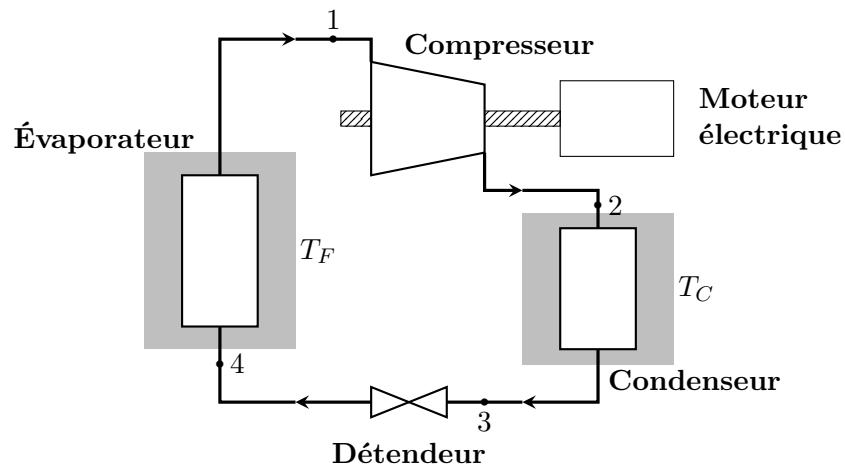


## Application à l'étude d'un réfrigérateur ou d'une pompe à chaleur

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.

- $1 \rightarrow 2$  : compression du fluide dans un **compresseur** adiabatique réversible (machine idéale). Le compresseur est entraîné par un moteur électrique. On note  $\mathcal{P}_u(C_p)$  la puissance utile au niveau du compresseur.
- $2 \rightarrow 3$  : 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  $\mathcal{P}_{th}(Cd)$  la puissance thermique échangée entre le fluide et la source chaude dans cet appareil.

- $3 \rightarrow 4$  : détente dans un **détendeur** adiabatique, sans pièces mécaniques mobiles.

- $4 \rightarrow 1$  : 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  $\mathcal{P}_{th}(Ev)$  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	$T$ ( $^{\circ}$ C)	$P$ (bar)	État physique
1	$T_1 = -20^{\circ}$ C	$P_1 = P_{sat}(T_1)$	Vapeur sèche - saturante
2		$P_2 = 8,0$ 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 frigoristes fourni. Tracer l'allure schématique de cette évolution sur un diagramme de Clapeyron ( $v, P$ ).
- 2) Déduire 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" :

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