

Problème 1 : Thermodynamique dans un réacteur à eau pressurisée (d'après CCINP)
1) Etude thermodynamique du circuit secondaire simplifié
a) Questions préliminaires

1. voir ci-dessous

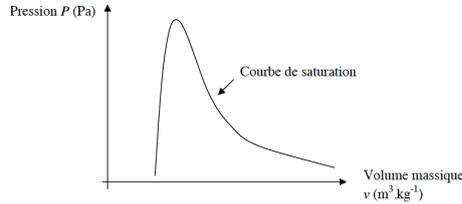


Figure 2 : diagramme de Clapeyron

2. Zone liquide : liquide peu compressible, donc $v = \text{cste}$. Dans la zone vapeur, loi du point critique, on peut utiliser le modèle du GP, on a alors $P = \frac{rT}{v}$ soit une hyperbole. Dans la zone diphasique, $P = P(T)$, isotherme horizontale. $T_c = 647 \text{ K}$ ce qui permet de placer les 2 isothermes.

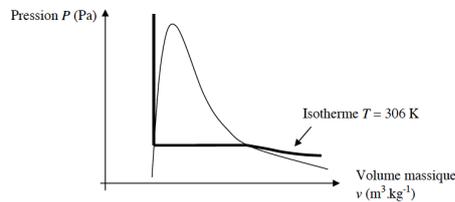


Figure 3 : isotherme dans le diagramme de Clapeyron

3. $\Delta S = S_e + S_c$ avec $S_e = \int \frac{\delta Q}{T}$ qui est nul car transformation adiabatique, et $S_c = 0$ car la transformation est réversible.

4. On peut intégrer : $\Delta h = v\Delta P = 7 \text{ kJ.kg}^{-1}$; d'autre part $\Delta h = w$, on en déduit $h \approx \text{cste}$

b) Etude du cycle thermodynamique simplifié

Point	Pression (bar) 1 bar = 10^5 Pa	Température (K)	Etat du fluide secondaire	Enthalpie massique (kJ.kg^{-1})	Entropie massique ($\text{kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$)
1	70	559	Vapeur saturante	2 773,5	5,8162
2	0,05	306	Mélange diphasique		
3	0,05		Liquide saturant	137,8	0,4763
4	70		Liquide sous-saturé		

Tableau 2

5. Voir ci-dessus

6. Dans la turbine adiabatique réversible $s = \text{Cte}$, on a donc $s_1 = s''(559) = x_2 s''(306) + (1 - x_2) s'(306)$, $x_2 = 0,675$. On en déduit l'enthalpie massique $h_2 = x_2 h''(306) + (1 - x_2) h'(306) = 1772 \text{ kJ.kg}^{-1}$. $\Delta h = w_{iT} = h_2 - h_1 = -1001,5 \text{ kJ.kg}^{-1}$. Il y a donc de l'eau liquide dans la turbine qui peut endommager les pales.

7. L'état étant liquide $x_3 = 0$, et le liquide étant saturant est à la température d'équilibre liquide-vapeur soit 306 K. Il n'y a pas de partie mobile dans le condenseur soit $w = 0$ et donc $\Delta h = q_{eC} = -1634 \text{ kJ.kg}^{-1}$

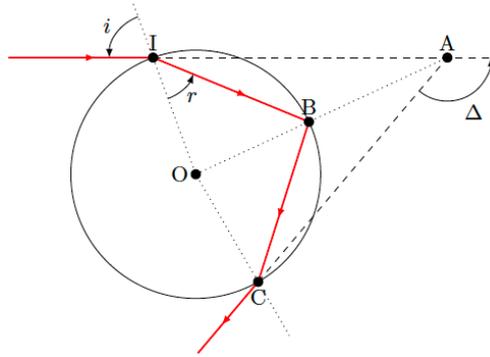
8. Il n'y a pas de partie mobile dans le générateur de vapeur, $\Delta h = q_{eGV} = h_1 - h_4 = 2635,7 \text{ kJ.kg}^{-1}$ avec $h_3 = h_4$ d'après les propriétés de la pompe.

9. $\eta_{\text{cycle}} = \frac{|w_{iT}|}{q_{eGV}} = 0,38$; $\eta_{\text{carnot}} = 1 - \frac{T_{\text{cond}}}{T_{\text{max}}} = 0,45$. La différence de rendement vient du fait qu'une partie de l'échange thermique entre la source chaude et le fluide se fait avec un écart de température non négligeable, cause de création d'entropie.

Problème 2 : Gobelets magiques (d'après CCINPP)

1) Théorie géométrique de l'arc en ciel

1. Les rayons réfléchis et réfractés sont dans le plan d'incidence (plan défini par le rayon incident et la normale au dioptré).
Les angles incidents et réfractés sont reliés par la relation $n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$



2.

Le triangle OIB est isocèle en O (OI et OB sont deux rayons) ainsi l'angle $\widehat{OIB} = \widehat{IBO} = r$ donc $\widehat{BOI} = \pi - 2r$.

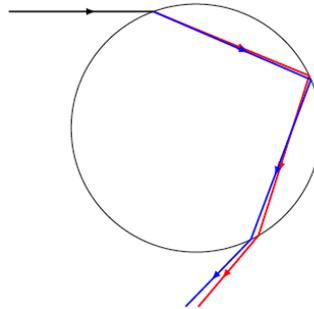
Dans le triangle AOI : $\widehat{OAI} + \widehat{AOI} + \widehat{OIA} = \pi$ et $\widehat{CAI} = 2\widehat{OAI}$, soit $\Delta = \pi - \widehat{CAI} = \pi - 4r + 2i$

Or $r = \arcsin\left(\frac{x}{n}\right)$, soit $\Delta = \pi - 4\arcsin\left(\frac{x}{n}\right) + 2\arcsin(x)$

3. On calcule $\frac{d\Delta}{dx} = \frac{2}{\sqrt{1-x^2}} - \frac{4}{\sqrt{n^2-x^2}}$ (utiliser la donnée...); l'annulation de la dérivée donne

$$x_m = \sin(i_m) = \sqrt{\frac{4-n^2}{3}}$$

4. On observe d'après la figure 8 qu'il existe un intervalle d'angle autour de 60° pour lequel Δ est constant, autour de 138° : tous les rayons arrivant à cette incidence sont renvoyés dans des directions très proches.
5. bleu/indigo : $n = 1,343$, $x_m = 0,8556$ et $\Delta_m = 139,4^\circ$ rouge : $n = 1,330$, $x_m = 0,8624$ et $\Delta_m = 137,5^\circ$
6. L'angle Δ pour le rouge est plus petit que pour le bleu. Sur le schéma :



Les rayons bleus sont moins inclinés par rapport à l'horizontale que les rouges. Le rouge est vu à l'extérieur et le bleu à l'intérieur.

2) Théorie ondulatoire de l'arc en ciel

- (a) $\omega_1 = 2,5 \cdot 10^{15} \text{ rad.s}^{-1}$ et $\omega_2 = 5 \cdot 10^{15} \text{ rad.s}^{-1}$
 - (b) On moyenne sur une durée bien supérieure à la période de l'onde électromagnétique (typiquement un temps plus grand que $1 \mu\text{m}$).
 - (c) Cours : terme non nul si $\omega_1 = \omega_2$ et $\varphi_1 - \varphi_2$ non aléatoire (constant suffit)
 - (d) Cours ; $\delta(P) = n_1 x_1 - n_2 x_2$
- Oscillation (cos) entre $I_{max} = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2$ et $I_{min} = (\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2})^2$ avec une période λ . Sur la photo, on observe des franges sombres, indiquant $I_{min} \approx 0$ soit $I_1 = I_2$
- On observe les interférences dans le plan focal d'une lentille (cela peut-être la rétine de l'observateur ou le capteur photo d'un appareil).
- Il y a des interférences constructives si $\delta = p\lambda$. L'écart entre deux franges est tel que :

$$D(\cos(i_{2,p+1}) - \cos(i_{1,p+1})) - 2Dn(\cos(r_{2,p+1}) - \cos(r_{1,p+1})) - D(\cos(i_{2,p}) - \cos(i_{1,p})) + 2Dn(\cos(r_{2,p}) - \cos(r_{1,p})) = \lambda$$

si D est plus grand, l'écart angulaire Δi ou Δr sera plus petit.

- On cherche D tel que

$$D(\cos(i_2) - \cos(i_1)) - 2Dn(\cos(r_2) - \cos(r_1)) = -2\lambda$$

On trouve $D = 1,357 \text{ mm}$