

**Exercice 1 : Etude d'un capteur à concentration cylindro-parabolique**

On se propose de simuler le comportement thermique d'un capteur à concentration cylindro-parabolique utilisé comme source de chaleur pour des applications industrielles. Le capteur cylindro-parabolique possède une ouverture de largeur  $D = 2,3$  m et de longueur  $L = 20$  m. La surface réfléchissante a une réflectivité  $\rho = 0,82$ . Le récepteur est un tube noirci ( $\alpha = 0,92$ ) de diamètre  $d = 0,06$  m. Il intercepte une fraction ( $\gamma = 0,72$ ) du flux solaire réfléchi par le miroir. Le fluide caloporteur, qui y circule, entre à  $T_{fe} = 130^\circ\text{C}$  avec un débit  $\dot{m} = 1000$  kg/h. Sa chaleur massique est  $C_p = 2,7$  kJ/kg.K. Le coefficient global d'échange thermique entre le fluide et l'extérieur à  $T_a = 30^\circ\text{C}$  s'élève à  $K = 10$  W/m<sup>2</sup>.K. Il est supposé constant.

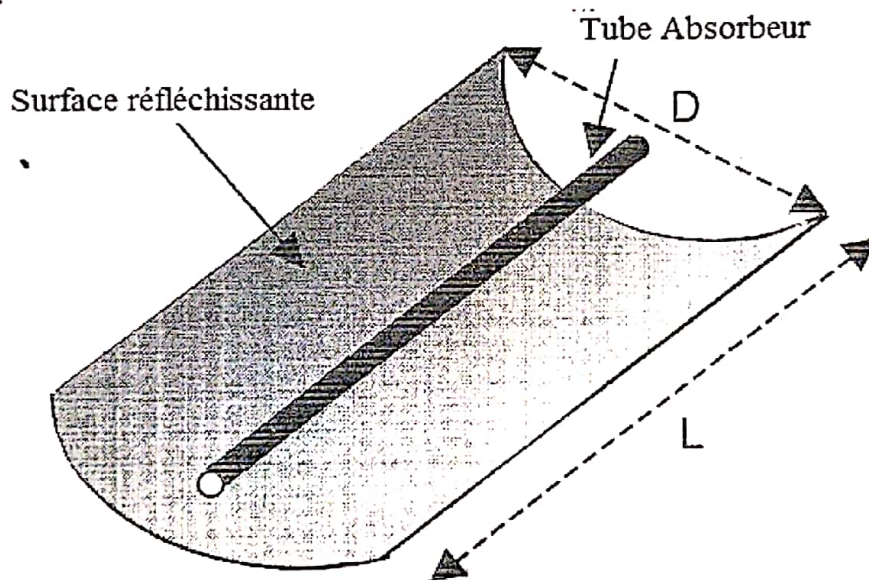


Figure 1

Le flux solaire arrivant à l'ouverture du concentrateur vaut  $I_N = 850$  W/m<sup>2</sup>. On considère une tranche de longueur  $dx$  du tube absorbeur représentée sur la figure 2. Soit  $dQ$  le flux solaire absorbé par le fluide situé à l'intérieur de l'élément de tube de longueur  $dx$  et  $dQ_p$  la puissance perdue par cet élément vers l'environnement.

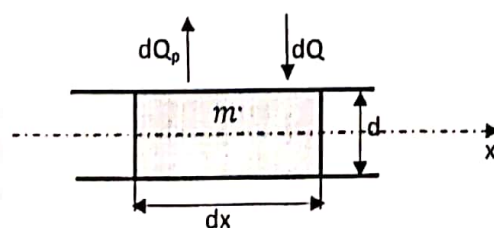


Figure 2

- 1- Donner l'expression de la puissance reçue par l'élément de longueur  $dx$ .
- 2- Donner l'expression de la puissance perdue par l'élément de longueur  $dx$  vers l'environnement.
- 3- Etablir l'équation de bilan en régime permanent pour l'élément de longueur  $dx$ .
- 4- a- Déterminer l'expression de la température du fluide en fonction de  $x$ .  
b- En déduire la température de sortie du fluide  $T_{fs}$ .
- 5- Déterminer la puissance utile  $Q_u$  fournie au fluide caloporteur
- 6- Déterminer le rendement instantané du capteur à concentration.

### Exercice 2 : Etude d'une centrale électrique à tour

Une centrale solaire à tour est constituée essentiellement des éléments représentés sur la figure 3.

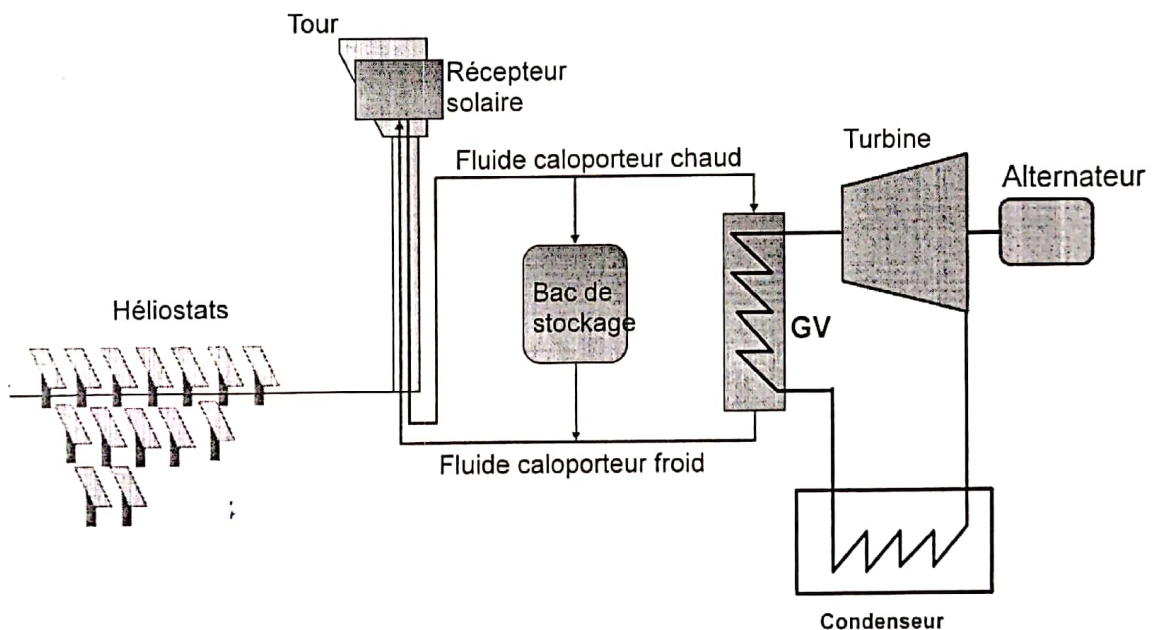


Figure 3

Les caractéristiques essentielles de la centrale à tour sont données ci-dessous :

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| • Surface d'un héliostat                            | $S_h = 100 \text{ m}^2$   |
| • Nombre d'héliostats                               | $N_h = 500$               |
| • La concentration effective                        | $C_e = 500$               |
| • La température du récepteur au sommet de la tour  | $T_r = 450^\circ\text{C}$ |
| • La température ambiante                           | $T_a = 25^\circ\text{C}$  |
| • Facteur d'absorption du récepteur                 | $\alpha_r = 0.7$          |
| • Facteur d'émission du récepteur                   | $\varepsilon_r = 0.85$    |
| • L'intensité moyenne du rayonnement solaire direct | $I_N = 800 \text{ W/m}^2$ |

La chaleur produite est transportée par un sel fondu dans un réservoir de stockage calorifugé et vers un générateur de vapeur **GV**.

1. Calculer :
  - a- La puissance solaire instantanée  $P_{in}$  reçue par la centrale.
  - b- Le rendement du récepteur  $\eta_r$ .
  - c- La puissance apportée vers le réservoir de stockage et le générateur de vapeur **GV**.
2. On considère le cycle à vapeur produite dans le **GV**. Il s'agit d'un échangeur de chaleur où les sels surchauffés par le rayonnement solaire échangent leur énergie thermique avec de l'eau à la pression de 60 bars. Cette eau donne de la vapeur surchauffée à 380°C (point 1).

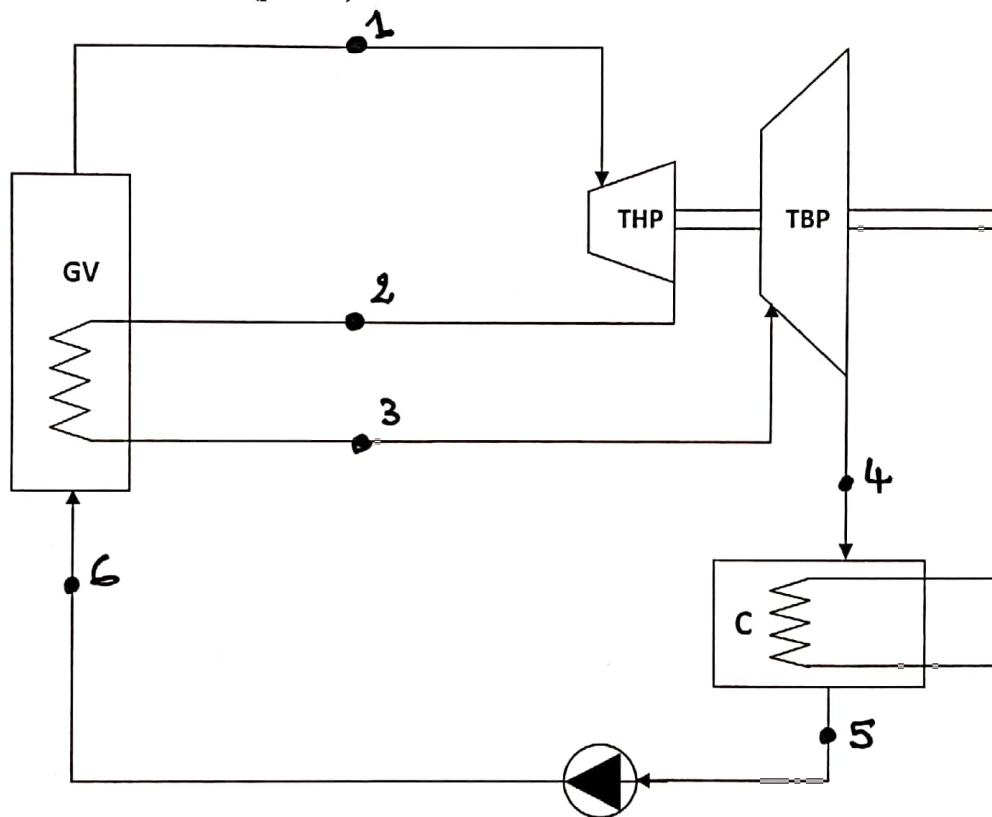


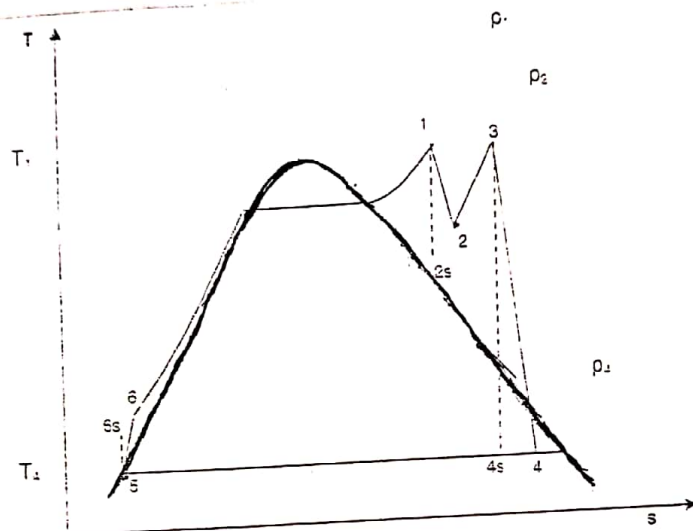
Figure 4

La vapeur alimente une turbine haute pression (THP) dont le rendement isentropique s'élève à 0.8. Elle sort à 23 bars puis retourne au **GV** où sa température est relevée à 380°C. Elle va alimenter l'étage basse pression (TBP) de même rendement isentropique que l'étage HP. A la sortie de celui-ci, elle se transforme en eau liquide dans le condenseur où règne la pression  $P_4 = 0.07 \text{ bar}$ . Une pompe de rendement  $\eta_p = 0.7$  remonte la pression de l'eau à celle qui règne au **GV**. Une représentation du cycle est donnée dans le diagramme T-S de l'eau (figure 5). Les caractéristiques thermodynamiques de l'eau aux différents points du cycle sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Le rendement isentropique de la turbine HP est donné par :  $\eta_{THP} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}}$ .

Pour la turbine BP,  $\eta_{TBP} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}}$

Le rendement de la pompe est  $\eta_p = \frac{1}{\rho} \frac{(P_6 - P_5)}{(h_6 - h_5)}$ , avec la masse volumique de l'eau  $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$  supposée constante.



point	T (°C)	p (bars)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	x (titre)
1	380	60	3 123.52	6.4579	vapeur surchauffée
2s	249	23	2 886.40	6.4579	vapeur surchauffée
2	267.8	23	2 933.82	6.545	vapeur surchauffée
3	380	23	3 197.80	6.9905	vapeur surchauffée
4s	39	0.07	2 170.97	6.9905	0.833
4	39	0.07	2 376.34	7.6484	0.919
5	39	0.07	163.27	0.5587	0
6s	39	60	163.26	0.5587	liquide compressé
6	41	60	171.83	0.5861	liquide compressé

- Calculer le rendement du cycle à vapeur
- Calculer la puissance électrique produite
- Déterminer le rendement globale instantané de la centrale solaire à tour.