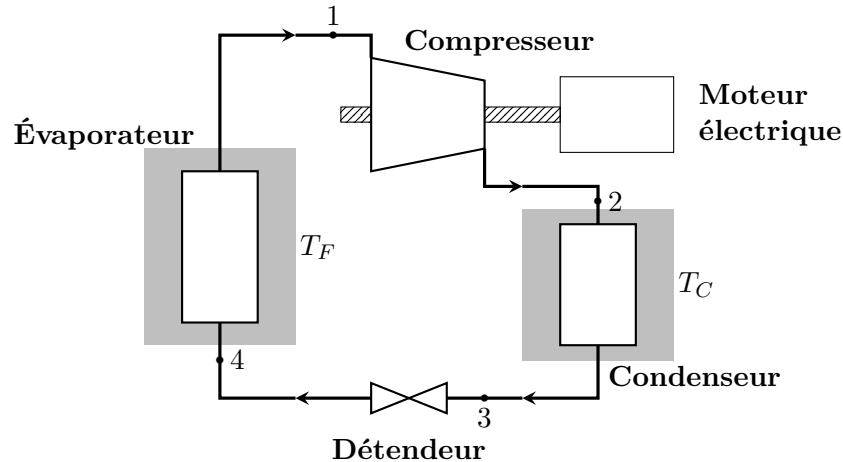


Application à l'étude d'un réfrigérateur ou d'une pompe à chaleur

Le schéma de principe d'une pompe à chaleur ou d'un réfrigérateur est donné ci-dessous.



Un fluide s'écoule en régime stationnaire entre les différentes machines constituant le dispositif.

- 1 → 2 : compression du fluide dans un **compresseur** adiabatique réversible (machine idéale). Le compresseur est entraîné par un moteur électrique. On note $\mathcal{P}_u(\text{Cp})$ la puissance utile au niveau du compresseur.
- 2 → 3 : refroidissement puis liquéfaction totale dans un **condenseur**. Cette transformation est isobare : $P_3 = P_2$. Le condenseur est un échangeur de chaleur en contact avec une source chaude de température T_C (typiquement l'air de la cuisine dans le cas d'un réfrigérateur domestique).

On note $\mathcal{P}_{\text{th}}(\text{Cd})$ la puissance thermique échangée entre le fluide et la source chaude dans cet appareil.

- 3 → 4 : détente dans un **détendeur** adiabatique, sans pièces mécaniques mobiles.
- 4 → 1 : vaporisation complète dans l'**évaporateur**, de façon isobare : $P_4 = P_1$. L'évaporateur est un échangeur de chaleur en contact avec une source froide de température T_F (typiquement l'intérieur d'un réfrigérateur domestique).

On note $\mathcal{P}_{\text{th}}(\text{Ev})$ la puissance thermique échangée entre le fluide et la source froide dans cet appareil.

Pour la suite, nous prendrons l'exemple du fluide tétrafluorométhane (noté R-134a dans la nomenclature officielle). Le tableau ci-dessous indique des données thermodynamiques ainsi que l'état physique du fluide aux différents points du dispositif.

Point	T (°C)	P (bar)	État physique
1	$T_1 = -20^\circ\text{C}$	$P_1 = P_{\text{sat}}(T_1)$	Vapeur sèche - saturante
2		$P_2 = 8,0 \text{ bar}$	Vapeur sèche
3			Liquide. Point sur courbe d'ébullition
4	$T_4 = T_1$		Mélange diphasé

On néglige toute variation de la vitesse macroscopique du fluide ainsi que toute variation de l'énergie potentielle macroscopique de pesanteur.

- 1) Tracer l'évolution de 1kg de fluide sur le diagramme des frigorigènes fourni. Tracer l'allure schématisée de cette évolution sur un diagramme de Clapeyron (v, P).
- 2) Dédire de la lecture du diagramme ($h, \log P$) les enthalpies massiques du fluide h_1, h_2, h_3 et h_4 aux différents points du dispositif.
- 3) Déterminer le titre massique en vapeur x_4 au point 4.
- 4) Appliquer les premier et second principe industriel à chaque machine. En déduire les relations "globales" :

$$\mathcal{P}_{\text{th}}(\text{Cd}) + \mathcal{P}_{\text{th}}(\text{Ev}) + \mathcal{P}_u(\text{Cp}) = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\mathcal{P}_{\text{th}}(\text{Cd})}{T_C} + \frac{\mathcal{P}_{\text{th}}(\text{Ev})}{T_F} \leq 0$$