

**OPTIMISATION DE L'UTILISATION DES CAPTEURS
SOLAIRES**

par

J. P. MADERN

SOFÉE, Perpinyà, France

SUMMARY

With examples and data, the autor analyze the main factors on profit of solar energy using photothermic panels.

RESUM

Hom analitza amb exemples i dades, els factors principals en l'aprofitament de l'energia solar mitjançant la utilització de panells fototèrmics.

Pour pouvoir utiliser l'énergie solaire reçue sur un capteur, et l'utiliser au mieux de ses possibilités, c'est à dire en perdant le moins possible de l'énergie incidente, il est nécessaire:

- d'une part, de déterminer la puissance utile surfacique extraite du capteur (puissance qui dépend du rendement)
- d'autre part, de déterminer le niveau calorifique de l'utilisation recherchée.

L'énergie incidente: Je rappellerai ici la définition de Perrin DE BRICHAMBAUT.

L'éclairement énergétique solaire d'une surface réceptrice, comme son irradiation au cours de la journée, est directement lié à la position du soleil (hauteur angulaire et azimut) à l'instant considéré, ou à sa trajectoire diurne le jour envisagé. Interviennent ainsi particulièrement les paramètres caractéristiques:

- du lieu: la latitude \varnothing
- de l'époque de l'année: la déclinaison du soleil δ

Par ciel clair, et pour une hauteur du soleil déterminée, les diverses composantes du rayonnement solaire sont définies par:

- le trouble atmosphérique (β)
- l'épaisseur d'eau condensable (w)
- la pression atmosphérique (altitude z)
- l'épaisseur réduite d'ozone (e)
- l'albédo du sol (α)

Par ciel moyen, partiellement nuageux, ces divers facteurs deviennent secondaires par rapport à la quantité, à la répartition et aux types de nuages existants.

Nous sommes bien loin de disposer des valeurs exactes «in situ», heure par heure et jour par jour, et il nous faut nous contenter de moyennes qui, selon les moyens techniques dont nous disposons, peuvent être une valeur journalière ou une valeur mensuelle.

L'expérience nous a prouvé qu'au bout de 5 ans d'observations en un même lieu, on pouvait utiliser des chiffres mensuels qui étaient suffisants pour limiter à moins de 10 % l'erreur rapportée sur un an d'utilisation.

Puissance surfacique: L'excellente étude de l'Electricité de France sous la signature de Monsieur CHOUARD nous donne une méthode simple et pratique pour les capteurs plans à eau.

Il donne la formule suivante:

$$P_{\mu} = \alpha P - \beta (T_m - T_e),$$

avec

P_{μ} : puissance utile surfacique extraite par le fluide (W/m^2);

P : flux solaire incident global (W/m^2);

T_m : température moyenne du fluide dans le capteur ($^{\circ}C$);

T_e : température d'air extérieur ($^{\circ}C$);

α - β : coefficients traduisant les propriétés optiques du capteur et les pertes globales de celui-ci, coefficients fonctions de la géométrie de l'absorbeur, du débit du fluide, et des températures.

Le rendement ρ du capteur, égal par définition à $\frac{P_{\mu}}{P}$, peut donc s'écrire:

$$\rho = \alpha - \beta \frac{T_m - T_e}{P}.$$

Si $P < \frac{\beta}{\alpha} (T_m - T_e)$, le rendement ρ est négatif: les pertes du capteur deviennent supérieures au gain. On convient alors d'annuler le débit d'extraction du fluide afin de ne pas refroidir l'eau dans le capteur, et ainsi $\rho = 0$ (figure 1). (Fonction de la régulation du circuit de captation solaire.)

L'expression complète du rendement que nous utiliserons est donc la suivante:

$$\text{Si } \alpha P - \beta (T_m - T_e) > 0: \rho = \alpha - \beta \frac{T_m - T_e}{P}.$$

$$\text{Si } \alpha P - \beta (T_m - T_e) \leq 0: \rho = 0.$$

La valeur du flux solaire $P = \frac{\beta (T_m - T_e)}{\alpha}$ apparait comme un

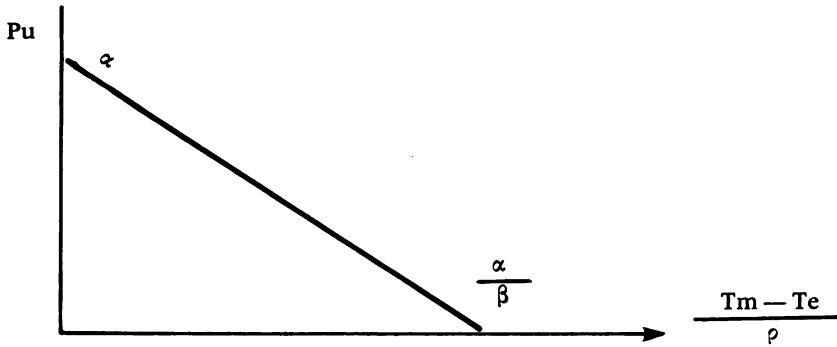


FIGURE 1. Puissance surfacique extraite d'un capteur solaire.

seuil en dessous duquel le rendement est nul quel que soit P . C'est ce caractère *essentiellement discontinu* du rendement instantané du capteur qui rend délicate l'évaluation d'un rendement mensuel (ou annuel) moyen, car le flux P varie au long de l'année dans de très larges limites.

La courbe de rendement du capteur est donc établie sur cette base, et après avoir fait varier les divers paramètres, on arrive à établir pour le capteur étudié une courbe unique qui, pour être approximative, est suffisamment exacte pour une utilisation directe par les thermiciens.

À titre d'exemple, nous reproduisons ci-dessous la courbe établie par les services EDF des Renardières pour un capteur SOFEE:

le chiffre $\frac{\Delta T}{P}$ est établi de la façon suivante:

$$\frac{\text{Température entrée du fluide dans l'insolateur} + \text{température sortie de l'insolateur}}{2};$$

du chiffre obtenu on soustrait la température ambiante: on a la valeur ΔT .

Le chiffre obtenu est divisé par l'énergie incidente P : on obtient un chiffre inférieur à l'unité qu'il faut multiplier par 10^3 pour obtenir un index compris entre 0 et 100.

Ce sont ces chiffres qui figurent en abscisses sur le tableau ci-joint. On rapporte donc le chiffre trouvé sur l'abscisse et au point

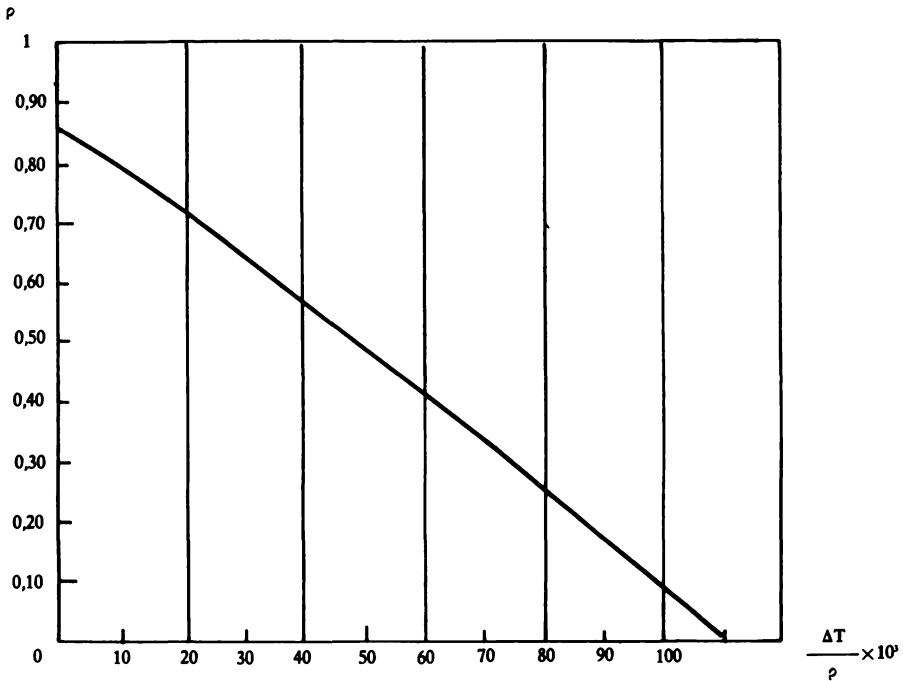


FIGURE 2

d'intersection avec la courbe on peut lire, en ordonnées, le rendement.

On s'aperçoit aussitôt que plus la température moyenne du capteur est proche de la température extérieure, plus le rendement est élevé.

Or, la température de sortie du capteur est conditionnée par la puissance de l'énergie incidente, la température d'entrée du fluide et la vitesse de passage d'eau dans le capteur.

L'énergie incidente est ce qu'elle est, nous n'y pouvons rien.

Par contre, nous pouvons jouer sur la température d'entrée de l'eau et le capteur. Notre but: obtenir une température de sortie compatible avec l'utilisation désirée.

Eau chaude sanitaire: Si nous désirons de l'eau chaude sanitaire à 50°C, il est évident que si nous sortons du collecteur à 70°C le rendement sera plus faible que si nous sortons à 50°C.

Nous devons donc étudier une vitesse de circulation de l'eau

dans le capteur qui soit basée sur la moyenne des valeurs de l'énergie incidente, chiffre corrigé par le rendement du capteur.

On étudie de façon précise le diamètre des canalisations, le débit de la pompe, les hauteurs manométriques, etc... tout ceci n'étant qu'un calcul classique de pertes de charge.

On joue en même temps sur la température d'entrée d'eau dans le collecteur; ici aussi il est bien évident que l'idéal est de faire rentrer l'eau dans le capteur à une température égale à la température ambiante.

C'est facile: il faut, soit dimensionner l'échangeur avec un ΔT très important, 40 ou 50°C par exemple, soit tout simplement supprimer l'échangeur.

Un exemple:

Chauffe-eau à échangeur classique 10°C de ΔT .

Sortie du capteur: 60° C; entrée: 50°C.

Température ambiante: 20°C.

$$\text{soit: } \frac{(60+50)}{2} - 20 = 35.$$

$$\text{Énergie incidente } 800 \text{ W/m}^2: \frac{35}{800} = 0,043 \times 10^3 = 43,$$

en rapportant 43 en abscisse nous lisons 52 % de rendement en ordonnée.

Chauffe-eau à échangeur large ou sans échangeur,

sortie du capteur: 60°C,

entrée: 20°C.

Température ambiante: 20°C,

$$\text{soit: } \frac{(60+20)}{2} - 20 = 20.$$

$$\text{Énergie incidente } 800 \text{ W/m}^2: \frac{20}{800} = 0,025 \times 10^3 = 25.$$

Nous lisons: rendement 67 %.

Ainsi avec un même capteur, pour une puissance de 900 W/m² nous recueillons:

- dans le 1.er cas $800 \times 0,52 = 416$ Watts utiles
- dans le 2.ème cas $800 \times 0,67 = 536$ Watts utiles

En chauffage central, il en est de même. Et c'est donc dans le choix des corps de chauffe qu'il faut ici être très prudent.

Selon la batterie de capteur installée et la vitesse de circulation d'eau choisie, on peut déterminer la température espérée de sortie des capteurs.

Si l'on travaille avec des radiateurs, on prédétermine celle-ci à 50°C. De même pour des convecteurs. Pour les grilles de sol, on peut descendre à 35°C. Mais attention: pour ces valeurs, toujours choisir une température de retour proche de 25°C si l'on désire chauffer l'ambiance de l'habitation à 20°C.

Si ces règles ne sont pas respectées, on n'optimise pas l'utilisation du matériel mis en oeuvre et le bilan de rentabilité s'en ressent.

Problèmes spécifiques

Bien sûr, pour les chauffe-eau, des considérations d'ordre économiques entrent en jeu:

- a) un grand échangeur coûte plus cher qu'un petit ;
- b) sans échangeur le tartre peut boucher les circuits.

Autant d'affirmations infirmées par la technique, tant il est vrai que c'est le capteur solaire que coûte cher par rapport à l'échangeur et pour le tartre, les vrais spécialistes de l'eau utilisent depuis longtemps des procédés magnétiques qui semblent idéalement conçus pour les circuits de chauffe-eau solaires!

Bien sûr pour le chauffage central des considérations économiques et techniques entrent en jeu!

- a) Des corps de chauffe à ΔT de 30°C coutent plus chers qu'à 10°C de ΔT .
- b) Des stockages à zone froide sont délicats à concevoir.

Ici, aussi la réponse est simple: on ne fait des objections semblables que lorsqu'on n'est pas allé au fond du problème soit par manque d'application, soit par manque de connaissances.

Je vous demande de vous rapporter aux exposés techniques que j'ai fait en d'autres circonstances et notamment à l'École Polytechnique de Lausanne (Suisse).

Capteurs solaires

Je ne voudrais pas terminer le présent exposé sans souligner que le capteur solaire lui-même est aussi à construire et à sélectionner selon l'utilisation recherchée.

Il n'y a pas de capteur solaire universel.

Dès le départ d'une étude, il faut disposer une gamme complète de capteurs.

Chaque appareil, pourvu qu'il soit techniquement et technologiquement bien conçu, présente un point certain d'optimisation.

Un capteur plan à lame d'eau continue ne peut résister, par sa conception, à une forte pression, mais s'il n'y a pas de contrainte spéciale sur ce plan, il est certain qu'il sera très largement supérieur pour travailler sur flux solaire diffus que tout autre appareil.

Encore faut-il savoir que selon qu'il s'agit d'un diffus permanent ou d'un diffus temporaire (succession de nuages et de soleil) sa capacité en eau, donc l'épaisseur de la lame, est prépondérante.

Si la pression d'eau est un élément déterminant, le capteur à tube sera préférable. Encore faut-il que l'espacement entre tube soit-il équilibré en fonction de la conductibilité du métal.

Si les températures de travail doivent être comprises entre 80 et 120°C, le capteur plan est à proscrire et le léger concentrateur cylindro-parabolique est tout indiqué.

Si les températures sont supérieures, il faut que les absorbeurs soient recouverts d'un noir sélectif. Si les ambiances/service sont élevés, il faut avoir des vitrages doubles.

Au contraire, si le ΔT est faible et surtout s'il y a prépondérance d'énergie diffuse, il vaut mieux un seul vitrage.

Je n'entrerai pas dans le détail dans cet exposé succinct. J'ai simplement voulu souligner que si l'héliothermie est aujourd'hui une réalité, il ne faut à aucun moment croire qu'il s'agit d'une chose simple.

La marge entre la réussite et l'échec est peut-être plus faible en héliotechnique qu'en aucune autre technique.

Une très grande discipline et une rigueur vigilante sont les conditions essentielles de la réussite du développement réel des utilisations thermiques de l'énergie solaire.