

# Conversion thermique

## 1°/ Capteur solaire :

Introduction : Les capteurs solaires sont des appareils destinés à transformer l'énergie apportée par le rayonnement solaire en énergie thermique (calorifique) utilisable par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur à différents niveaux de  $T^\circ$

On distingue deux grandes familles de capteurs solaires :

- Les capteurs plans ( $30-80^\circ\text{C}$ )

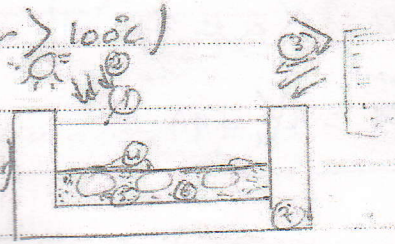
- Les capteurs à concentration (concentrateurs) ( $> 100^\circ\text{C}$ )

① Vitre      ② Rayonnement solaire

③ Rayon diffus      ④ plaque métallique (absorbant)

⑤ tubes du fluide caloporteur

⑥ Isolation thermique      ⑦ Boîtier



## a) Rayonnement direct

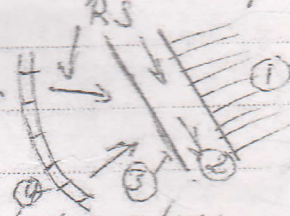
C'est le rayonnement reçu du soleil sans changement de la direction.

b) Rayonnement diffus : provient de tout l'hémisphère supérieur.

- Capteurs à concentration ( $T > 100^\circ$ )

① Isolation thermique      ② fluide caloporteur

③ Absorbant      ④ Surface réfléchissante (miroir)



## 2°/ Rôle et composition d'un capteur solaire plan :

a) Rôle : convertir l'énergie d'ordre électromagnétique en chaleur

→ Le concentrateur a une ou deux vitres

Rôle : - Produire l'effet serre

- Protéger le capteur contre les pertes convectives.

→ Absorbant (Plaque métallique peinte en noir)

Rôle : - Absorber l'énergie incidente

- Transformer cette énergie en chaleur.

- Transmettre la chaleur au fluide caloporteur.

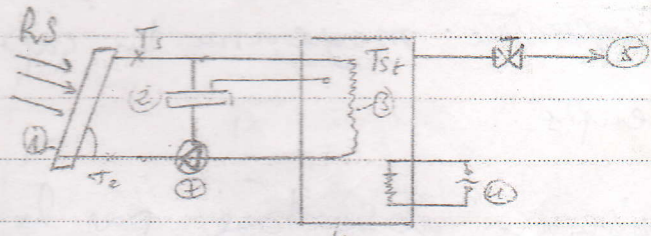
→ l'isolant thermique: Rôle: limite les échanges vers l'extérieur

→ Effet serre: C'est l'action de piéger le rayonnement solaire

① la verre laisse passer le visible mais il est opaque au rayonnement infrarouge.

2°/ Principe de fonctionnement d'un capteur solaire plan:

- ① Capteur plan
- ② Régulateur
- ③ Échangeur de chaleur
- ④ Appoint électrique
- ⑤ eau chaude ⑥ eau froide ⑦ Pompe de circulation



Tst: T° de stockage

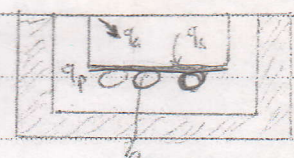
lorsque la Tc du capteur est supérieure à la Tst le régulateur différentiel met en marche la pompe de circulation.

l'énergie récupérée par le capteur est transmise à travers le serpentin

à l'eau stockée et augmente sa T. une résistance élec d'appoint permet d'établir le niveau de T° désiré pour le stockage.

3°/ Bilan enrg d'un capteur plan:

qa = le flux solaire absorbé à la surface l'absorbant [W/m²]



qu = la puissance utile récupérée par le fluide caloporteur [W/m²]

qp = la puissance perdue à travers les parois [W/m²]

qs = stockée sous forme de chaleur

$q_s = q_u + q_p$  [W/m²]  $q_s = \rho c_p V \frac{\partial T}{\partial t}$

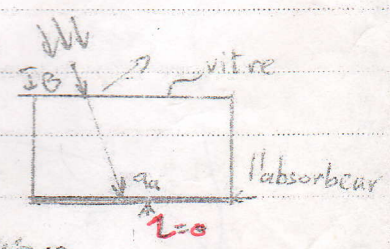
Rendement enrg de l'absorbant:

$q_s = 0$  (régime permanent)  $\eta_a = \frac{q_u}{q_a} = \frac{q_u}{q_u + q_p}$

Rendement optique:

$\eta_o = \frac{q_u}{I_B}$

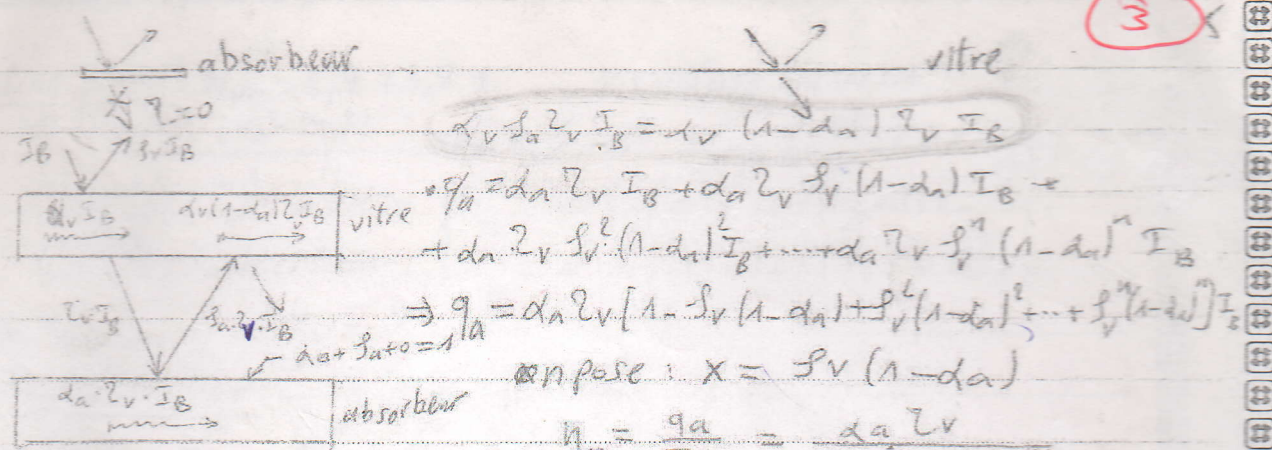
IB: le flux solaire sur le plan du capteur



$\alpha$ : coef d'absorptivité  $\tau$ : coef de transmission  $\rho$ : de réflectivité

# HEMICI

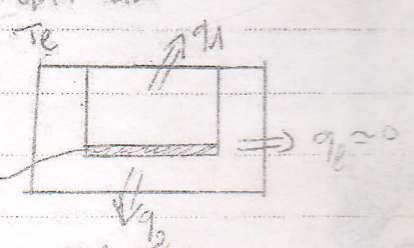
3



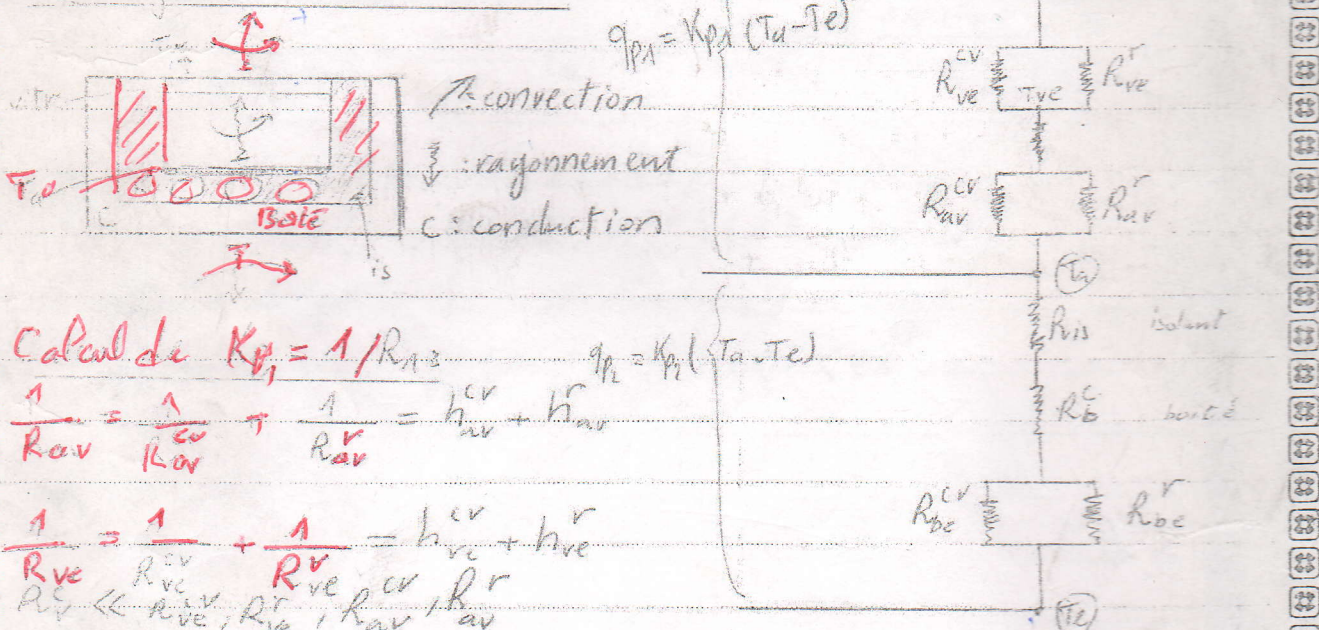
$q_a = da \cdot I_B (1 + x + x^2 + \dots + x^n) = da \cdot I_B \left[ \frac{1 - (1-x)^{n+1}}{1-x} \right]$   
 Calcul des pertes Thermiques

## Cas d'un capteur à simple vitrage

$q_p = q_{p1} + q_{p2}$ ,  $q_{p1}$ : flux perdu vers l'avant,  $q_{p2}$ : flux perdu vers l'arrière.  
 $q_p = K_p (T_a - T_e)$  ( $K_p = d/R$ );  $T_a$ :  $T^\circ$  de l'absorbant.



## Identification des résistances



## Calcul de $K_{p1} = 1/R_{p1}$

$\frac{1}{R_{av}} = \frac{1}{R_{av}^{cv}} + \frac{1}{R_{av}^r} = h_{av}^{cv} + h_{av}^r$   
 $\frac{1}{R_{ve}} = \frac{1}{R_{ve}^{cv}} + \frac{1}{R_{ve}^r} = h_{ve}^{cv} + h_{ve}^r$   
 $\Rightarrow T_{vi} = T_{ve}$  }  $K_{p1} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_{av}^{cv} + h_{av}^r} + \frac{1}{h_{ve}^{cv} + h_{ve}^r} \right]}$

## Calcul des coef h's

\* Convection naturelle:  $h_{av}^{cv} = \left( 1 - 0.153 \frac{P}{g_0} \right) (\Delta T)^{1/3}$  [W/m<sup>2</sup>.C]  
 $\beta$  = inclinaison du capteur (°)  $\Delta T = T_a - T_v$

\* Convection forcée:  $h_{ve}^{cv} = 5,7 + 3,8 v$   $v$ : vitesse du vent

$h_r = \sigma (T_a - T_v) (T_a^2 + T_v^2)$   $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  (c'est STEFFAN)

$\epsilon_v$ : emissivité de la vitre  $h_{vc}^r$ : coef. d'échange entre vitre - ciel

$\epsilon_a$ : absorbeur  $h_{vc}^r = \sigma \cdot \epsilon_v (T_v - T_c) (T_v^2 + T_c^2)$

$T_c = T_{\text{exterieur}}$   $T_v = ?$   $K_p = ?$

• Méthode itérative:  $\rightarrow$  Choisir  $T_v$  telle que  $T_c < T_v < T_a$

$\rightarrow$  Calculer  $h_{ve}^r, h_{ve}^{cv}, h_{av}^r, h_{av}^{cv}$

$\rightarrow$  Calculer  $K_{p1}$   $\rightarrow$  Conservation du flux Therm.

$q_{p1} = K_{p1} (T_a - T_c) = (h_{av}^{cv} + h_{av}^r) (T_a - T_v) \quad \alpha$

$\Rightarrow q_{p1} = (h_{ve}^{cv} + h_{ve}^r) (T_v - T_c)$

$\rightarrow |T_{v\text{sup}} - T_{c\text{cal}}| < \epsilon$  ;  $\epsilon \neq 0,5$

On recommence les calculs jusqu'à la convergence.

• Méthode de Klein:

$K_{p1} = \frac{1}{\frac{N}{\frac{C}{T_a} (T_a - T_c)^{0,25}} + \frac{1}{h_{ve}^{cv}} + \frac{\sigma (T_a + T_c) (T_a^2 + T_c^2)}{\epsilon_a + 0,01 \cdot N (1 - \epsilon_a)} + \frac{2N + F - 1}{\epsilon_v} - N}$

$C = 365,9 (1 - 8,33 \times 10^{-5} \beta + 1,898 \times 10^{-4} \beta^2)$

$F = (1 - 4 \times 10^{-2} h_{ve}^{cv} + 5 \times 10^{-4} h_{ve}^{cv}) (1 + 0,091 \cdot N)$

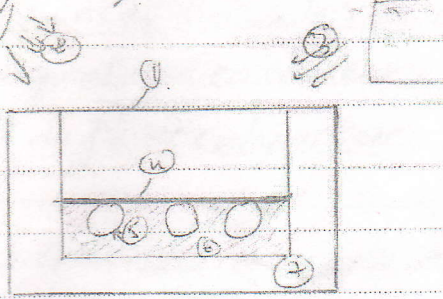
$\beta$ : inclinaison du capteur  $N$ : nombre de vitrage

$h_{ve}^{cv} = 5,7 + 3,8 v$   $1 \leq N \leq 3$   $0 < \beta < 90^\circ$

Resumé

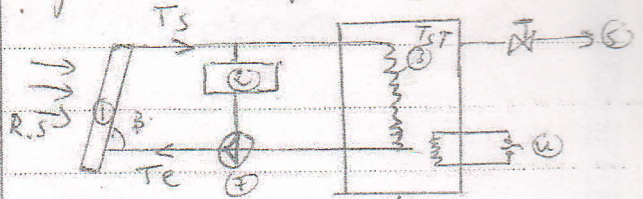
1. Citer les différents composants d'un capteur solaire plan

\* Capteur plan (30-80)



- ① vitre
- ② R.S
- ③ Rayon diffus
- ④ absorbeur (plaque métallique)
- ⑤ tubes du fluide caloporteur
- ⑥ Isolation Thermique
- ⑦ boîtier

\* fonction et principe



- ① Capteur plan
  - ② Régulateur
  - ③ Echangeur de chaleur (Serpentin)
  - ④ Appoint électrique
  - ⑤ Eau chaude
  - ⑥ Eau froide
  - ⑦ Pompe de circulation
- $T_s$  et  $T_c$  de stockage.

2. Citer 4 sources d'eng fossiles et renouvelables ?

\* Sources fossiles :

- pétrole
- Gaz naturel
- Charbon

\* Sources eng renouvelables :

- Eng géothermique (la terre)
- Eng éolienne (du vent)
- Eng hydraulique (de l'eau)
- Eng verte (bois)
- Eng solaire (le soleil)

3. Faire une comparaison entre elles ?

\* eng fossiles :

- La durée de disponibilité est limitée

\* eng renouvelable :

- Sont toujours disponibles
- Gratuit

4. Donner les rôles de la vitre, de l'absorbeur et du fluide caloporteur dans le cas d'un capteur solaire plan ?

\* Rôle de la vitre : - Produire l'effet serre

- Protégé le capteur contre les pertes convectives

\* Rôle d'absorbeur : - Absorber l'eng incidente

- Transformer cette eng chaleur - Transmettre la chaleur au fluide caloporteur