

TEST D'UN CAPTEUR SOLAIRE THERMIQUE

Le capteur :

Principe du capteur solaire à eau :

Le rayonnement solaire (de l'ordre de 1000 W/m^2 si le capteur lui est bien perpendiculaire) arrive sur la vitre. Une petite partie (a) est réfléchiée et repart dans la nature, une autre partie (b) est absorbée par la vitre la majeure partie traverse la vitre et vient heurter le corps noir.

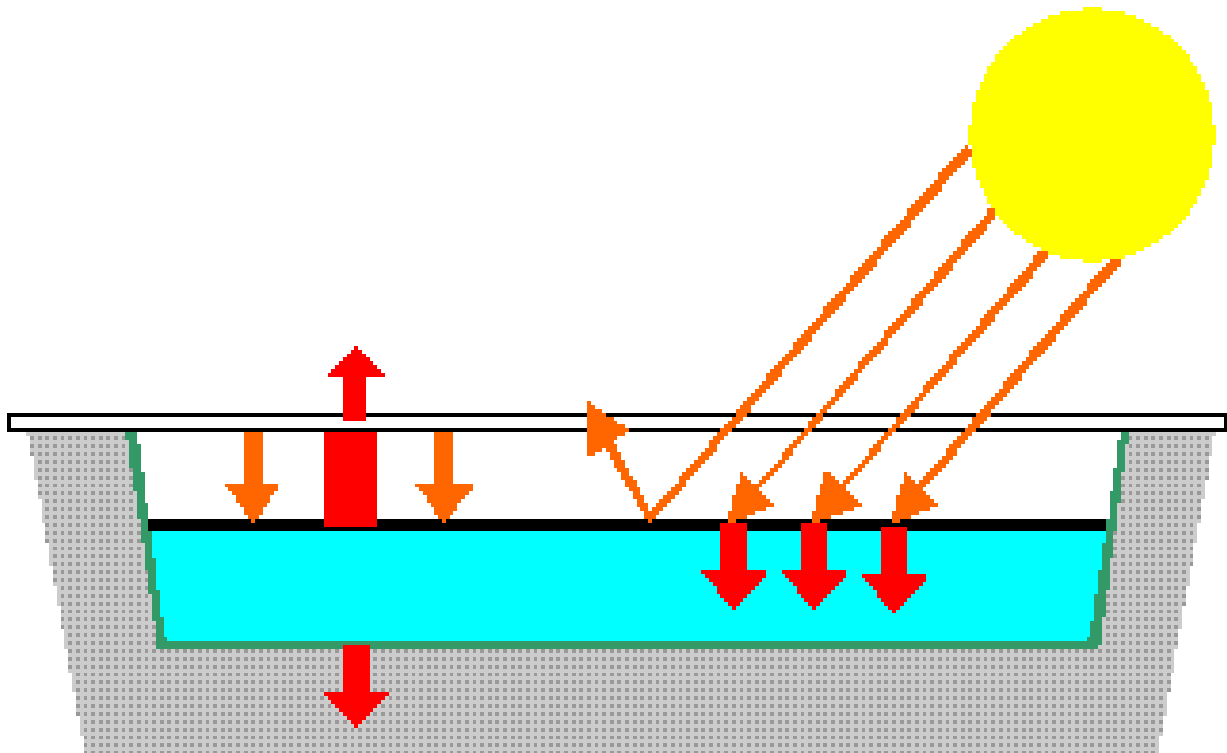
Le corps noir absorbe ce rayonnement et le transforme en chaleur, ce qui réchauffe le fluide. Ce dernier est généralement mis en circulation par une pompe électrique (le circulateur) pour aller donner sa chaleur au corps à chauffer (l'eau de la piscine ou le ballon d'eau chaude sanitaire, etc). Plus la circulation se fera vite, plus sa température restera basse.

Malheureusement, le fluide du capteur perd de la chaleur par ailleurs dans le capteur :

Une partie (c) de cette chaleur ressort par conduction dans le bac.

Une partie (d) de cette chaleur part dans l'air du capteur (convection), réchauffe la vitre et la traverse par conduction puis s'échappe dans la nature par convection entre la vitre et l'air extérieur.

Une partie (e) de cette chaleur est émise par rayonnement par le corps noir. Compte tenu de la température plutôt faible, c'est du rayonnement infrarouge. La vitre bloque les infrarouges et les transforme en chaleur. Elle s'échauffe donc et ré émet elle aussi des infrarouges dont une moitié (e/2) part à l'extérieur et l'autre moitié (e/2) retourne sur le corps noir pour le réchauffer à nouveau.



Les pertes thermiques sont donc : $a + b + c + d + e/2$. Elles expliquent que le rendement du capteur soit inférieur à 1, et que ce rendement soit fonction de la température de fonctionnement.

En effet, si le capteur doit travailler à basse température (chauffage d'une piscine par exemple), et si la température extérieure est plutôt douce (en été), les pertes sont faibles et le rendement est excellent (jusqu'à 90%).

Par contre si la différence de température entre le fluide du capteur et l'air extérieur est grande (cas d'un chauffage d'eau chaude sanitaire en hiver), les pertes sont importantes et le capteur a alors un mauvais rendement (peut descendre à 30 % en utilisation courante).

Comment augmenter le rendement d'un capteur ?

L'augmentation du rendement revient aussi à augmenter le coût du capteur. Il faut donc bien réfléchir à l'utilisation prévue pour obtenir le meilleur rapport coût-performances.

D'abord le capteur doit rester le plus possible perpendiculaire au soleil, même quand ce dernier se déplace.

Ensuite, on minimise ses pertes :

- En choisissant les meilleurs matériaux pour la vitre (diminution de a et b).
- En augmentant l'isolation thermique du bac (diminution de c).
- En diminuant la conductivité thermique de la vitre par le choix du matériau ou le double vitrage (diminution de d). Mais attention, de ne pas trop en augmenter les pertes a et b.
- En remplaçant l'air dans le capteur par du vide (suppression de d). Il se pose alors un problème de résistance à la pression atmosphérique extérieure, qui impose généralement des capteurs tubulaires.

Comment évaluer les performances d'un capteur ?

Une solution consiste à établir une circulation d'eau entre le capteur et un bac par l'intermédiaire de canalisations et d'un circulateur.

On fait fonctionner le système pendant un certain temps t et on relève les températures initiale (t_i) et finale (t_f) dans le bac. La quantité de chaleur absorbée par le bac est donnée par la formule :

$$q = m.C.(t_f - t_i)$$

où m est la masse d'eau dans le circuit et C la chaleur massique de l'eau (de l'ordre de 4200 J/kg.K).

Pour obtenir la puissance calorifique apportée à l'eau, on divise cette formule par le temps t :

$$P = q/t$$

Sachant que par fort ensoleillement, à midi au soleil, et si le capteur est bien perpendiculaire au rayonnement solaire, la puissance solaire (éclairage énergétique) reçue par le capteur est de l'ordre de $P_s = 1000 \text{ W/m}^2$, on peut calculer le rendement global du dispositif par :

$$\eta = P/(P_s.S) \quad \text{où } S \text{ est la surface du capteur.}$$

Attention, ceci est le rendement global du dispositif, et englobe le rendement du capteur et les pertes de chaleur dans les canalisations et le bac.

Si on répète cette manipulation pour des températures initiales t_i de plus en plus élevées, on se rend compte que le rendement chute. Ceci est normal puisque les déperditions thermiques augmentent. Lorsqu'on arrive au phénomène permanent, la température de l'eau n'augmente plus et le capteur ne sert plus qu'à compenser les pertes thermiques. $t_f = t_i$ donc $P = 0$ et le rendement devient alors nul.

Cas d'un échangeur thermique sur le circuit : il a lui aussi un rendement inférieur à un, qui correspond aux pertes de chaleur dans l'atmosphère par ses parois extérieures. Ce rendement est inclus dans le rendement global.

Pour que le rendement global se rapproche du rendement du capteur, l'ensemble doit être le plus possible calorifugé : isolation thermique du bac, de l'échangeur éventuel et des canalisations, couverture du bac pour éviter l'évaporation de l'eau, gourmande en énergie (chaleur latente de vaporisation).

Pour calculer la température d'équilibre du système en régime permanent, il faut arriver à estimer les pertes calorifiques du système réel, soit par des abaques qui tiennent compte des dimensions et des caractéristiques des matériaux utilisés, soit par une simulation expérimentale.

Ce n'est pas une mince affaire...