de conclusion trop hâtive est fourni par le commentaire d'un bulletin économique<sup>1)</sup> qui s'est basé apparemment sur le contenu du «Tour d'horizon énergétique» publié dans le numéro 17 du Bulletin de l'ASE. On y lit les affirmations suivantes:

«La politique de prix de l'énergie électrique commence déjà à être influencée par la mise en service prochaine (1969) de la première usine atomique en Suisse. La vente des quantités d'énergie produite d'une manière continue pendant 24 heures par jour ne sera possible qu'à des prix assez bas. Les grandes entreprises (en premier lieu les NOK et les FMB) ainsi que les cercles compétents de l'économie électrique se préparent dès maintenant à favoriser le développement du chauffage électrique des locaux, une application au sujet de laquelle ils se sont montrés jusqu'il y a peu de temps plutôt réservés. En outre, des accords contractuels entre les producteurs d'énergie atomique et les autres grands distributeurs ne possédant pas encore des usines nucléaires (comme il en a été conclu récemment entre NOK et Atel) contribueront à assurer un placement continu de l'énergie. Les prix pratiqués par les grandes entreprises se stabiliseront, des augmentations de tarif n'auront lieu que dans des cas exceptionnels.»

Il n'est pas nécessaire d'être un spécialiste des problèmes de l'économie électrique pour se rendre compte que le chauffage des locaux n'est pas une application spécialement appropriée pour augmenter la consommation d'énergie électrique pendant l'été. Tout au plus, peut-on espérer qu'elle

s'associe à la préparation de l'eau chaude, dont on a besoin toute l'année dans les ménages. Or, c'est précisément l'équilibrage de l'offre et de la demande pendant le semestre d'été qui présente quelques difficultés en Suisse, puisque c'est dans cette saison que les usines au fil de l'eau ont généralement une production maximum. Le placement des excédents d'été continuera à retenir l'attention des entreprises électriques aussi longtemps que la proportion de production hydraulique en Suisse restera prépondérante, ce qui sera le cas encore pendant de nombreuses années. Une compensation partielle a été réalisée par la construction d'usines à accumulation. Mais les projets réalisables dans cette voie touchent à leur fin et il s'agit de toute façon d'une solution qui procure de l'énergie d'hiver trop chère pour être affectée au chauffage des locaux, du moins dans les cas normaux.

Cette première réflexion ne veut pas dire que le chauffage par l'électricité n'ait aucune chance de présenter de l'intérêt. Le problème doit être examiné sous de nombreux autres aspects que l'auteur de ces lignes n'a pas la prétention de vouloir exposer et analyser en quelques pages. Mais il a l'impression qu'il serait utile d'évoquer auprès du public, plus que l'on ne le fait parfois, les raisons pour lesquelles la politique à suivre par les entreprises électriques au sujet du chauffage électrique des locaux n'est pas encore définitivement et unanimement arrêtée. A une époque où le computer est capable d'effectuer en quelques heures les calculs les plus compliqués, on pourrait être tenté de penser que les études nécessaires concernant les répercussions sur la charge des centrales et des réseaux pourraient être achevées à bref délai.

Cette réflexion serait exacte, si l'on disposait vraiment de toutes les données du problème. Mais quelques-unes de ces données, relatives aux exigences présumées et aux réactions des abonnés, ne se laissent pas déterminer théoriquement. Ce n'est que par une assez longue série d'observations et de mesures que l'on arrivera à prévoir les besoins et les réactions probables. En outre, des facteurs importants du calcul résul-

<sup>1)</sup> Atlas-Konjunktur-Bericht N° 35 du 26 août 1968.

tent de l'évolution parallèle de l'économie électrique à l'étranger et d'autres secteurs de la production d'énergie. En effet, le développement de l'énergie atomique dans les pays qui nous entourent ne manquera pas d'influencer les possibilités d'échanges d'énergie électrique avec ces pays. La politique des prix sur le marché international de l'huile de chauffage ou du gaz naturel peut se modifier. Ces considérations expliquent le besoin de déceler au moins certaines tendances pendant une période de quelques années.

Naturellement, cette circonspection serait à peine nécessaire et les décisions beaucoup moins problématiques, si on pouvait envisager de ne développer le chauffage électrique des locaux qu'aussi longtemps qu'il paraîtrait avantageux, et de refuser simplement les nouvelles demandes de fourniture pour cette application, dès que l'évolution des choses la ferait apparaître moins favorable. Mais cela n'est pas possible. La politique d'investissement des entreprises d'électricité, tant pour les usines de production que pour le développement des réseaux est par nécessité une politique à très long terme. D'autre part, des modifications de tarif trop fréquentes sont indésirables, sinon impossibles, et enfin tous les abonnés d'un service public se trouvant dans des conditions semblables doivent être traités également. Pour ces différentes raisons on ne peut guère envisager de pouvoir battre en retraite à temps, si on devait constater qu'une nouvelle politique de tarifs, de conditions de raccordement et de propagande ne conduisait pas au résultat escompté.

Pour ne citer que quelques aspects des problèmes à considérer, on peut mentionner brièvement:

#### *Du point de vue de la production d'énergie électrique:*

L'équilibrage de la consommation entre l'été et l'hiver restera encore longtemps en Suisse, comme il a été dit plus haut, un postulat des entreprises électriques, puisque même sans charge de chauffage c'est naturellement en hiver que la demande est la plus forte et en été la production la plus élevée. C'est pourquoi c'est surtout l'énergie de nuit et de fin de semaine d'été qui se trouve en excédent. Jusqu'à présent, on est arrivé à l'écouler dans une assez bonne mesure à l'étranger, où elle permet de délester encore davantage ou même d'arrêter complètement quelques centrales thermiques et d'économiser du charbon. Par des contrats d'échanges, la contrepartie de ces économies nous est rendue sous forme d'énergie de nuit d'hiver. Mais il est fort possible qu'à l'avenir, le souci d'assurer une charge constante à leurs propres usines atomiques empêche les preneurs étrangers d'absorber autant d'énergie d'excédent que par le passé. Si cette crainte se réalisait, les entreprises suisses n'auraient alors plus à absorber pendant les heures de nuit d'hiver l'énergie provenant des affaires d'échanges. Par suite, elles auraient d'autant moins de raisons d'augmenter à tout prix la consommation d'énergie dans ces heures-là.

Un autre aspect à considérer, résultant de la forte proportion de production hydro-électrique en Suisse, c'est la variabilité importante des disponibilités entre années sèches et années humides. Les effets de cette variation sont encore accentués par la circonstance naturelle que les hivers très secs sont le plus souvent des hivers très froids. Dans le cas du développement du chauffage des locaux, il en résulterait une demande accrue en des périodes de disponibilités exceptionnellement réduites.

Enfin, on n'a pas encore une expérience suffisamment longue pour prévoir avec précision les risques de pannes dans les futures centrales nucléaires. Il semble bien qu'il n'y ait pas lieu d'éprouver des craintes excessives à cet endroit. Il n'en reste pas moins, du fait de la très forte concentration de puissance dans ces usines, qui doivent être très grandes pour être économiques, qu'un arrêt intempestif aura des conséquences sensibles. On peut admettre que l'interconnexion internationale permettra les fournitures d'entraide nécessaires, mais à des conditions qui ne sont pas encore connues exactement.

#### *Du point de vue de la distribution de l'énergie électrique:*

Chaque augmentation de la durée d'utilisation de la puissance totale distribuée contribue à abaisser le prix de revient de l'énergie produite et est par conséquent très souhaitable. L'intérêt n'est pas moins grand pour les distributeurs d'améliorer le facteur d'utilisation de leurs réseaux et stations de transformation dans lesquels sont investies des sommes relativement très importantes. C'est ce qu'ils espèrent obtenir en propageant le chauffage électrique, mais ce but ne serait vraiment atteint que si la nouvelle application se développe d'une manière bien équilibrée dans tous les points et ramifications du secteur. On peut se demander si la répartition géographique désirable se produira effectivement. Egalement, en ce qui concerne le rythme de ce développement, il serait souhaitable qu'il reste en harmonie avec l'évolution générale de la consommation dans chaque partie du réseau, où les creux du diagramme devraient être seulement comblés et ne pas se transformer en surcharges excessives par rapport à la puissance à fournir le reste du temps. Car, s'il s'en produisait de trop importantes, cela entraînerait la nécessité de nouveaux renforcements de réseaux. Les frais de ces renforcements ne seraient que difficilement couverts par le chauffage électrique, dont on sait qu'il n'est possible qu'à des prix d'énergie très modérés, peut-être seulement justifiés dans le cas d'un développement théorique idéal. Enfin il faut examiner s'il est possible, sans complications excessives des règlements et des installations de mesure, d'appliquer une politique de tarifs préférentiels correspondant aux seuls besoins du chauffage, c'est-à-dire limitant l'abaissement de prix à la consommation supplémentaire espérée. Sinon, les entreprises risqueraient de compromettre une partie des recettes que leur rapportent les applications traditionnelles et qui sont nécessaires à l'équilibre financier actuel.

Si on va au fond des choses, le problème du chauffage électrique présente encore bien d'autres aspects dignes d'être étudiés en détail. Ceux qui viennent d'être évoqués superficiellement devraient suffire à dissiper l'impression que les entreprises suisses d'électricité n'ont pas subitement et tardivement modifié une politique trop conservatrice et que, dans la situation actuelle il ne s'agit pas de passer, au moyen d'une propagande immodérée, d'une attitude prudente à une expansion sans réserve du chauffage électrique des locaux.

Les expériences faites à l'étranger peuvent être riches d'enseignements et doivent être étudiées avec attention; elles ne sont toutefois pas sans autre valables pour les conditions particulières qui règnent en Suisse. Une différence fondamentale est que les pays qui nous entourent produisent déjà une proportion importante de leur énergie électrique dans des centrales thermiques; c'est également le cas pour l'Angleterre et même aussi pour la Suède. Quant à la Norvège, elle

dispose encore de réserves hydrauliques si considérables et économiquement favorables que les conditions ne sont non plus comparables à celles de notre pays.

Il n'est pas inutile de souligner encore une fois à la fin de ces quelques remarques, qu'elles ne doivent pas être interprétées comme une prise de position prématurée et négative à l'égard du chauffage électrique des locaux. Nous sommes persuadés au contraire que cette application peut être dans certaines conditions très intéressante. Mais il serait dommage de ne pas tirer le meilleur profit des cas particuliers les plus

attrayants, en les sacrifiant à une politique trop généralisée et insuffisamment préparée. Ce serait aussi une erreur de donner l'impression que les responsables de l'économie électrique suisse n'ont pas prévu aussi bien que leurs collègues étrangers le développement et les conséquences de l'énergie atomique et que, surpris par ce développement, ils ne font que s'aligner en suivant les courants d'idées actuels.

**Adresse de l'auteur:**

Dr. h. c. C. Aeschimann, administrateur-délégué de l'Aar et Tessin S. A. d'électricité, Bahnhofquai 14, 4600 Olten.

## Petite réplique à l'article du Dr Aeschimann

Par F. Wanner, Zurich

C'est un secret de Polichinelle que les chances du chauffage électrique des locaux sont appréciées très différemment dans les cercles de spécialistes. Dans le stade actuel de l'expérimentation, un échange d'idées ouvert sur les problèmes qui se posent ainsi aux entreprises d'électricité est donc souhaitable. Le Dr h. c. C. Aeschimann, à d'autres occasions le porte-parole dynamique des grandes entreprises de production, formule toute une série de réserves à l'égard du chauffage électrique des locaux et semble surtout se scandaliser d'une campagne de propagande éventuelle. Un jugement aussi nettement prudent pourrait s'expliquer en partie par les intérêts différents — ci un ensemble de centrales usuel, là nouveau, ci débouchés assurés, là marché libre d'énergie. Il se peut aussi que, dans les cercles des entreprises d'électricité, il subsiste dans le subconscient encore des vestiges du passé et de ses difficultés de fourniture en hiver et jouent un certain rôle.

\*

Une chose est cependant absolument certaine: le chauffage électrique des locaux ne s'imposera nullement d'un coup en Suisse. Le risque est très faible qu'il y aura sur le marché de l'énergie dans la prochaine décennie déjà, à cause de l'énergie atomique, des transformations révolutionnaires. Que l'on pense seulement qu'il s'agit de modifier des habitudes bien ancrées des consommateurs et d'opposer une alternative au mazout et à son monopole dans le domaine du chauffage. Ceci présuppose, chez les entreprises d'électricité, la volonté et la disposition de créer des tarifs concurrentiels et de repenser d'éventuelles prescriptions des centrales ainsi que des conditions de raccordement qui freinent la vente.

Il faut y ajouter que la lutte contre les pointes de charge et pour l'obtention d'une durée d'utilisation aussi favorable que possible ne soit plus, dans la nouvelle situation du marché, considérée par les entreprises d'électricité comme le non plus ultra de la science. Une nouvelle appréciation des coûts conduira à voir le service de la clientèle dans la possibilité offerte de pouvoir tirer de l'énergie librement et sans entraves, services dont on est prêt à payer le prix, parce qu'il s'agit d'un argument de valeur pour la propagande. La manie de tout bloquer appartiendra, nous l'espérons, bientôt au passé. Elle n'est pas compatible avec l'idée de la possibilité illimitée de se servir de l'énergie. Il s'agit de trouver le moyen de

libérer aussi les revendeurs du «spectre» du blocage, sinon le chauffage électrique des locaux ne pourra percer en Suisse.

\*

Etant donné qu'il s'agit ici d'une transformation de longue durée et que le souvenir de nos clients du manque d'énergie en hiver ne peut être extirpé que difficilement, on ne peut commencer assez tôt à rappeler à la mémoire du public la nouvelle situation sur le marché de l'énergie. Le risque n'est pas grand qu'une campagne d'information sur les possibilités de l'énergie atomique et sur la disponibilité d'énergie de nuit et de fin de semaine à bon marché mette les entreprises d'électricité dans une mauvaise posture, parce que l'idée que la chauffage et la préparation de l'eau chaude au mazout soit bon marché et confortable est devenue chez nous presque un dogme.

Le fait que les ventes d'énergie électrique aux Etats-Unis dépassent en été celles de l'hiver indique bien que la consommation d'électricité est capable, en Europe également, de changements importants en peu de temps. Ici, c'est non seulement la climatisation et le chauffage de piscines privées avant et après la saison, mais le confort électrique en général qui jouent un rôle. Ajoutons l'influence plus récente de la législation sur la protection de l'air et la peur de pollutions des eaux qui s'exprime p. ex. par la formation d'organismes de défense contre le pétrole.

\*

Résumons en constatant que les entreprises d'électricité font bien de considérer comme une réalité le chauffage électrique des locaux qui a remporté à l'étranger une victoire sans précédent. Sous ce rapport, on ne pourra plus parler du cas spécial de la Suisse à partir du moment où l'énergie atomique aura pris le pas en quantité sur l'énergie hydraulique. Tous les pronostics jusqu'à ce jour relatifs à la consommation font apparaître que cet état sera atteint dans une ou deux décennies déjà. Le temps jusque là devrait suffire à permettre aux entreprises d'électricité, à l'industrie du chauffage et aux installateurs d'élaborer une unité de doctrine concernant la meilleure façon de maîtriser les nouveaux problèmes. En fera partie certes une orientation bien orchestrée et l'information du public sur les nouvelles possibilités des entreprises d'électricité de fournir l'électricité, énergie universelle de notre temps.

**Adresse de l'auteur:**

Dr F. Wanner, directeur des EKZ, Dreikönigstrasse 18, 8022 Zurich.



# Le chauffage électrique des locaux d'habitation — Introduction

Par E. Tiberghien, Bruxelles

697.71:621.365

Le Groupe de travail du Chauffage électrique des Locaux d'habitation a été constitué, au lendemain du Congrès de Scandinavie 1964, au sein du Comité d'Etudes du Développement des Applications de l'Energie Electrique, pour l'étude des problèmes que pose ou qu'est susceptible de poser le développement de cette application.

Il nous échoit, en tant que Président du Groupe de travail du Chauffage électrique, de présenter ce rapport dans lequel sont consignées les premières conclusions qui ont pu être dégagées des enquêtes effectuées par ce Groupe de travail qui a la composition suivante:

Président: M. Tiberghien (Belgique)

Membres:	MM.
Allemagne (Rép. féd.)	Stoy
Autriche	Moditz
Belgique	Gillain
Danemark	Gullev
Espagne	Cubillo
France	Autesserre, Dubois, Rivet
Grande-Bretagne	Moule
Italie	Colli
Pays-Bas	Boer
Pologne	Kwiatkowski
Portugal	Penha Ferreira
Suède	Elliot
Suisse	Locher

Ayant eu mission, par ailleurs, d'informer de l'activité de l'Unipede dans ce domaine les spécialistes du chauffage — sous toutes ses formes — des grands immeubles d'habitation, réunis à Prague en septembre 1966 sous l'égide de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies à Genève, nous ne pourrions mieux faire que reprendre ce que nous écrivions en guise d'introduction à notre exposé:

*«L'emploi de l'énergie électrique pour le chauffage des locaux d'habitation, depuis la maison unifamiliale jusqu'aux grands complexes d'appartements multiples, est entré dans le domaine des réalités.*

*Les caractéristiques propres à cette forme d'énergie — souplesse, possibilité de décentraliser les éléments chauffants en fonction de la nature des locaux, régulation automatique par thermostats individuels, création de zones de bien-être par des flux de chaleur dirigés, pour n'en citer que quelques-unes — lui permettent de concurrencer les moyens de chauffage traditionnels, dans la mesure où la tarification maintient dans des limites raisonnables un écart de coût que justifie le confort inégalable que procure l'électricité.*

*Comme le disait d'excellente façon une éminente personnalité française, l'électricité a des possibilités que n'ont pas les autres formes d'énergie, possibilités que des études approfondies doivent permettre de valoriser au maximum.*

*Le développement du chauffage électrique constitue par ailleurs, pour les producteurs-distributeurs d'énergie électrique, un marché d'un caractère exceptionnel.*

*Si l'ordre de grandeur des puissances en jeu peut inciter à «repenser» le problème du dimensionnement des réseaux de distribution et du renforcement des réseaux existants, l'extension progressive de ce mode de chauffage et la multiplication du nombre de «maisons tout-électriques» conduiront dans un avenir peut-être rapproché à des consommations moyennes sensiblement supérieures à celles que nous connaissons actuellement; en regard des 1000 à 2000 kWh, voire 3000 kWh par an et par ménage que nous relevons dans les dernières statistiques européennes, nous pouvons placer les 10 000 à 12 000 kWh et davantage que consomme normalement l'abonné entièrement électrifié.»*

Nous rappelons également que «le Symposium organisé à l'initiative de l'Unipede, par l'Union des Exploitations Electriques en Belgique, et qui s'est déroulé à Bruxelles du 16 au 18 mars 1964, a constitué en quelque sorte pour les électriciens une prise de conscience des problèmes que pose ou peut poser le développement du chauffage électrique, des multiples facteurs qui en conditionnent les solutions, de leur diversité également qui va de la physiologie — la notion du confort thermique — aux techniques de la construction, de l'isolation thermique et de la ventilation, pour aboutir à l'économie électrique proprement dite, le développement du chauffage électrique vu sous l'angle du producteur et du distributeur d'électricité».

Le Groupe de travail dont nous vous présentons le premier rapport a été chargé de reprendre et approfondir les problèmes évoqués à Bruxelles.

Soulignons dès à présent que ce rapport est loin d'épuiser la matière; il n'en aborde d'ailleurs que trois aspects: dans une première partie consacrée à l'analyse d'une première série d'informations générales sur les réalisations marquantes des dernières années, une seconde partie étant consacrée au problème de l'isolation thermique et une troisième à l'évolution des techniques; de plus, seul a été abordé jusqu'à présent le chauffage électrique des locaux d'habitation, l'étude devant être étendue ultérieurement aux locaux commerciaux et autres et également au problème du conditionnement de l'air pris dans son ensemble.

Disons encore que ce rapport constitue un travail d'équipe, auquel tous les membres du Groupe de travail ont apporté leur contribution; si nous tenons à leur en exprimer, ici, à tous, notre reconnaissance, nous devons cependant adresser un remerciement spécial à ceux qui se sont dévoués à la rédaction des textes que l'on trouvera ci-après; nous citons dans l'ordre MM. Gillain et Van Dijck (Belgique) pour la première partie, M. Autesserre (France) pour la deuxième et MM. Gullev (Danemark) et Stoy (République Fédérale Allemande) pour la troisième partie.

Avant de leur donner la parole, et sans vouloir allonger la présente introduction, peut-être pouvons-nous cependant donner, à propos de ce travail, un bref commentaire.

Tout d'abord pour ce qui concerne la première partie:

Les différents facteurs qui peuvent influencer positivement ou négativement la puissance à installer pour le chauf-

fage et la consommation d'énergie peuvent être classés comme suit:

- 1<sup>0</sup> Facteurs qui augmentent cette puissance et cette consommation (humidité, direction et force du vent, température extérieure à prendre en considération: très basse, par exemple dans les pays nordiques, etc.);
- 2<sup>0</sup> Facteurs qui diminuent la puissance à installer et la consommation (isolation thermique, rayonnement solaire, free-heat, etc.);
- 3<sup>0</sup> Concepts mêmes du confort désiré (température intérieure, température résultante, ventilation, souplesse et décentralisation de la régulation, etc.).

Le nombre et la diversité de ces facteurs font que l'établissement, sur la base de cas vécus, de corrélations entre, par exemple:

- la puissance installée et la consommation, pour un type de chauffage déterminé (direct, accumulation, off peak, mixte), en fonction des volumes ou des surfaces, du climat, de l'exposition, de l'isolation thermique;
- la puissance et la consommation, pour une même maison ou un même appartement et toutes choses égales d'ailleurs, en fonction du système de chauffage, ce qui permettrait de comparer les différents procédés;
- l'influence de la température et du confort désiré, en fonction également du niveau social et du mode de vie des occupants, etc.

soulève de grosses difficultés, et il semble douteux que l'on puisse, en raison du nombre de variables en jeu, dégager d'une telle étude des règles simples qui permettent de prédéterminer, pour une installation de caractéristiques données, la puissance et la consommation.

Comme nous l'écrivions dans notre rapport au Symposium de Prague, il semble cependant qu'aux Etats-Unis et évidemment sur la base d'un très grand nombre d'installations-type — on sait que le chauffage électrique a pris dans ce pays, depuis quelques années, un essor considérable — les spécialistes aient pu établir certaines normes tenant compte non seulement des éléments d'ordre constructif et de données de base — températures désirées, etc. — mais également du niveau social et des habitudes des occupants; le degré de précision des garanties données à la clientèle en est accru et les Compagnies d'Assurances acceptent de les couvrir.

Ceci est un des points sur lesquels un échange d'informations avec nos collègues américains, dans le cadre des relations de l'Unipede avec l'Edison Electric Institute, pourrait donner des indications intéressantes.

Pour ce qui concerne la deuxième partie:

L'auteur souligne à juste titre le travail d'information qui reste à accomplir vis-à-vis des architectes et entrepreneurs pour les convaincre de l'importance qui s'attache à la conception et à l'exécution de l'isolation thermique, tout particulièrement dans le domaine du chauffage électrique.

Cet effort devra également s'exercer vis-à-vis du maître de l'œuvre — et nous songeons notamment aux sociétés et aux administrations publiques en charge de la construction des grands complexes locatifs que nous voyons surgir en bordure des grandes agglomérations et dans les zones de développement industriel — vis-à-vis duquel le distributeur d'électricité, soucieux de promouvoir le développement du

chauffage électrique mais surtout du degré de satisfaction qu'en retirera le consommateur, ne dispose bien souvent que d'un pouvoir de recommandation.

Nous pensons également que le Groupe de travail pourra utilement se pencher sur les méthodes d'optimisation du degré d'isolation, en fonction des différents facteurs à prendre en considération pour ces calculs et de leur évolution dans le temps. Rappelons les rapports qui ont été présentés à ce sujet, tant au Symposium de Bruxelles qu'au Symposium de Prague.

Pour ce qui concerne la troisième et dernière partie de ce rapport, l'on peut penser que si les réponses données à l'enquête du Groupe de travail, dont les auteurs de ce chapitre donnent une synthèse très claire, reflètent la situation, disons «au temps zéro», l'amélioration progressive du niveau de vie et le désir d'un confort accru sont susceptibles de se traduire par une évolution dans le choix des moyens à mettre en œuvre pour y parvenir.

Ceci veut dire que les techniques devront s'adapter à cette évolution car, dans un domaine aussi concurrentiel que le chauffage des locaux, c'est le consommateur qui, au vu des coûts et des avantages comparés des différentes formes d'énergie en présence, tant sur le plan de l'investissement et des charges correspondantes que de la dépense de consommation et de la qualité du service rendu, décide en dernier ressort.

Le choix des générations montantes pourra à cet égard être déterminant pour l'essor du chauffage électrique.

Enfin, pour éviter tout malentendu, on trouvera en annexe les définitions relatives aux principaux modes de chauffage.

Donnons, pour terminer, un bref aperçu des points que le Groupe de travail pourrait, à notre avis, inscrire à son programme.

Diverses études ont mis en lumière l'effet, sur la consommation d'énergie, des «chaleurs gratuites» ou «free-heats», provenant de l'insolation, des apports de chaleur par d'autres applications, par exemple l'éclairage, de l'occupation même des locaux. Ce point a déjà été évoqué au cours des travaux et sera approfondi.

La conversion au chauffage électrique d'installations existantes, telles que les chauffages centraux utilisant le charbon ou le fuel-oil, pose le problème de l'isolation thermique d'immeubles ou de parties d'immeubles non isolés à l'origine et celui du rendement des installations converties. Si l'expérience montre que la consommation est assez sensiblement supérieure, toutes choses égales d'ailleurs, à celle des installations conçues *ab initio* pour le chauffage électrique intégral, le fait que les prescriptions réglementaires en matière d'installations de chauffage, en liaison avec le problème de la pollution de l'atmosphère, sont de plus en plus sévères, est de nature à promouvoir le développement du chauffage électrique.

Le Groupe de travail a également donné son attention à la question de la régulation, et l'emploi de thermostats commandés par la température résultante fait actuellement l'objet d'essais dans certains pays; la régulation est basée sur le «confort thermique» et non sur la seule mesure de la température en un point déterminé.

Touchant plus particulièrement le cas des grands immeubles dits «sociaux», à étages multiples, les avantages et inconvénients des systèmes de chauffage par accumulation dans les planchers ou dans les plafonds ont été évoqués; si l'accroissement de l'épaisseur des planchers, donc de la hauteur de l'immeuble, peut être négligé dans le cas de l'accumulation «off peak» comportant la mise sous tension de l'installation pendant 14 à 16 heures par jour, il n'en serait plus ainsi lorsque la durée de l'accumulation est limitée aux heures creuses — 8 à 10 heures seulement — et dans ce cas le choix d'une solution mixte — chauffage de base en accumulation et complément en chauffage direct — peut s'imposer.

Enfin, *last but not least*, bien au contraire, une étude est en cours de préparation, portant sur les éléments à prendre en considération pour le calcul économique du chauffage électrique et de sa rentabilité pour le distributeur d'électricité.

La courbe de charge de la maison «tout électrique», les coefficients de diversité — rapport entre la puissance appelée par un ensemble de maisons «tout électrique» et les puis-

sances installées ou mises à disposition — mesurés en différents points des réseaux à haute, moyenne ou basse tension, la répartition de la consommation entre les heures de pointe, les heures pleines et les heures creuses, les durées d'utilisation correspondantes, le coût enfin du renforcement des réseaux de distribution en fonction des développements de la consommation à prévoir dans l'avenir, constituent autant d'éléments dont la connaissance est indispensable à ceux qui désirent procéder à une étude raisonnée, systématique et objective de l'incidence que le développement de ce marché nouveau pourra avoir sur la rentabilité de l'entreprise.

C'est à cette tâche que va se consacrer le Groupe de travail, en s'appuyant non pas sur des considérations purement théoriques, mais bien sur des éléments pratiques, tirés de l'expérience d'une part, d'essais et de mesures systématiques d'autre part.

Adresse de l'auteur:

E. Tiberghien, Directeur de la Société de Traction et d'Electricité, Bruxelles.

## Caractéristiques d'installations de chauffage électrique marquantes

Par L. Gillain et G. Van Dijk, Bruxelles

621.365:001.3

### 1. Avant-propos

Afin de rassembler un ensemble d'informations générales sur le développement actuel du chauffage électrique, une première enquête effectuée par le Groupe de travail avait pour objet de dégager les caractéristiques d'installations marquantes, existantes ou nouvelles.

Les différents pays représentés au sein du Groupe de travail étaient invités à fournir, pour quelques installations de chauffage électrique — considérées comme typiques — un ensemble de renseignements chiffrés ou descriptifs mettant notamment en évidence le genre et type de construction, les conditions climatiques, le genre et le régime de chauffage assuré.

Le questionnaire, établi à cette fin, demandait la réponse aux questions suivantes:

#### 1.1 Situation géographique de l'immeuble;

#### 1.2 Description succincte du climat:

- Degrés-jours (avec indication de la méthode de calcul) mensuels, annuels, de la période de chauffe;
- Nombre d'heures d'insolation;
- Vitesse moyenne du vent;
- Précipitations moyennes;
- Températures extérieures moyennes et minimales;

#### 1.3 Description de l'immeuble:

- Maison unifamiliale (maison ou villa), appartement, etc.;
- Nombre de murs extérieurs;
- Type social ou à standing plus élevé;
- Dimensions principales et nombre de pièces à chauffer;
- Surface vitrée;
- Isolation thermique: matériaux employés, coefficient de transmission calorifique;
- Déperditions calorifiques horaires;
- Régime de chauffage à assurer (continu, intermittent, etc.);

#### 1.4 Description de l'installation de chauffage électrique:

- Système de chauffage utilisé;

- Régulation (individuelle par pièce, par zone, centrale, etc.);
- Puissance totale installée (en direct, hors pointe, en accumulation);

#### 1.5 Tarification appliquée:

#### 1.6 Consommations: mesurées ou estimées pour les dernières années

S'il n'est évidemment guère possible de tirer des conclusions absolues des chiffres et renseignements rassemblés, les réponses permettent toutefois d'attirer l'attention sur quelques facteurs importants dans les comparaisons d'installations de chauffage électrique intégral, notamment du point de vue puissance installée et consommation.

Avant tout, il sera cependant intéressant de situer brièvement les différents procédés de chauffage électrique<sup>1)</sup> et de donner quelques indications relatives aux installations recensées.

### 2. Procédés de chauffage électrique

#### 2.1 Chauffage direct

Les installations de chauffage électrique direct font appel à l'effet Joule pour la conversion de l'énergie électrique en énergie thermique. Cette transformation — extrêmement simple — sera généralement effectuée aux endroits mêmes où la chaleur est désirée.

La transmission de la chaleur à l'ambiance se fait par convection et par rayonnement, en proportions variables. Suivant l'action prépondérante, on distingue les:

##### a) Appareils à rayonnement

La source de rayonnement peut être à haute, moyenne ou basse température.

Les appareils rayonnants à haute température, souvent appelés «appareils infrarouges», se prêtent au chauffage des

<sup>1)</sup> Rappelons que la description de ces procédés a fait l'objet d'un rapport présenté par MM. Tiberghien, Haibe et Lesire au Congrès de Baden-Baden en 1961 et de nombreuses communications au Symposium «Chauffage Electrique» organisé par l'UNIPED à Bruxelles en 1964.

endroits ouverts et au chauffage intermittent. Ils sont conçus pour avoir un effet directif prononcé.

Les appareils rayonnants à moyenne et basse température se présentent sous forme de panneaux. Les éléments chauffants — par effet Joule — sont constitués par des fils aux câbles aménagés en zig-zag, par des surfaces conductrices électriquement résistantes ou par le dépôt de matières conductrices sur une base (système similaire à celui des circuits imprimés). Les supports sont de natures diverses: matières plastiques, céramique, verre, asbeste, bois traité, papier spécial, toiles, etc. Le plafond et le sol peuvent être aménagés en panneaux rayonnants.

#### b) Appareils à convection

La résistance électrique — boudinée à l'air libre ou protégée par un blindage — est installée dans un coffrage dont les formes, les dimensions, la présentation, etc., peuvent varier considérablement. On connaît notamment les plinthes et les convecteurs à encastrer dans le sol ou les murs. La transmission de chaleur à l'air est favorisée par la présence d'ailettes. L'induction d'air est accélérée par des formes spéciales (effet de cheminée).

Les appareils peuvent être statiques ou l'effet d'induction peut être accéléré par un ventilateur.

Le chauffage à air pulsé est un mode de chauffage par convection. Il s'agit d'un convecteur à circulation forcée, distribuant parfois l'air chaud dans plusieurs locaux.

#### 2.2 Chauffage par accumulation

Dans le cas du *chauffage direct*, l'énergie thermique — libérée par effet Joule — et dissipée immédiatement dans l'ambiance. Ces appareils peuvent prélever leur puissance pendant les 24 heures de la journée suivant les besoins thermiques décelés par le thermostat.

Dans le *chauffage par accumulation* par contre, l'énergie thermique est tout d'abord emmagasinée et restituée ultérieurement suivant un processus naturel (accumulation statique) ou contrôlé (accumulation dynamique). La mise sous tension de ces appareils ne pourra s'effectuer que pendant un nombre limité d'heures de la journée, fixées par les conditions d'exploitation du réseau électrique.

On distinguera du point de vue capacité d'accumulation:

- Les installations à *accumulation totale* dont l'alimentation électrique est assurée pendant 8 heures d'affilée par jour (par exemple de 22 h à 6 h). Ces installations bénéficient d'une tarification de nuit, qui sera par ailleurs fréquemment accordée également aux installations à accumulation quasi totale dont la mise sous tension est autorisée, en plus de 8 heures de nuit, pendant une ou deux heures au moment du creux de midi du diagramme de charge du réseau;
- Les installations à *accumulation partielle* pouvant être mises sous tension pendant une durée journalière supérieure à 8 heures — sous réserve de la remarque ci-dessus relative au creux de midi — mais inférieure à 24 heures. Suivant la durée de charge journalière, on trouvera des réalisations très différentes, allant du simple effacement au moment de la pointe (2 à 4 heures par jour par exemple) à des durées de non-alimentation plus longues. Ces installations bénéficient d'un tarif hors pointe dont le niveau tiendra compte de la durée de l'effacement.

L'accumulation de chaleur se fait généralement dans des briques spéciales et, dans des cas assez rares, dans une masse d'eau. Des systèmes expérimentaux font appel à la transformation de la matière (soude caustique, chaux) ou à l'accumulation dans de la fonte.

La restitution contrôlée se fait en forçant le brassage de l'air par un ventilateur. En commandant ce ventilateur, on règle le débit de calories. Les appareils à accumulation statiques peuvent constituer des entités séparées ou être incorporés dans la construction. Le chauffage à accumulation dans le plancher en est un exemple: il est très répandu dans certains pays.

Les appareils dynamiques sont utilisés aussi dans des installations centrales à air pulsé.

#### 2.3 Pompe à chaleur

Dans tous les systèmes mentionnés ci-dessus, la conversion de l'énergie électrique en énergie thermique est basée sur l'effet Joule développé dans des résistances.

Il y a lieu de souligner l'existence de la «pompe à chaleur» dont le fonctionnement fait appel à un cycle thermodynamique identique aux cycles des machines et appareils frigorifiques. En actionnant le compresseur, des calories sont transférées de l'évaporateur (en contact avec le milieu extérieur) au condenseur d'où elles seront transférées dans le local à chauffer.

Il est à remarquer que la quantité d'énergie électrique fournie, qui est absorbée par le compresseur, les ventilateurs et les auxiliaires de réglage, est nettement inférieure à la quantité d'énergie qu'il faudrait pour produire par effet Joule le nombre de calories dégagées au condenseur.

La pompe à chaleur est d'autre part réversible et peut être utilisée — moyennant l'inversion des fonctions «évaporateur» et «condenseur» — au refroidissement des locaux en été.

Ces appareils qui sont encore peu répandus en Europe, connaissent une vogue grandissante aux Etats-Unis d'Amérique.

#### Systèmes intégrés

Ces systèmes ne se contentent pas de «chauffer». Ils sont intégrés dans le bâtiment pour assurer aux occupants un confort plus complet. Cette intégration peut même entraîner une économie quand elle a recours à des compensations et utilise au mieux les «free-hats».

Ne citons que quelques exemples:

- Combinaison du chauffage par convecteurs ou panneaux et de la ventilation (recyclage et apport d'air frais);
- Procédés de rafraîchissement complétant les procédés de chauffage;
- Pompes à chaleur déjà citées: chauffage, rafraîchissement, ventilation;
- Récupération des calories dues à l'éclairage et à l'insolation, redistribution dans tous les locaux en fonction du réglage thermostatique.

#### 2.5 Régulation

Un des avantages du chauffage électrique est de se prêter facilement à une régulation précise et individuelle (local par local ou zone par zone), ce qui conduit à plus de confort et à plus d'économie.



Le réglage le plus utilisé se fait par des thermostats raccordés directement dans le circuit d'alimentation et contrôlant la marche des appareils par tout ou rien.

La puissance mise en jeu peut être modulée par gradins ou de manière continue.

Il est facile de concevoir et d'appliquer des systèmes de programmation rencontrant toutes les circonstances spéciales.

On peut aussi contrôler à distance le fonctionnement des appareils de chauffage électrique par transmission d'impulsions à fréquence audible envoyées sur les réseaux de distribution. Ce contrôle s'applique notamment à la durée de charge des accumulateurs.

### 3. Installations ayant fait l'objet de l'enquête

Les pays suivants ont répondu positivement à l'enquête: Allemagne, Belgique, Danemark, France, Grande-Bretagne, Grèce, Pays-Bas, Portugal, Suède, Suisse.

#### 3.1 Allemagne

L'installation signalée est située dans un immeuble à 3 appartements faisant partie d'un complexe social de 140 habitations dans la région d'Essen.

Il s'agit d'un immeuble de coin à 3 murs extérieurs, comportant un rez-de-chaussée et deux étages. Chaque niveau s'étend sur 86,4 m<sup>2</sup> et est composé d'un hall, une chambre de séjour, deux chambres à coucher, une cuisine et une salle de bain.

Le chauffage est assuré par des accumulateurs dynamiques dans chaque pièce, à l'exclusion des salles de bains qui sont chauffées par des radiateurs directs de 2 kW.

La puissance en accumulation est de:

Rez-de-chaussée	12,5 kW
1 <sup>er</sup> étage	13,5 kW
2 <sup>e</sup> étage	14,5 kW
Total	40,5 kW

La durée journalière de mise sous tension de ces appareils est de 11 heures (de 21 h à 6 h et de 14 h à 16 h).

Les parois extérieures se composent de 25 cm de briques légères et d'une couche isolante de 2,5 cm conférant à l'ensemble un coefficient de transmission de 0,7 kcal/m<sup>2</sup> · h · °C.

Les vitrages sont simples pour la cuisine et les chambres à coucher, doubles pour les autres locaux.

#### 3.2 Belgique

Les renseignements demandés par le questionnaire ont été rassemblés pour un assez grand nombre d'installations, réparties sur l'ensemble du territoire.

Parmi les immeubles recensés se trouvent:

- Des habitations unifamiliales (maisons et villas) de 70 à 250 m<sup>2</sup> habitables;
- Des immeubles de 3 à 19 appartements.

L'isolation thermique est soignée dans la grande majorité des cas récents: coefficient de transmission thermique de murs extérieurs compris entre 0,3 et 0,5 kcal/m<sup>2</sup> · h · °C; double vitrage pour les fenêtres.

La plupart des systèmes de chauffage se retrouvent parmi ces installations:

- Chauffage direct avec ventilation centrale: pour les nombreux exemples cités, la puissance installée est généralement de l'ordre de 7 à 12 kW par logement d'une superficie comprise entre 70 et 200 m<sup>2</sup>;

- Chauffage direct sans ventilation centrale: pour lesquels la puissance installée oscille entre 8 et 17 kW pour des superficies habitables analogues;

- Chauffage par accumulation dans le sol (câbles chauffants): notamment trois immeubles à respectivement 3, 4 et 12 appartements avec des puissances installées de 22, 12,5 et 7,25 kW par logement. La régulation est télécommandée par le réseau.

- Chauffage par accumulation par poêles à décharge statique ou dynamique: les cas cités sont des logements — villas et appartements — de 70 à 110 m<sup>2</sup> de superficie habitable. Les puissances installées varient de 6 à 26 kW par logement;

- Chauffage mixte: accumulation + direct: plusieurs exemples sont cités, parmi lesquels on distingue d'une part des installations relevant plutôt de l'accumulation pure mais où un radiateur direct d'environ 2 kW a été prévu, et d'autre part des installations mixtes réelles où la répartition des puissances oscille de 30 % direct, 70 % accumulation à 60 % direct, 40 % accumulation.

Notons que si la plupart des logements signalés dans cette catégorie se classent également dans la gamme des 70 à 130 m<sup>2</sup> habitables, nous y trouvons d'autre part quelques exemples de logements beaucoup plus importants: villas de 18 pièces, maisons de 350 à 500 m<sup>2</sup> où les puissances totales installées sont de l'ordre de 35 à 60 kW.

Remarquons qu'en Belgique, la durée de mise sous tension des appareils à accumulation est généralement de 8 heures par jour, quelques réseaux accordent en plus un réchauffage pendant les heures creuses de midi.

Du point de vue régulation, tous les systèmes se retrouvent, la régulation par local, sans sonde extérieure, étant la plus fréquente. Rappelons qu'un réseau offre aux abonnés une télérégulation des chauffages à accumulation via son installation de télécommande à fréquence acoustique. Dans ce cas, la durée de mise sous tension est réglée en fonction de la température extérieure.

#### 3.3 Danemark

Quatre installations, situées dans les faubourgs de Copenhague, sont décrites. Il s'agit de villas ou bungalows unifamiliaux de 90 à 210 m<sup>2</sup> de surface habitable.

Deux habitations font appel au chauffage par plafond rayonnant, une au chauffage direct avec ventilation centrale. Le quatrième exemple cité est une villa équipée d'une pompe de chaleur de 5 ch, utilisant le sol comme source froide et de l'air pulsé comme source chaude.

L'isolation thermique est en général très poussée. Fréquemment, des vitrages triples sont prévus.

#### 3.4 France

La réponse française fait état de cinq installations sélectionnées pour leur caractère de nouveauté ou d'originalité. Il s'agit:

- D'un bloc de 18 appartements dans la région parisienne, chauffés par accumulation dans les planchers. Le volume à chauffer est de 4000 m<sup>3</sup>, l'isolation soignée et les vitrages doubles. Puissance totale installée 170 kW;
- D'un immeuble de bureau, également dans la région parisienne, de 3200 m<sup>2</sup> dans lequel le chauffage de base est assuré par accumulation dans les murs, l'appoint étant



fourni en direct par vitrage chauffant. De plus, le hall de cet immeuble est chauffé par aérotherme.

Les puissances installées sont:

En accumulation	200 kW
Vitrages chauffants	100 kW
Aérotherme	25 kW

- D'une église à Valognes, d'une surface de 900 m<sup>2</sup>, chauffée en régime intermittent, par planchers chauffants. Puissance installée 180 kW, réglée par horloge;
- D'un immeuble comprenant 42 appartements et des locaux commerciaux au rez-de-chaussée, à Alfortville. Chauffage par accumulation centrale à voie sèche de 600 kW et distribution de chaleur par circulation d'eau chaude. La régulation est centrale;
- D'un immeuble de 278 appartements de luxe à Cannes chauffé en direct par rayonnement à basse température (panneaux infrarouges). Puissance installée 1300 kW pour une superficie totale de 23 500 m<sup>2</sup>.

### 3.5 Grande-Bretagne

La réponse de la Grande-Bretagne donne des renseignements relatifs à une installation en Ecosse du Nord, quatre installations en Ecosse du Sud et huit installations en Angleterre.

Dans la plupart des cas, le chauffage est assuré par des systèmes à accumulation «of-peak» soit dans le sol, soit par poêles individuels. La durée de charge dépasse toujours les 12 heures. Un radiateur direct à usage occasionnel est généralement prévu dans la pièce de séjour.

Parmi quatre installations équipées de poêles à accumulation, trois sont des systèmes d'accumulation centrale par logement, avec distribution de chaleur par air pulsé.

Une des habitations unifamiliales citées est équipée d'un chauffage mixte de 9,5 kW en direct dans les chambres, et de 7,5 kW en accumulation dans les autres pièces.

Les descriptions des diverses réalisations font apparaître des conceptions très différentes suivant le standing des immeubles. Si, dans les logements d'un standing plus élevé, l'installation électrique, l'installation de chauffage et l'isolation thermique sont, généralement, largement conçues, il peut ne pas en être de même pour les logements sociaux. Dans ceux-ci — immeubles à appartements pour la plupart — le confort est fréquemment sacrifié à la minimalisation des coûts d'investissements. L'isolation thermique se limite généralement à une couche de laine de verre appliquée sous le toit et les températures intérieures de calcul de déperditions sont de l'ordre de 15 °C.

Citons, enfin, le cas d'un bâtiment scolaire, d'une superficie chauffée de 7432 m<sup>2</sup>, répartis en 4 niveaux, où le chauffage est assuré par 736 kW d'accumulation dans le sol, complété par 23,5 kW d'accumulation par poêles et 36 kW de chauffage «of peak» par les murs.

### 3.6 Grèce

La Grèce cite un exemple de chauffage électrique intégral d'un appartement de 130 m<sup>2</sup> chauffé par accumulation statique par poêles individuels (12 kW). La durée de mise sous tension est de 9 heures.

L'immeuble n'est pas isolé spécialement, le coefficient de transmission thermique est de 1,7 kcal/m<sup>2</sup> · h · °C.

### 3.7 Pays-Bas

Les douze exemples cités par les Pays-Bas sont des habitations unifamiliales — maisons ou appartements — de 80 à 250 m<sup>2</sup> habitables, équipées de chauffage direct avec ventilation centrale (1 cas), chauffage direct sans ventilation (5 cas) ou de chauffage direct + accumulation de types divers. Plusieurs habitations citées sont pourvues de panneaux rayonnants à basse température.

Notons que, dans certains cas, il est fait appel à un seul convecteur mobile pour assurer le chauffage de plusieurs pièces. C'est le cas d'un bloc de 49 appartements où les salles de séjour sont chauffées par des accumulateurs dynamiques, tandis qu'un convecteur déplaçable de 2 kW sert à chauffer toutes les chambres et le hall.

### 3.8 Portugal

Le Portugal cite un exemple de chauffage électrique intégral direct par convecteurs sans ventilation. Il s'agit d'une habitation unifamiliale de standing assez élevé, d'une surface utile de 230 m<sup>2</sup>. La puissance totale installée est de 18 kW.

Compte tenu du climat doux régnant dans ce pays, le chauffage est coupé la nuit.

### 3.9 Suède

La réponse suédoise contient les renseignements relatifs à 7 installations réparties depuis la côte sud à 55 degrés de latitude jusqu'au nord du pays à une latitude d'environ 65 degrés.

Il s'agit dans les sept cas d'habitations unifamiliales — maisons de rangée ou villas — de 85 à 160 m<sup>2</sup> utiles, à isolation thermique très poussée (k de l'ordre de 0,25 kcal/m<sup>2</sup> · h · °C pour les murs, double ou triple vitrage).

Un seul exemple fait appel au chauffage par poêles à accumulation. Dans les autres cas, il s'agit de chauffage direct par convecteurs ou par panneaux radiants à moyenne ou basse température. Les puissances installées sont de l'ordre de 5 à 12 kW par logement.

Pour les chauffages directs, la régulation se fait généralement pièce par pièce. Signalons que dans un des exemples cités (il s'agit en fait d'un ensemble de 58 villas à Skanör) une commande unique permet d'abaisser la température de consigne de tous les thermostats de la villa de 4 °C pendant la nuit.

### 3.10 Suisse

Les quatre installations signalées par la Suisse sont des installations de chauffage de locaux résidentiels par:

- Poêles à accumulation (chauffage d'une seule pièce);
- Panneaux radiants à basse température;
- Poêles à accumulation et convecteurs sans apport d'air frais;
- Chauffage central à eau chaude alimenté par un chauffe-eau électrique instantané.

Dans le dernier cas, il s'agit d'une maison unifamiliale de rangée, comportant sept pièces plus cuisine, salle de bain et cave, d'un volume total de 570 m<sup>3</sup>. La puissance installée est de 30 kW. Il n'y a aucune isolation spéciale. La régulation est centrale, avec sonde extérieure.

## 4. Facteurs importants influençant les comparaisons internationales

### 4.1 Puissance installée

La puissance installée en chauffage doit être suffisante pour compenser à tout moment et notamment dans les circonstances climatologiques les plus rigoureuses:

- Les déperditions de chaleur par transmission au travers des parois;
- Les déperditions de chaleur par ventilation (naturelle ou forcée).

De plus, en cas de génération de chaleur limitée dans le temps (chauffages intermittents et chauffages à accumulation), l'installation devra être à même de fournir en outre les quantités de chaleur nécessaires à la mise en régime thermique plus ou moins rapide du bâtiment ou des accumulateurs.

Les très nombreux facteurs et paramètres qui interviennent — explicitement ou implicitement — dans le calcul de la puissance installée peuvent se répartir en facteurs liés:

- aux conditions de confort souhaitées;
- aux caractéristiques constructives du bâtiment;
- aux conditions climatologiques;
- aux régimes de fonctionnement de l'installation.

#### 4.1.1 Conditions de confort souhaitées

Le niveau de confort thermique souhaité qui se traduit par les valeurs de températures de l'air intérieur, de température moyenne des parois, de taux de renouvellement d'air, etc., influencera fortement la puissance à installer dans chaque local. Globalement, pour un logement entier, il y aura lieu de tenir compte de la répartition des températures souhaitées suivant la destination des différentes pièces.

Si l'enquête fait ressortir une certaine homogénéité dans les niveaux de température intérieure souhaitée pour la pièce de séjour (20 à 22 °C), il n'en est plus de même pour les autres pièces pour lesquelles la température nominale varie entre 20 et 10 °C.

#### 4.1.2 Caractéristiques constructives du bâtiment

Parmi les caractéristiques constructives du bâtiment, nous pouvons ranger les paramètres liés:

- A la *composition des parois*: coefficients de transmission thermique des différents éléments de parois et surfaces de ces éléments, sections d'infiltration, coefficients d'émission de rayonnement interne et externe, etc.
- A la *géométrie du bâtiment*: rapport surface-volume, rapport baies-pleins des façades, forme et importance des toitures, importance des cloisonnements intérieurs, etc.
- Au *voisinage*: locaux ou bâtiments contigus chauffés ou non, nombre de parois extérieures, écrans de rayonnement et de vent, etc.
- A l'*orientation et à l'exposition*.

Pour une première et grossière comparaison, les coefficients de transmission moyen des murs extérieurs et des fenêtres fourniront des indications précieuses. C'est ainsi que nous pouvons extraire des réponses reçues les valeurs suivantes adoptées pour les installations de chauffage électrique décrites (Tableau I).

Tableau I

	Coefficient de transmission k kcal/m <sup>2</sup> · h · °C	
	murs	fenêtres
Allemagne . . . . .	0,5...1,0	2,5
Belgique . . . . .	0,3...0,8	2,7...3,1
Danemark . . . . .	0,2...0,3	1,8...3,0
France . . . . .	1,5	4,5 <sup>(1)</sup>
Grande-Bretagne . . . . .	0,8...1,3	—
Grèce . . . . .	1,7	—
Pays-Bas . . . . .	0,4...1,7	2,7...7
Suède . . . . .	0,23...0,36	1,6...2,5

<sup>1)</sup> Installation à accumulation.

Ces valeurs qui, rappelons-le, sont les valeurs adoptées dans les exemples cités en réponse à l'enquête, ne constituent pas nécessairement les valeurs optimales des cas considérés.

On remarquera toutefois la tendance très nette au choix d'isolations de plus en plus poussées lorsque le climat devient plus rude:

Vitrages simples (k de l'ordre de 5 à 7) et murs non isolés (k de l'ordre de 1 à 2) dans les pays du Sud;

Vitrages doubles (k environ 3) et murs moyennement isolés (k de 0,5 à 1) en Allemagne, Belgique, France, Grande-Bretagne et Pays-Bas;

Vitrages triples (k de l'ordre de 1,6 à 1,8) et murs très isolés (k de 0,2 à 0,3) dans les pays scandinaves.

#### 4.1.3 Conditions climatiques

Les conditions climatiques seront caractérisées notamment par:

- La température extérieure moyenne minimale;
- La vitesse moyenne ou la fréquence des vents;
- Les précipitations;
- Le nombre d'heures d'insolation.

Si les trois premiers facteurs conditionnent directement l'importance des déperditions maximales, le dernier paramètre interviendra — de par son influence favorable mais aléatoire — uniquement dans l'estimation des consommations, et non en général dans le calcul de la puissance installée.

Les renseignements détaillés recueillis ne permettent guère d'établir des comparaisons globales valables, sauf peut-être en ce qui concerne les températures extérieures dont il est tenu compte pour le dimensionnement des installations:

	°C
Allemagne	— 12 à — 18
Belgique	— 10 à — 15
Danemark	— 12
France	— 4 à — 12
Grande-Bretagne	— 0 à — 3
Pays-Bas	— 10 à — 12
Suède	— 12 à — 23

#### 4.1.4 Régime de fonctionnement de l'installation

La valeur de la puissance installée sera influencée par la durée des éventuelles interruptions ou réductions du chauffage ainsi que par la rapidité de remise en régime thermique souhaitée.

En particulier, en cas de chauffage par accumulation, le rapport entre la puissance installée et les déperditions horaires maximales dépendra directement de la durée de mise hors tension des appareils.

Le nombre de renseignements recueillis au cours de cette enquête ne permet pas d'établir de corrélations précises. Toutefois, on peut constater que si, pour les installations de chauffage direct, ce rapport est voisin de l'unité, il ne dépasse guère 2 pour les installations à accumulation signalées, même avec un nombre d'heures de charge de l'ordre de 8 h/jour.

#### 4.2 Consommation

La consommation annuelle d'une installation de chauffage dépendra de plusieurs éléments liés:

- Aux *conditions climatiques*:
  - Evolution de la température extérieure;

- Insolation;
- Régime de vents et de précipitations.

b) Au mode d'occupation:

- Réglage des thermostats (régime de température intérieure) au cours de la période;
- Apports de chaleur gratuite due à l'occupation <sup>2)</sup>.

c) Aux caractéristiques de l'installation:

- Déperditions horaires ramenées à un écart de température unitaire;
- Précision du système de régulation.

L'évolution de la température extérieure sera caractérisée par la notion de *degrés-jours* qui représente, en fait, l'intégrale, au cours de la saison de chauffage, de l'écart entre une température intérieure de base et la température extérieure moyenne diurne. Afin de tenir compte dans une certaine mesure des chaleurs gratuites résultant de l'insolation et de l'occupation, le calcul des degrés-jours s'effectue:

- En adoptant une température de base intérieure ( $T_i$ ) fictive inférieure aux températures réelles;
- En ne comptant que les jours où la température extérieure moyenne est restée inférieure (éventuellement pendant un certain nombre de jours) à une température extérieure de référence  $T_e$  (température extérieure à partir de laquelle l'installation de chauffage est mise en service).

Tableau II

	Températures de référence pour le calcul des degrés-jours	
	$T_i$ °C	$T_e$ °C
Allemagne . . . . .	19	12
Belgique . . . . .	15	15
Danemark . . . . .	17	17
France . . . . .	15	15
Grande-Bretagne . . . . .	15,6	15,6
Grèce . . . . .	18	18
Pays-Bas . . . . .	17	17
Portugal . . . . .	15	15
Suède <sup>3)</sup> . . . . .	17	17

<sup>3)</sup> En Suède, on utilise de plus en plus des degrés-jours calculés sur la base 20/20, lorsque les «free heats» sont chiffrés séparément.

Les températures de référence intérieure et extérieure choisies diffèrent assez largement d'un pays à l'autre.

La conversion précise des degrés-jours d'une base à une autre implique la connaissance de la courbe d'évolution de température et l'exécution de calculs numériques assez longs.

A titre d'orientation, le tableau comparatif du Tableau III indique les degrés-jours moyens de quelques pays, convertis approximativement dans la base 15/15.

Tableau III

Portugal (Lisbonne) . . . . .	400
Grèce (Athènes) . . . . .	920
France . . . . .	1000...2500
Grande-Bretagne . . . . .	1800...3500
Belgique . . . . .	2000...2300
Allemagne . . . . .	2000...3000
Pays-Bas . . . . .	2300...2800
Danemark . . . . .	2600
Suède . . . . .	2600...6000

<sup>2)</sup> Ces apports résultent de la présence humaine, de l'éclairage, de l'emploi d'appareils électroménagers, etc. Ils forment, avec les apports de chaleur par insolation, les «free heats» ou quantités de chaleur gratuites qui viennent en déduction de la quantité totale de chaleur à fournir pour autant que le système de régulation rende leur valorisation possible en agissant rapidement et avec suffisamment de précision.

Tableau IV

Type de chauffage	Nombre de cas	Puissance installée par unité de volume chauffé (kW par 100 m <sup>3</sup> )		
		Minimum	Moyen	Maximum
Direct avec ventilation centrale . . . . .	26	2,4	3,1	5,0
Direct sans ventilation . . . . .	22	2,1	4,0	6,6
Accumulation . . . . .	11	3,6	6,1	8,3
Mixte (accumulation + direct) . . . . .	16	2,7	6,2	10,4

Il est à noter que des écarts importants peuvent se produire par rapport à ces chiffres moyens, notamment par suite de circonstances locales (altitude, exposition au vent, etc.).

### 5. Puissances installées et consommations des installations de chauffage électrique intégral

En analysant l'ensemble des réponses reçues au questionnaire, on remarque que les *puissances installées* pour le chauffage résidentiel varient relativement peu d'un cas à l'autre et d'un pays à l'autre. Le tableau ci-dessous, où la puissance est rapportée au volume chauffé, en est une illustration (Tableau IV).

Ce tableau a été dressé à partir des indications reçues de neuf pays différents pour des installations dont le degré d'isolation a été indiqué au paragraphe 4. Notons que deux installations belges, dans des immeubles non isolés, conduisent à des puissances de 12,3 et 17,7 kW/100 m<sup>3</sup> pour des chauffages mixtes.

Si les écarts entre valeurs maximales et minimales peuvent sembler importants, il n'y a pas lieu de s'en étonner. Plusieurs facteurs tels que l'isolation thermique plus ou moins poussée, l'écart de température considéré dans le calcul des déperditions, la situation abritée ou exposée de l'habitation, le type de construction (villa, appartement, etc.), le coefficient de sécurité adopté par l'auteur du projet, les puissances nominales des appareils existant sur le marché et bien d'autres encore, justifient pleinement ces écarts.

Le nombre restreint d'exemples considérés n'a pas permis d'établir une corrélation plus poussée où il serait tenu compte de certains de ces facteurs.

Si les renseignements d'origine belge sont les plus nombreux (plus de la moitié des cas), il semble bien toutefois que tous les pays se placent dans la même gamme de puissances unitaires. A titre d'exemple, citons sept installations suédoises de chauffage direct sans ventilation allant de 2,8 à 4,6 kW par 100 m<sup>3</sup>, la température extérieure plus rigoureuse étant compensée par une isolation plus poussée.

En ce qui concerne les *consommations*, il est encore plus difficile de tirer des conclusions. En effet:

- Les consommations de chauffage sont rarement mesurées séparément;
- La période à laquelle elle se rapporte n'est souvent pas suffisamment précisée;
- Les comparaisons nécessitent une conversion rigoureuse des degrés-jours, ce qui implique la connaissance de l'évolution journalière des températures extérieures;
- Le régime de fonctionnement (évolution de la température intérieure) devrait être précisé, voire même mesuré;

e) L'influence du séchage du bâtiment pendant la première saison de chauffe (où d'importantes surconsommations peuvent se produire) devrait être mise en évidence.

Si l'on disposait de ces divers renseignements pour un plus grand nombre d'installations, il serait peut-être possible de tirer des conclusions — statistiques — montrant la plus

ou moins grande répercussion des différents facteurs sur les consommations. Ceci pourrait être une des tâches futures du Groupe de travail.

#### Adresses des auteurs:

L. Gillain, Directeur des Sociétés Réunies d'Énergie du Bassin de l'Escaut Bruxelles.

G. Van Dijk, Directeur de l'Union des Exploitations Électriques en Belgique, Bruxelles.

## Etude de l'isolation thermique

Par L. Autesserre, Paris

621.365:699.86

### Avant-propos

Comme le faisait ressortir en France, M. Pierre Ailleret, dans un éditorial de la *Revue Générale de Thermique*, consacré à l'optimisation de l'isolation thermique, le chauffage des locaux absorbe dans le monde près du quart de l'énergie primaire.

C'est dire l'importance économique de l'isolation thermique, quel que soit le mode de chauffage employé et quelle que soit l'énergie utilisée.

Toutefois, le compromis optimal entre la dépense de renforcement de l'isolation thermique des constructions et la dépense actualisée de chauffage est différent selon la source d'énergie et le mode de chauffage, et les calculs d'optimisation conduisent inévitablement à des isolations d'autant plus poussées que le prix spécifique de l'énergie est élevé.

Jusqu'à ce jour, la recherche de cet optimum a pratiquement été négligée, car les différentes dépenses intervenant pour son calcul n'intéressent pas toutes directement les mêmes personnes. Les frais d'investissements retiennent l'attention des promoteurs, des architectes et des futurs propriétaires, tandis que les consommations d'énergie et les dépenses de chauffage sont supportées par les acheteurs, locataires et consommateurs.

En outre, ces calculs font toujours appel à des notions de taux d'intérêt et de durée d'amortissement d'emploi toujours délicat et sujettes à discussions.

Il est sans nul doute possible et souhaitable de voir se généraliser, dans un avenir assez proche, ces calculs d'optimisation pour lesquels une meilleure connaissance des techniques et des prix est nécessaire.

C'est dans ce but qu'a été lancée, auprès des onze pays représentés au Groupe de travail du Chauffage Électrique de l'UNPEDE, l'enquête sur les problèmes d'isolation thermique.

Cette enquête a porté sur les matériaux isolants les plus couramment employés, sur les techniques de mise en œuvre dans les réalisations existantes ou en projet et sur leur contrôle et leur réglementation.

### Questionnaire et réponses

Les 10 questions posées étaient les suivantes:

- 1° Quels sont les matériaux isolants les plus employés dans votre pays?
- 2° L'emploi d'éléments de construction préfabriqués incorporant l'isolation est-il répandu? Quelles sont les propriétés de ces éléments préfabriqués?
- 3° Qui effectue la mise en place de l'isolation? L'entrepreneur général; Des entrepreneurs en isolation thermique agréés par le distributeur; L'installateur des appareils de chauffage.

- 4° Qui contrôle la mise en place de l'isolation? Le distributeur d'électricité; L'architecte; Un organisme spécialisé (dans ce dernier cas, préciser son fonctionnement et ses responsabilités).
- 5° La qualité de cette mise en place et celle des matériaux est-elle garantie? Si oui, par qui et selon quelles modalités?
- 6° Quelles techniques employez-vous pour isoler efficacement des bâtiments existants? Avez-vous obtenu des résultats satisfaisants en ce domaine? Si oui, pouvez-vous décrire quelques cas?
- 7° Existe-t-il dans votre pays un guide-code de bonne pratique pour l'isolation thermique (et acoustique)? Existe-t-il des normes en ce domaine?
- 8° Les caractéristiques des matériaux isolants sont-elles contrôlées? Si oui, par qui? Notamment, existe-t-il dans votre pays un organisme officiel qui effectue ce contrôle?
- 9° Quels sont, de manière générale, les ennuis et inconvénients rencontrés en matière d'isolation thermique?
- 10° Existe-t-il dans votre pays des lois ou règlements imposant (quel que soit le mode de chauffage) lorsqu'on entreprend une construction nouvelle, un minimum d'isolation thermique? Si oui, quel est ce niveau minimum? La tarification accordée au client chauffage électrique ou l'éventuelle participation du distributeur dans les frais de renforcement du raccordement sont-elles fonction du degré d'isolation thermique de l'habitation? Si oui, quel est le degré d'isolation thermique exigé? Donnez, le cas échéant, les conditions tarifaires ou les modalités de raccordement d'application avec et sans isolation.

Tous les pays consultés, Allemagne, Belgique, Danemark, France, Grande-Bretagne, Grèce, Italie, Pays-Bas, Portugal, Suède, Suisse, ont répondu à toutes les questions, à peu de chose près. Nous commentons ci-dessous l'ensemble des réponses à chacune des questions.

### Commentaires

1° De l'ensemble des réponses, il ressort que les matériaux isolants employés sont:

- Les isolants à fibres minérales;
- Les isolants à fibres végétales;
- Les isolants expansés;
- Les bétons légers autoclavés, etc.

soit pratiquement toute la gamme des fabrications actuellement connues sur le marché de l'isolation thermique.

Le choix d'un isolant dans cette gamme doit néanmoins être fait en tenant compte, non seulement de ces performances thermiques, mais aussi de ses autres qualités (mécaniques, chimiques). Il convient, par exemple, d'éviter l'em-



Pays	Danemark	Angleterre et Pays de Galles	Ecosse	Suisse	Allemagne	Pays-Bas
Valeurs de $k$ exprimées en kcal/h · m <sup>2</sup> · °C						
Toits	—	1,2	1,0	—	—	—
Plafonds	0,4	—	—	—	—	—
Planchers	0,4	1,2	1,0	—	—	—
Murs légers	0,5	1,5	1,5	1,0	—	—
Murs épais	0,85	—	—	—	—	—
Fenêtres	2,7	—	—	—	—	—
Portes	2,7	—	—	—	—	—
Murs et vitres	—	—	2,1	—	—	—
Référence des normes et règlements en vigueur		Building Regulations 1965 — n° 1373 H.M.S.O. part. F	Building Standards 1963 (Ecosse)		Din 4108	Normes Nen 1068 et 1070

ploi des isolants à fibres dans le cas où l'isolation aura à supporter des charges importantes ou de vérifier la résistance à la compression des isolants (matériaux expansés notamment) s'il est envisagé de les utiliser pour les dalles flottantes ou les terrasses.

Peu de réponses traitent des vitrages multiples qui constituent une branche très particulière de «matériaux isolants» et qui pourront faire l'objet d'une étude complémentaire.

2° L'emploi d'éléments de construction préfabriqués avec isolation incorporée qui apporte l'avantage de la rapidité de mise en œuvre se révèle comme étant très répandu en Suisse, au Danemark, en Suède, en Grande-Bretagne, et en voie de développement en Italie et en Allemagne.

Cette technique de construction, qui est susceptible de se généraliser et de s'étendre à tous les pays, peut apporter beaucoup d'améliorations à l'isolation thermique des immeubles. Comme dans le cas des constructions classiques, l'élément isolation doit être correctement dimensionné.

Les caractéristiques de ces éléments ne sont mentionnées dans aucune réponse.

L'isolation incorporée présente l'avantage d'être probablement plus soignée et plus homogène. En contrepartie, le procédé de pose entraîne la nécessité d'une ossature qui, dans l'état actuel des techniques, constitue presque toujours d'importants ponts thermiques.

3° C'est l'entrepreneur général qui semble presque partout effectuer la mise en place de l'isolation thermique.

Il n'est pas précisé qu'il ait ou non l'agrément du distributeur.

Pour les cas particuliers d'intervention après construction, dans tous les pays il est fait appel à des entreprises spécialisées (par exemple: injection de mousse plastique entre éléments de murs, constructions existantes).

Il est souhaitable que l'activité de ces spécialistes puisse s'étendre à l'isolation des constructions neuves.

4° Le contrôle et la mise en place de l'isolation sont assurés dans tous les pays par l'architecte. Dans certains cas, le distributeur d'énergie ou l'installateur de chauffage interviennent dans ce contrôle.

On peut en déduire que l'intervention de ces derniers a pour but de compenser l'incompétence éventuelle de l'archi-

tecte. Il semble souhaitable qu'un organisme spécialisé procède à des visites pendant les travaux en vue de délivrer un certificat de contrôle d'exécution après achèvement de la construction.

5° Dans la plupart des pays, la seule garantie attachée à l'isolation thermique est celle du fabricant relative à la qualité des matériaux. Les points les plus délicats tels que le choix judicieux de ces matériaux et les soins apportés à leur mise en œuvre ne font l'objet d'aucune garantie sérieuse.

Un certificat de contrôle d'exécution tel qu'indiqué en 4° pourrait constituer un gage de garantie valable.

6° En ce qui concerne le cas particulier des bâtiments existants, les méthodes préconisées tendent toutes vers les améliorations énumérées ci-dessous:

- Isolation de la toiture ou du grenier;
- Amélioration de l'étanchéité des portes et fenêtres;
- Pose de doubles vitrages lorsque les châssis existants le permettent;
- Remplissage isolant entre murs et revêtements intérieurs lorsqu'un vide est aménagé entre eux -ci;
- Doublage des murs par des panneaux de revêtement intérieur, isolants s'il y a lieu;
- isolation sous plancher lorsque celui-ci est sur cave ou vide sanitaire accessible;
- Fermeture des cheminées.

7° Peu de pays possèdent des guides de bonne pratique concernant l'isolation thermique et acoustique, susceptibles d'aider les architectes et les entrepreneurs de génie civil.

Les fabricants de matériaux d'isolation de leur côté ont, dans la plupart des pays, publié des guides destinés à conseiller le choix et la mise en œuvre de leurs produits.

8° Dans l'ensemble des pays consultés, les fabricants font «reconnaître» les caractéristiques de leurs matériaux d'isolation par des laboratoires officiels ou éminemment compétents.

Il serait souhaitable que les procédés de mesure et les conditions dans lesquelles sont définies les valeurs du coefficient  $k$  fassent l'objet de normes internationales bien étudiées.

9° Il ressort de l'enquête que les ennuis et inconvénients signalés par les divers pays en matière d'isolation thermique ont eu pour causes principales:

- Le mauvais choix de matériaux d'isolation;
- Le dimensionnement insuffisant des matériaux, soit par économie, soit par ignorance de leurs caractéristiques ou l'absence de calculs;
- Les négligences et mauvais traitements à propos du stockage, des manutentions et de la mise en œuvre des matériaux d'isolation, l'insuffisance des dispositions prises pour éviter ou réduire les ponts thermiques;
- L'absence d'écrans pare-vapeur ou la mauvaise mise en œuvre de ceux-ci.

En résumé, la plupart des ennuis proviennent d'une méconnaissance du problème et du manque de soin apporté par le personnel chargé des travaux d'isolation.

10° Certains pays sont dotés de normes réglementant l'isolation thermique des habitations et fixant les valeurs de  $k$  des parois.

Nous les résumons dans le tableau ci-dessous:

Il y a en France, pour les constructions financées par l'Etat ou avec l'aide de l'Etat, une amorce de réglementation con-



cernant le  $k$  des toitures et des murs pignons des bâtiments d'habitation (Notice technique du C.S.T.B. du 1<sup>er</sup> décembre 1958, titre V, 3<sup>o</sup>).

En général, la tarification appliquée au chauffage électrique est indépendante de la qualité de l'isolation thermique des immeubles. Dans la plupart des pays, le distributeur se contente de déconseiller le chauffage électrique dans les habitations insuffisamment isolées.

Une exception est à noter en Allemagne où la RWE applique une tarification spéciale chauffage lorsque l'isolation thermique est particulièrement soignée: 3,8 Pf/kWh au lieu de 5,0 Pf/kWh.

### Conclusions

Tous les spécialistes des pays représentés à l'UNPEDE ont parfaitement pris conscience de l'importance des problèmes d'isolation thermique et reconnaissent celle-ci indispensable pour les locaux chauffés à l'électricité. Il n'en est malheureusement pas toujours de même des architectes et des constructeurs, bien qu'il soit prouvé que les installations de chauffage électrique non satisfaisantes l'ont été dans la presque totalité des cas par suite d'une mauvaise conception ou d'une mauvaise réalisation de l'isolation thermique.

Un gros travail d'information et de conversion reste donc à faire et selon nous il convient notamment de:

- Souligner que l'«isolation naturelle» des constructions a tendance à diminuer avec l'évolution moderne de l'architecture (augmentation des surface vitrées, immeubles à murs-rideaux notamment);
  - Généraliser les calculs d'optimisation, sans cacher qu'ils ne sont ni précis, ni définitifs; par exemple, une baisse du prix des isolants peut résulter de la généralisation de leur emploi et déplacer les optima dans le sens favorable à l'isolation;
  - Faire également ressortir que les premiers centimètres d'isolant sont néanmoins les plus rentables. Ceci peut permettre de faire accepter aux architectes réticents la réalisation d'isolations assez loin de l'optimum économique, mais correspondant à des constructions nettement améliorées sur le plan du confort thermique;
  - Eclairer le mieux possible les architectes et les constructeurs sur les problèmes généraux d'isolation car l'isolation thermique, si elle améliore toujours le confort en supprimant les effets de parois froides, ne résout pas toujours tous les problèmes d'acoustique des bâtiments d'habitation, ces problèmes étant plus généralement sous la dépendance de la loi de masse.
  - Outre ce travail d'information, il conviendra parallèlement de préparer une réglementation. Malheureusement, qui dit réglementation dit mesures et vérifications et les grandeurs physiques représentatives des déperditions ou de l'isolation des éléments d'une construction se prêtent difficilement aux simplifications indispensables à la vulgarisation.
- Il est toutefois possible de définir la «qualité thermique» des locaux à chauffer par un coefficient  $G$  caractéristique des déperditions globales spécifiques (parois + renouvellement d'air).

Ce coefficient  $G$  est le rapport des déperditions totales au produit du volume à chauffer par l'écart maximal des températures extérieure et intérieure

$$G = \frac{D}{V \times \Delta t}$$

Ce coefficient n'a pas de véritable sens physique, mais il a le mérite de la commodité d'emploi et pourra se prêter facilement à une réglementation ou même une normalisation.

En attendant, il nous semble qu'il convient d'envisager les initiatives telles que la diffusion de codes de bonne pratique d'isolation ou des vérifications pratiques sur les chantiers d'isolation en cours ou terminés (en allant même peut-être jusqu'à la délivrance de certificats par des autorités compétentes de contrôle).

Il semble également souhaitable d'encourager la spécialisation, tant en ce qui concerne les entreprises de travaux que les techniciens des maîtres d'œuvre. Une réglementation et des vérifications analogues pourront être prévues pour les éléments de construction préfabriqués, le contrôle commençant à s'exercer en usine sur les éléments et se terminant après leur mise en place sur le chantier, comme pour une construction classique.

Il convient donc de ne pas se dissimuler l'ampleur de la tâche qui reste à accomplir dans le domaine de l'isolation thermique, mais l'intérêt manifesté par les différents pays à notre enquête n° 2 et la qualité des réponses détaillées qui nous sont parvenues sont les meilleurs garants des progrès sérieux à escompter dans le proche avenir.

### Adresse de l'auteur:

L. Autesserre, Chef du Département Applications de l'Electricité, Direction des Etudes et Recherches, Electricité de France, Paris.

### Erratum

Dans le n° 22 des «Pages de l'UCS», la légende de la figure à la page B 275 a été oubliée, de même que les chiffres de la classification décimale. Nous complons ci-après cette lacune et présentons nos excuses aux lecteurs.

La rédaction

### Légende

#### Développement de la production mondiale d'énergie

- 1 Energie hydraulique et nucléaire
- 2 Gaz naturel
- 3 Pétrole
- 4 Charbon et lignite
- 5 Production totale

#### Classification décimale

Etienne: Les ressources mondiales en énergie 620.92(100)

Siegrist: Regards sur l'économie énergétique de la Suisse 620.9(494)(042)

## Construction d'usines

### L'inauguration de la centrale d'Aarberg des Forces Motrices Bernoises S.A. (FMB)

Dans la salle des machines de cette nouvelle centrale décorée aux couleurs cantonales, le président du conseil d'administration des FMB, W. Siegenthaler, put souhaiter la bienvenue pour l'inauguration à plus de 100 hôtes, le 30 septembre 1968. La réception solennelle fut prononcée par le président du gouvernement bernois, H. Huber, qui constata que toutes les prescriptions des autorités ont été respectées lors de la construction de la centrale et que la sécurité d'exploitation des installations était garantie. Des recherches spécialement étendues avaient été nécessaires pour l'étude de l'influence de la centrale sur la nappe phréatique. Afin de compenser les éventuelles suites préjudiciables de l'approfondissement du canal de Hagneck qui permet un gain de chute de 3 m, une alimentation artificielle de la nappe souterraine qui est encore en cours dut être prévue.

Le président de direction des FMB, H. Dreier, qui s'adressa en troisième lieu à l'assemblée en fête, mit l'accent sur le fait qu'il avait fallu des raisons spéciales, vu la concurrence des centrales nucléaires, pour construire la centrale d'Aarberg. Celle-ci forme une unité avec la centrale de Niederried-Radelfingen, inaugurée il y a 5 ans, et avec l'ancienne installation de Kallnach. Les deux



Vue de la centrale d'Aarberg

nouvelles centrales sont commandées à distance de Kallnach. La production moyenne totale de cette chaîne de centrales se monte à 206 GWh par an et le prix de revient de l'énergie est de 2,7 cts/kWh.

Le vice-président du conseil communal d'Aarberg, *Liechti*, s'est associé lors du goûter suivant aux paroles de remerciements adressées de toute part à ceux qui ont participé à l'œuvre.

La centrale d'Aarberg dont la conformation des constructions et des machines laisse une excellente impression, exploite par deux turbines Kaplan de 10 000 CV chacune un débit maximum

de  $170 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  sous une chute de 10 m. L'énergie produite, en année moyenne, de 69 GWh dont 22 GWh en hiver, est évacuée par le réseau à moyenne tension des FMB. Les frais d'établissement de la centrale construite pendant les années 1963—1968 s'élevaient à 55 millions de francs. Par la centrale d'Aarberg, les FMB ont terminé l'équipement des forces hydrauliques de l'Aar entre Berne et le lac de Bienne. Sur ce tronçon, 4 centrales des FMB sont déjà en exploitation, à savoir Hagneck depuis 1900, Kallnach depuis 1913, Mühleberg depuis 1921 et Niederried-Radelfingen depuis 1963.

R/AE

## Communications de nature économique

### Mouvement d'énergie des CFF pendant le 2<sup>e</sup> trimestre 1968

Production et consommation	2 <sup>e</sup> trimestre 1968 (avril — mai — juin)					
	1968			1967		
	GWh	en % du total	en % du total général	GWh	en % du total	en % du total général
<b>A. Production des usines des CFF</b>						
Usines d'Amsteg, Ritom, Vernayaz, Barberine, Massaboden et usine auxiliaire de Trient						
Production totale (A) . . . . .	180,5		45,3	204,1		49,5
<b>B. Achats d'énergie</b>						
a) des usines en copropriété de l'Etzel, Rapperswil-Auenstein, Göschenen, Electra-Massa et Vouvry . . . . .	135,6	62,3	34,2	129,8	62,4	31,5
b) d'usines appartenant à des tiers (Miéville, Mühleberg, Spiez, Gösgen, Lungernsee, Seebach, Küblis, Linth-Limmern, convertisseur de fréquence à Rapperswil et Chemin de fer fédéral allemand) . . . . .	82,1	37,7	20,5	78,4	37,6	19,0
Achats totaux (B) . . . . .	217,7	100,0		208,2	100,0	
Total général de la production et des achats d'énergie (A + B) . . . . .	398,2		100,0	412,3		100,0
<b>C. Consommation</b>						
a) Energie consommée pour la traction au sortir de la sous-station . . . . .	326,3		82,0	322,4		78,2
b) Energie employée à d'autres usages propres . . . . .	4,8		1,2	5,1		1,2
c) Energie fournie à des chemins de fer privés et à d'autres tiers . . . . .	13,3		3,3	15,7		3,8
d) Exploitation de la pompe à moteur triphasé Etzel . . . . .	—		—	—		—
e) Fourniture d'énergie en excédent . . . . .	10,2		2,6	23,6		5,7
f) Energie consommée par les usines et les sous-stations, ainsi que pertes de transport . . . . .	43,6		10,9	45,5		11,1
Consommation totale (C) . . . . .	398,2		100,0	412,3		100,0

# Prix moyens sans garantie

le 20 du mois

## Métaux

		août	Mois précédent	Année précédente
Cuivre (fils, barres) <sup>1)</sup>	fr./100 kg	465.—	450.—	472.—
Etain (Banka, Billiton <sup>2)</sup> )	fr./100 kg	1335.—	1350.—	1456.—
Plomb <sup>1)</sup>	fr./100 kg	119.—	119.—	111.—
Zinc <sup>1)</sup>	fr./100 kg	125.—	127.—	125.—
Aluminium en lingot pour conducteurs électriques 99,5 % <sup>3)</sup>	fr./100 kg	230.—	230.—	230.—
Fer barres, profilés <sup>4)</sup>	fr./100 kg	58.80	58.80	58.80
Tôles de 5 mm <sup>4)</sup>	fr./100 kg	48.—	48.—	48.—

<sup>1)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 50 t.

<sup>2)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 5 t.

<sup>3)</sup> Prix par 100 kg, franco gare destinataire, par quantité de 10 t et plus.

<sup>4)</sup> Prix franco frontière, marchandise dédouanée, par quantité d'au moins 20 t.

## Combustibles et carburants liquides

		août	Mois précédent	Année précédente
Benzine pure/Benzine éthylée	fr./100 l	51.95 <sup>1)</sup>	51.95 <sup>1)</sup>	53.— <sup>1)</sup>
Carburant Diesel pour véhicules à moteur	fr./100 kg	62.90 <sup>2)</sup>	62.90 <sup>2)</sup>	60.25 <sup>2)</sup>
Huile combustible légère	fr./100 kg	13.30 <sup>2)</sup>	13.60 <sup>2)</sup>	15.30 <sup>2)</sup>
Huile combustible moyenne (III)	fr./100 kg	10.30 <sup>2)</sup>	10.60 <sup>2)</sup>	11.40 <sup>2)</sup>
Huile combustible lourde (V)	fr./100 kg	7.60 <sup>2)</sup>	7.90 <sup>2)</sup>	10.— <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Prix citerne pour consommateurs, franco frontière suisse Bâle, dédouané, ICHA compris, par commande d'au moins 1 wagon-citerne d'environ 15 t.

<sup>2)</sup> Prix pour consommateurs franco Bâle-port, dédouané. ICHA non compris.

## Charbons

		août	Mois précédent	Année précédente
Coke de la Ruhr I/II <sup>1)</sup>	fr./t	128.—	126.—	126.—
Charbons gras belges pour l'industrie				
Noix II <sup>1)</sup>	fr./t	84.50	84.50	84.50
Noix III <sup>1)</sup>	fr./t	80.50	80.50	80.50
Fines flambantes de la Sarre <sup>1)</sup>	fr./t	84.50	84.50	84.50
Coke français, nord (franco Genève)	fr./t	145.40	145.40	145.40
Coke français, Loire (franco Genève)	fr./t	132.40	132.40	132.40
Charbons flambants de la Lorraine				
Noix I/II <sup>1)</sup>	fr./t	94.50	94.50	94.50
Noix III <sup>1)</sup>	fr./t	94.50	94.50	94.50
Noix IV <sup>1)</sup>	fr./t	90.50	90.50	90.50
Charbons flambants de la Pologne				
Noix III/IV <sup>2)</sup>	fr./t	70.—	70.—	70.—
Fines flambantes <sup>2)</sup>	fr./t	64.—	64.—	64.—

<sup>1)</sup> Tous les prix s'entendent franco Bâle, marchandise dédouanée, pour livraison par wagons entiers à l'industrie.

<sup>2)</sup> Prix moyens contractés à l'industrie, wagon franco Bâle.

# Données économiques suisses

(Extraits de «La Vie économique» et du «Bulletin mensuel de la Banque Nationale Suisse»)

N°		Août	
		1967	1968
1.	Importations . . . . . (janvier-août) . . . . . Exportations . . . . . (janvier-août) . . . . .	en 10 <sup>6</sup> fr. { 1 389,3 (11 730,8) 1 046,2 (9 534,4)	
2.	Marché du travail: demandes de places . . . . .	317	320
3.	Index du coût de la vie <sup>1)</sup> . . . . . sept. 1966 = 100 août 1939 = 100	104,7 (236,5)	106,0 (239,4)
	Index du commerce de gros <sup>1)</sup> . . . . . moyenne 1963 = 100	104,3	103,5
	Index de gros des porteurs d'énergie ci-après:		
	combustibles solides . . . . .	104,9	105,4
	gaz (pour l'industrie) 1963 = 100	102,4	102,4
	énergie électrique . . . . .	108,9	109,5
4.	Permis délivrés pour logements à construire dans 65 villes . . . . . (janvier-août) . . . . .	1 148 (13 514)	1 793 (15 850)
5.	Taux d'escompte officiel . . . %	3,0	3,0
6.	Banque Nationale (p. ultimo)		
	Billets en circulation . . 10 <sup>6</sup> fr.	10 121,3	10 785,7
	Autres engagements à vue 10 <sup>6</sup> fr.	2 882,9	3 224,0
	Encaisse or et devises or 10 <sup>6</sup> fr.	13 742,1	12 709,6
	Couverture en or des billets en circulation et des autres engagements à vue . . . . . %	94,60	81,21
7.	Indices des bourses suisses	31.8.67	30.8.68
	Obligations . . . . .	93,55	96,75
	Actions . . . . .	529,4	706,4
	Actions industrielles . . . . .	706,4	962,1
8.	Faillites . . . . .	56	77
	(janvier-août) . . . . .	(489)	(558)
	Concordats . . . . .	4	5
	(janvier-août) . . . . .	(51)	(62)
9.	Statistique du tourisme		
	occupation moyenne des lits existants, en % . . . . .	66	63
10.	Recettes d'exploitation des CFF seules		
	Recettes de transport voyageurs et marchandises . . . . .	en 10 <sup>6</sup> fr. {	
	(janvier-août) . . . . .	117,3 (908,9)	122,1 <sup>2)</sup> (918,8)
	Produit d'exploitation . . . . .	129,5 (1 006,0)	134,6 <sup>2)</sup> (1 017,0)

<sup>1)</sup> Conformément au nouveau mode de calcul appliqué par le Département fédéral de l'économie publique pour déterminer l'index général la base août 1939 = 100 a été abandonnée et remplacée par la base sept. 1966 = 100, pour le commerce de gros par la base 1963 = 100.

<sup>2)</sup> Chiffres approximatifs.

Rédaction des «Pages de l'UCS»: Secrétariat de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Bahnhofplatz 3, Zurich 1;

adresse postale: Case postale 8023 Zurich; téléphone (051) 27 51 91; compte de chèques postaux 80-4355;

adresse téléphonique: Electrunion Zurich. Rédacteur: A. Ebener, ingénieur.

Des tirés à part de ces pages sont en vente au secrétariat de l'UCS, au numéro ou à l'abonnement.