1990

SOLAIRE THERMIQUE ET STOCKAGE DE CHALEUR

Rapport de synthèse
sur les activités 1990 du programme de recherche

Chef de programme: P. Bremer

1. Objectifs

Le programme général 1988-1991 met l'accent sur les thèmes suivants:

Compléter l'acquis pour le transfert des connaissances.
Les nouveaux matériaux.
Les éléments de conception avancée ou nouvelle.
Les potentialités de la convection naturelle.

En 1990, plusieurs projets ont pu être menés à terme, notamment en ce qui concerne les capteurs sans couverture, et les règles de dimensionnement d'installations solaires avec ou sans stockage saisonnier.

Plusieurs projets ont souffert de retards importants dus à des événements imprévus lors de la construction des installations ou à des difficultés propres au sujet traité.

La nouvelle tâche de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) consacrée aux "Advanced Active Solar Energy Systems" est opérationnelle depuis janvier 1990.

2. Travaux effectués et résultats obtenus en 1990

Météorologie solaire

Dans le cadre des recherches de l'AIE, l'une des tâches est coordonnée par la Suisse et a pour but de déterminer les **techniques adéquates pour l'interpolation spatiale du rayonnement** à partir des réseaux nationaux, soit, en Suisse, le réseau ANEIZ de l'Institut suisse de Météorologie (ISM).

Le fichier des données, commun et normalisé, a été organisé à partir de 6 réseaux (CH, S, D, 3 x USA). Il englobe quelque 34'000 sommes journalières du rayonnement global, réparties sur 115 sites. La période couverte est d'un an en général. L'essentiel des travaux a été consacré à la validation des différents modèles (méthodes d'interpolation, satellites, hybrides). *Il s'avère que la méthode du "cokriegang" (proposée par la Suisse), en combinaison avec les informations satellitaires, donnera la meilleure estimation.* La rédaction du rapport final est en cours et son édition est prévue pour la fin juin 1991. Rappelons qu'il sera possible, grâce à ces nouvelles méthodes, d'envisager une mise à jour des données d'ensoleillement publiées dans METEONORM [1].

Le projet international, dévolu à l'établissement de **données météorologiques de référence** à l'attention des utilisateurs, est arrivé dans sa phase active: chaque pays participant (DK, N, S, CH, USA) construit une année de référence de démonstration à partir des mesures météorologiques multiannuelles d'une station. Ce travail se limite, pour l'instant, à la station ANETZ /Zürich-Kloten [2].

Un nouveau projet international, dont le début est envisagé en 1991, traitera le sujet des mesures du spectre solaire. Ces données seront utiles aux applications dont l'intensité de transformation énergétique dépend plus particulièrement de la longueur d'onde, **telles les conversions photovoltaïques et photochimiques**. Ces données intéressent aussi les aspects concernant l'éclairage naturel et les bilans énergétiques thermiques (infra-rouge). La participation de principe de la Suisse a été annoncée.

Dans notre rapport 1989, nous signalions l'aboutissement d'un projet NEFF sur l'application des **méthodes stochastiques pour la génération synthétique** de valeurs horaires du rayonnement global et de la température de l'air. *Une première application de ces méthodes a été la réduction des données météorologiques sur 9 ans de 30 stations du réseau ANEIZ.* Celles-ci ont été choisies en fonction des 16 régions d'ensoleillement définies dans la publication METEONORM. Ainsi, quelque 3,5 millions de données horaires du rayonnement et de la température ont pu être condensées sur une seule disquette pour micro-ordinateur. En redéveloppant ces paramètres statistiques par des algorithmes appropriés, des séries temporelles synthétiques de ces données météorologiques peuvent être générées. Une première

application pratique serait l'optimisation de la surface de panneaux photovoltaïques et de la puissance de l'onduleur pour une installation raccordée au réseau électrique [3].

Composants

Le nouveau **stand d'essai de capteurs du Laboratoire solaire de l'ETS-Rapperswil** a pu être inauguré officiellement le 16 mai 1990.

L'expérience pratique opérationnelle acquise jusqu'à ce jour confirme les espoirs mis dans la conception entièrement automatisée de la prise des mesures. En quelques jours, toutes les caractéristiques d'un capteur peuvent être déterminées. Les paramètres descriptifs sont mesurés selon la norme internationale ISO DP 9806. Ils remplaceront progressivement ceux définis par la norme suisse aujourd'hui périmée.

Outre cette activité "officielle", les travaux à long terme concernant la durée de vie des capteurs se poursuivent normalement dans le cadre de l'AIE. Certains arriveront à terme au cours de 1991. C'est le cas, p. ex., des essais sur les couvertures transparentes, pour lesquelles une riche banque de données a été accumulée pendant 4 ans [4].

Le rapport final concernant les **caractéristiques de capteurs sans couverture** a été rédigé. Il traite de l'application du "capteur-échangeur" dans une installation de pompe-à-chaleur. Cet élément, qui a les propriétés d'un capteur solaire et celles d'un échangeur de chaleur, permet d'extraire de la chaleur de l'air ambiant et d'absorber le rayonnement solaire. Un modèle physique—tenant compte de l'absorption du rayonnement solaire, de l'échange de rayonnement infra-rouge, et du transfert de chaleur par convection et par condensation—a pu être validé par des mesures faites à l'EPF-Lausanne sur 5 types de capteurs-échangeurs. *Il est ainsi possible de déterminer les paramètres du transfert de chaleur d'un capteur sans couverture pour des conditions météorologiques quelconques* [5].

Applications

Un projet antérieur—analysant les performances **d'installations solaires de production combinée d'eau chaude et de chaleur de chauffage**—avait montré que la production d'énergie utile dépend essentiellement de la gestion du stock de chaleur. Cette analyse a été étendue à 3 installations aménagées dans des maisons familiales au Grand-Saconnex (GE), dans le but de **mettre au point et de tester des systèmes à injection directe**. La première campagne de mesures a montré que le rendement global dépend aussi du rendement de chaudière, lequel, paradoxalement, diminue avec l'apport solaire. Ainsi, la meilleure des installations peut être pénalisée, de sorte que toute l'énergie utile n'est pas toujours entièrement mise à profit. Cet aspect particulier sera étudié de manière plus fine lors de la seconde campagne de mesure de l'hiver 1990/91, notamment avec la modification apportée à l'installation ayant donné les moins bons résultats. *Il est à noter que l'indice de dépense d'énergie de ces bâtiments a passé de 810 MJ/m² à 500 MJ/m², soit une baisse de 38 %* [6].

L'installation de 400 m² de capteurs évacués du projet *SOIARIN2*—produisant de la chaleur à haute température (> 100 °C) pour une fabrique de produits alimentaires—a connu divers problèmes graves dus à la surchauffe du caloporteur. *Il semble s'avérer qu'en voulant optimiser la performance thermique par diminution du débit irrigant le capteur (réduction de l'inertie thermique des conduites), les températures de fonctionnement peuvent s'approcher, au moindre déséquilibre, de la température d'évaporation du mélange glycol / eau, utilisé communément.* Par des fluctuations dynamiques de pression, par des erreurs de manipulation du personnel de l'usine et par une modification du programme de charge hebdomadaire, des évaporations successives du caloporteur se sont produites avec, comme conséquence, un encrassement progressif des conduites par les résidus de cristallisation du glycol. Ces divers incidents ont nécessité une purge de l'installation et diverses modifications du système d'équilibrage de pression et de régulation. Dans ces conditions, une exploitation régulière n'a pas pu être atteinte, de sorte que la campagne de mesures doit être prolongée d'une année [7][8].

L'immeuble du **Centre Industriel et Artisanal Marcinhès** à Genève, (1'000 m² de capteurs, stock en terre de 20'000 m³, pompe-à-chaleur à gaz, enveloppe solaire passive à double peau) a pu être mis partiellement en service. L'aménagement intérieur de 4 étages reste à faire, ainsi que l'installation des rideaux de protection solaire / nocturne. La charge du stock a pu se faire dans de bonnes conditions et avec un bon rendement. À la fin de la charge, 937 GJ ont été stockés, avec une élévation de température de 10,4 °C (le 18.06.1990) à 29,4 °C (le 31. 10.1990). Pendant l'hiver, seuls quelque 135 GJ ont été retirés par la pompe-à-chaleur qui, à cause de divers défauts techniques, n'a fonctionné que durant 50 jours. La décharge complète escomptée n'ayant pas pu avoir lieu, la recharge à partir d'une température résiduelle de 21,2 °C a dû être limitée à la température des tubes d'échange en plastique. L'étude des caractéristiques des capteurs, des coefficients de transfert tube / sol et de la diffusion de chaleur dans le sol a permis de valider les divers modèles de simulation développés [9].

Une autre installation de pompe-à-chaleur, avec stock en terre rechargé "solairement", couvre (avec un groupe chaleur- force) les besoins de chaleur d'une salle polyvalente communale. L'originalité de cette installation est un **capteur construit au moyen d'un réseau tubulaire noyé à même le sol, sous l'asphalte d'une zone piétonnière**. Les mesures ont débuté à mi-juin et une première période de charge a pu être observée. Par beau temps, la température de sortie atteint 35 °C avec une puissance de pointe de 300W/m². Une première extrapolation de ces mesures permet d'envisager une *énergie utilisable annuelle de 250 kWh/m²*, ce qui est élevé en regard de la simplicité constructive de ce capteur. Les mesures se poursuivent et permettront de confirmer ou d'infirmer cette prévision [10].

Le projet pilote et de démonstration, dû à l'initiative privée, d'une **maison familiale énergétiquement autonome** (thermiquement et électriquement), a été largement commenté par la presse et les médias électroniques. Les mesures montrent un bilan plus que positif en ce que la demande de chaleur a été bien inférieure aux prévisions. Bien que l'hiver 1989/90 ait été particulièrement bien ensoleillé, *la qualité d'isolation et l'apport passif ont permis un indice de dépense d'énergie particulièrement bas de 67 MJ/m²*. Par rapport à ce chiffre, l'installation solaire est largement surdimensionnée et en surface et en volume de stockage. L'hiver 1990/91 s'annonçant plus "normal", la campagne de mesure a été prolongée [11].

Un nouveau projet pilote de stockage saisonnier a pu être mis en place. Il servira au chauffage d'une halle d'usine et présente plusieurs particularités intéressantes. *Les capteurs, d'une surface de 200 m², n'ont pas de couverture et sont constitués d'absorbeurs en acier inox. Ils peuvent être reliés directement au chauffage de sol de la halle et aux panneaux radiants des bureaux ou, en mode de charge, par l'intermédiaire d'un échangeur, à la nappe phréatique qui sert de stock saisonnier.* Il est prévu d'aménager éventuellement un écran hydraulique dans le cas où la buée de chaleur aurait tendance à se déplacer. L'installation est opérationnelle et prête pour une première charge en 1991 [12].

Pendant la première année d'exploitation pilote du projet SPEOS (Stockage de chaleur en nappe péhéatique), *un nouvel échangeur à litfluidisé*, d'une puissance de 700 kW, a été installé et mis en service. Il est complété par un cyclone avec filtres mécaniques pour récolter les particules de calcaire. Si l'échangeur a parfaitement fonctionné sans entartrage significatif, la précipitation du calcaire reste encore insuffisante et ceci présente un risque d'entartrage des conduites.

La *nouvelle commande programmable* a donné pleine satisfaction et devient l'un des premiers éléments d'une exploitation professionnelle. Les outils de simulations du suivi scientifique ont été mis à jour et améliorés. L'étude de l'impact biogéochimique sur la nappe phréatique se poursuit dans le cadre de l'AIE [13][14][15][16].

Logistique

Le projet d'une **signature énergétique solaire** ("Kurztestmethode für Solaranlagen, KTSA") vise à développer des procédures d'identification des paramètres d'une installation solaire donnée, sur la base d'un minimum de mesures, afin de déterminer la qualité d'une installation et sa performance à long terme. En d'autres termes, il s'agit de trouver les paramètres d'un modèle de simulation dont on connaît les résultats. Un groupe de travail international, auquel la Suisse collabore, a étudié et mené à bonne fin le cas d'une installation de production d'eau chaude. Le rapport final est attendu au courant de 1991 et la méthode sera probablement proposée à l'ISO à fin de normalisation internationale. Le projet national qui traite le cas d'une installation typiquement suisse et largement pratiquée, à savoir la production combinée d'eau chaude et de chaleur de chauffage, s'est heurté à de nombreuses difficultés d'ordres mathématique et informatique, de sorte que le but n'a pas été atteint [17].

Les règles pratiques du dimensionnement d'installations solaires, issues du projet dirigé par la SOFAS, sont à l'impression. C'est l'aboutissement d'un long effort qui s'est étendu sur près de 6 ans et qui réunit, à l'intention du praticien, en allemand et en français, *toutes les connaissances et expériences acquises sur les installations de production d'eau chaude et les installations combinées* (eau chaude et chauffage) [18].

Pour compléter ce projet, une **interface informatique conviviale** pour praticiens a été mise en chantier. Son cahier des charges a été établi par les praticiens pour les praticiens. Elle permettra *d'accéder d'une façon uniforme à tous les programmes de calcul existants et futurs développés dans le cadre des divers programmes de recherche*. Sa conception est "ouverte", de sorte que d'autres programmes, notamment dans les applications photovoltaïques pourront y être intégrés [19].

Comme annoncé dans notre rapport précédent, les mesures, faites pendant une saison sur 5 **installations solaires chauffant des piscines ouvertes**, font l'objet d'une analyse approfondie. Il s'agit d'étudier le comportement des capteurs et des piscines, afin de les modéliser et de compléter la collection des programmes de dimensionnement [20].

3. Séminaires

Un séminaire de 2 jours, consacré au **stockage saisonnier d'énergie solaire**, a été organisé les 18 et 19 octobre 1990 à Berne. Ce séminaire a permis de faire le point sur l'état des connaissances et des expériences acquises en Suisse et à l'étranger, tout particulièrement en Allemagne et en Suède [21].

4. Activités internationales

Outre les séances de travail organisées régulièrement dans le cadre des différents projets de l'AIE, un nouveau projet dans le domaine du solaire actif, auquel la Suisse participe, a été mis en chantier à Lausanne en janvier 1990. Cette nouvelle tâche regroupera les travaux dans 3 applications spécifiques: le préchauffement solaire d'air de ventilation, les installations industrielles et la technique de faible irrigation des capteurs solaires. Cette dernière n'étant nullement pratiquée en Suisse, un voyage d'études a été organisé à l'intention des principaux constructeurs suisses de matériel solaire. Les informations recueillies aux Pays-Bas, en Allemagne, au Danemark et en Suède ont montré que cette technique permet de

diminuer d'un facteur 5 le débit irrigant des capteurs, tout en augmentant la stratification de température dans les accumulateurs. Pour l'instant, la Suisse participe à cette tâche avec le projet industriel *SOIARIN2*. Une participation aux autres thèmes de recherche est envisagée

5. Liste des projets

- [1] A. Zelenka, ISM, Zurich: "Techniques for Supplementing Network Data". (RA)
- [2] K. Mathis, EMPA - Dubendorf: "Representative Design Years for Solar Energy Applications". (RA)
- [3] J.-L. Scartezzini, LESO / EPF-Lausanne: "Réduction de données météorologiques multi-annuelles". (RA)
- [4] U. Frei, ITR, Rapperswil: "Leistungsfähigkeit und Lebensdauer von Solaranlagen". (RA)
- [5] J. Keller, PSI - Villigen, D. Lan Nguyen, LENI, EPF-Lausanne: "Capteurs sans couverture". (RF)
- [6] O. Zamboni, L. Keller, ÉNERGIES R1 INNOVABLES, Lavigny: "Mise au point et test d'installations solaires à injection directe simplifiée". (RA)
- [7] J. V. Hurdes, HURDES ENERGIE CONSULTING, Feuerthalen: "Solar erzeugte Prozesswärme (Solarin2)". (RA)
- [8] O. Guisan, CUEPE/GAP/Uni Genève: "Solarin2, partie sous-traitée". (RA)
- [9] O. Guisan, CUEPE/GAP/Uni Genève: "Intégration et optimisation de systèmes solaires actifs. Étude du Centre industriel et artisanal Marcinhés à Meyrin". (RA)
- [10] B. Matthey, Ing.-cons., Montezillon: "Analyse du bilan énergétique de l'installation heliogéothermique de la salle polyvalente de Cortaillod/NE". (RA)
- [11] K. Marti, IS Burgdorf: "Messungen am Solarhaus Jenni". (RA)
- [12] J.-C. Hadorn, CREM, Martigny: "Recherches basées sur l'installation pilote solaire avec stockage saisonnier". (RA)
- [13] B. Saugy, LMS/SE/EPP-Lausanne: "Suite de l'étude de fiabilité". (RA)
- [14] B. Saugy, LMS-Lausanne: "Suivi scientifique de SPEOS". (RA)
- [15] B. Saugy, LENI/EPF-Lausanne: "Mise en exploitation 'Pilote' de SPEOS". (RA)
- [16] F. Miserez, ICC, La Chaux-de-Fonds "AIE Annexe V – Chimie du stockage de l'énergie en nappe aquifère". (RA)
- [17] A. Eggenberger, EGGENBERGER BAUPHYSIK, Burgdorf, "KTSA Methode". (RA)
- [18] B. Schlappfer, SOFAS, c/o Schweizer, Hedingen: "Praxisgerechte Regeln für optimalen Planung und Ausführung von Sonnenanlagen". (RF)
- [19] E. Rohner, EXERTEC ENGINEERING, Rapperswil "Allgemeine Benutzeroberfläche für solartechnische Programme aus der schweizer Forschung". (RA)
- [20] O. Guisan, CUEPE/GAP/Uni, Genève: "Analyse de mesures de piscines avec capteurs solaires". (RA)
- [21] ENET, OFEN, Berne: "Le stockage saisonnier de l'énergie solaire. Sonnenenergie: Saisonspeicherung" (Journée d'information, Berne, 18-19 octobre 1990).

(RA) Rapport annuel 1990 disponible

(RP) Rapport final disponible