

Centrale à vapeur avec soutirage

D'après PT 2008 C

Les résultats ci-dessous s'inspirent du sujet posé à la banque PT et ne constituent pas un corrigé exhaustif.

Le corrigé calculé sous Maple est commenté ci-dessous :

- Point 1 : liquide saturant à 44°C, 0,091 bar → $h_1 = h'(44^\circ\text{C})$

- Point 2 : Pompe adiabatique et de travail indiqué négligeable : $\Delta h = w_i + q_e = 0 \rightarrow h_2 = h_1$

Cette hypothèse est assez critiquable, on retrouve "à l'envers" la "détente de Joule-Thomson" qui est irréversible. Le travail de la pompe (faible) est en fait facilement calculable (liquide incompressible)
 $w_i = \int v dP = v \times \Delta P = 5,4 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Le fait de donner des valeurs tirées des tables au centième de kJ est alors un peu abusif...

-Point 3 : Vapeur saturante (sèche) à 269°C, 54,2 bar

-Points 4, 5, 7 : mélanges diphasés sous diverses pressions mais de même entropie que (3) puisque la turbine est adiabatique sans frottements. On calcule le titre en vapeur X puis l'enthalpie massique h selon :

$$X = \frac{s - s'}{s'' - s'} ; h = h' \times (1 - X) + h'' \times X$$

-Points 6 et 8, liquides NON saturants, mais de même enthalpie que le liquide saturant à la même température :

L'enthalpie d'un liquide incompressible ne dépend que de sa température : $dh/dT = c$ Cela le fait ressembler (partiellement !) à un gaz parfait (2ième loi de Joule)

Bilans énergétiques (pseudo-massiques) : On fait des bilans pour une masse unité de fluide (eau) sortant en aval de la turbine et des masses (notées x_1, y_1, x_2) soutirées.

Le travail et/ou la chaleur fourni(s) par la machine au fluide s'exprime(nt) en fonction des diverses enthalpies massiques selon le bilan énergétique généralisé :

$$\sum m_i \times h_i = W_i + Q_e$$

Où m_i est la masse ALGEBRIQUE sortant par le point i avec l'enthalpie h_i ($m_i < 0$ au niveau d'une entrée)

- Pour la turbine $W_i < 0, Q_e = 0$
- Pour les réchauffeurs $W_i = 0, Q_e = 0$
- Pour le générateur de vapeur : $W_i = 0, Q_e > 0$

Le tableau relatif aux divers états du cycle s'écrit (en gras les données).

On a ajouté les entropies (non demandées...)

	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>P(bar)</i>	0.091	54.2	54.2	0.091	3.614	54.2	18.699	54.2
<i>T(°C)</i>	44	44	269	44	140	140	209	209
<i>Titre x en vapeur</i>	0	<i>L</i>	1	0.703	0.809	<i>L</i>	0.893	<i>L</i>
<i>h(kJ.kg⁻¹)</i>	184.2	184.2	2790.6	1869	2323.7	589.1	2591.4	893.2
<i>s(kJ.K⁻¹.kg⁻¹)</i>	0.625	0.625	5.9375	5.9375	5.9375		5.9375	

Centrale à vapeur avec soutirage(s)

D'après Banque PT 2008 C

a) On complète le tableau 6

> restart;

> h1:=184.17;h2:=h1; h3:=2790.6;

$$h1 := 184.17$$

$$h2 := 184.17$$

$$h3 := 2790.6$$

> H:=(1-Xv)*ha+Xv*hb;Xv:=(s-sa)/(sb-sa);

$$H := (1 - Xv) ha + Xv hb$$

$$Xv := \frac{s - sa}{sb - sa}$$

> s:=5.9375:sa:=0.6252:sb:=8.1842:ha:=184.17:hb:=2581.5:X4:=Xv;h4:=H;

$$X4 := .7027781453$$

$$h4 := 1868.961131$$

> s:=5.9375:sa:=1.7390:sb:=6.9284:ha:=589.1:hb:=2733.1:X5:=Xv;h5:=H;

$$X5 := .8090530697$$

$$h5 := 2323.709782$$

> s:=5.9375:sa:=2.4153:sb:=6.3612:ha:=893.17:hb:=2795.7:X7:=Xv;h7:=H;

$$X7 := .8926227223$$

$$h7 := 2591.411508$$

> h6:=589.10:h8:=893.17: #liquides !

b) Evaluation des quantités soutirées / Bilan aux réchauffeurs / Rendements thermiques

1 : installation sans soutirage

> wt:=h4-h3;qGV:=h3-h2;eta[0]:=-wt/qGV;

$$wt := -921.638869$$

$$qGV := 2606.43$$

$$\eta_0 := .3536020031$$

2 : installation avec soutirage aval

On détermine la quantité x1 par bilan énergétique au réchauffeur puis on évalue le rendement

> bilan:=x*(h6-h5)+(h6-h2)=0;x1:=solve(bilan,x);

$$bilan := -1734.609782 x + 404.93 = 0$$

$$x1 := .2334415522$$

> wt:=x1*h5+h4-(1+x1)*h3;qGV:=(1+x1)*(h3-h6);eta[1]:=-wt/qGV;

$$wt := -1030.630446$$

$$qGV := 2715.421577$$

$$\eta_1 := .3795471225$$

3 : Installation avec soutirage amont

On nous précise que le bilan se retrouve à l'identique : $y_1 = x_1 \Rightarrow$ pas de changement dans le rendement.

4 : Installation à deux soutirages

La valeur de x_1 est inchangée (même bilan), on calcule x_2

```
> bilan:=x2*(h8-h7)+(1+x1)*(h8-h6)=0;x2:=solve(bilan,x2);
```

$$bilan := -1698.241508 x_2 + 375.0525727 = 0$$

$$x_2 := .2208476067$$

```
> wt:=x1*h5+x2*h7+h4-(1+x1+x2)*h3;qGV:=(1+x1+x2)*(h3-h8);eta[2]:=-wt/qGV;
```

$$wt := -1074.620748$$

$$qGV := 2759.411879$$

$$\eta_2 := .3894383278$$

On constate bien une amélioration du rendement avec le nombre de soutirages