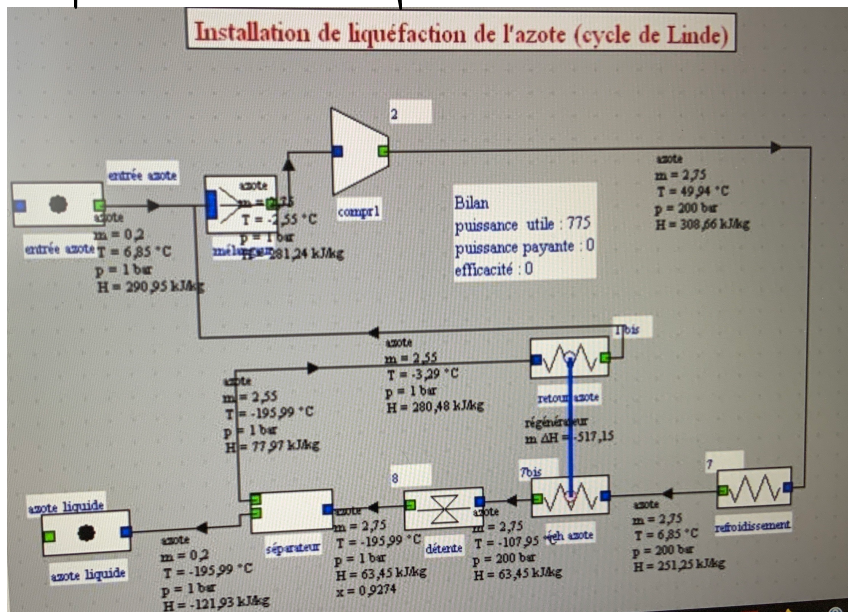


l'idée est la suivante :

- * le gaz se refroidit en A par détente de JK
- * il transite à travers B où il est en contact avec A, il y a donc refroidissement du gaz en A, qui subit en $\oplus$ une détente de JK $\rightarrow$ il est $\oplus$ refroidit encore que le gaz précédent
- * le gaz de B qui a servi à refroidir A est retourné au compresseur pour recommencer le cycle.

Il s'établit ainsi un R.P à partir de l'instant où la température est assez basse pour condenser partiellement le liq. en sortie de B. On sépare par gravité le liquide du gaz, ce qui déplace en plus l'équilibre dans le sens de formation du liquide.

$(T_{\text{vap}}(\text{N}_2) = -196^\circ\text{C} \text{ à } p = 10^5 \text{ Pa})$



cf p315 Pérez

transition : On "sait" refroidir un gaz, qu'en est-il des solides ?

I) Refroidissement de solides paramagnétiques

1) Identité thermo

Perez p326
banc de sol paramagnétique (sulfate gadolinium)

On a l'identité thermo: $dU = TdS + BdM$, où $\delta W_M = B \cdot dM$

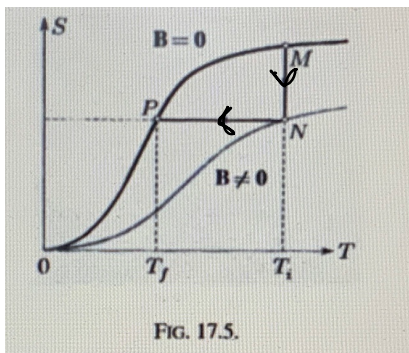
Come pour un gaz, on pose $dU = C_n dT = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_n$

d'où:
$$dS = \frac{C_n}{T} dT - \frac{B}{T} dM$$

2) Transformations envisagées

On applique les temps: * aimantation isoT

* désaimantation adiabatique



On appelle une substance paramagnétique parfait $\chi = \chi(B/T)$

↳ type Curie: $\chi = C_0 \frac{B}{T}$

Si $T \sim 300K$, $C_0 \sim 160 J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ et on a:

$$dS = 0 = \frac{C_0}{T} dT - \frac{B}{T} dM$$

$$\underline{dT = \frac{B}{C_n} dM < 0: \text{désaimantation}}$$

$$dT = T \frac{n dn}{C_n}$$

$$\ln T_f/T_i = \frac{-n_i^2}{2C_n}$$

EC₂: $C_n \sim 160 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$, $B_i = 1\text{T}$, $x_m \sim 0,19 \cdot 10^{-6}$

$$\Delta T_f = -5,2 \cdot 10^{-9} \ll 1$$

↳ il faut partir de T ↓↓

⇒ on utilise un gaz liquéfié pour venir refroidir le barreau

3) Refroidissement d'un barreau déjà "froid"

A T $\sim 5\text{K}$, on a $C_n \ll C_{n,T_{ab}}$ ⇒ on le néglige
en 1^{ère} approx: $dS = 0 \approx \frac{B}{T} dM$

donc: $n(B_f) = \text{cte}$ ce qui est bon car on désaimante...

$$\begin{aligned} \text{↳ } T_f &= T_i \frac{B_f}{B_i} = 5 \text{ mK} \\ &\quad \uparrow \\ &\quad B_f = 10 \text{ mT} \\ &\quad B_i = 1\text{T} \\ &\quad T_i \sim 2\text{K} \end{aligned}$$

juste ODS car si $B_f = 0\text{T}$,
 $T_f = 0\text{K}$ n'est pas possible

limite: * il faut des grands B, donc supra, donc refroidir...

* Gd^{2+} est très toxique

* Peu de sels vérifient à bas T la loi de Curie.

* il faut que le solide soit para

CCL: idée principale: on utilise d'ors la m technique pour refroidir (détente pour le gaz) et on utilise un autre objet déjà froid pour aller $\oplus$ loin.