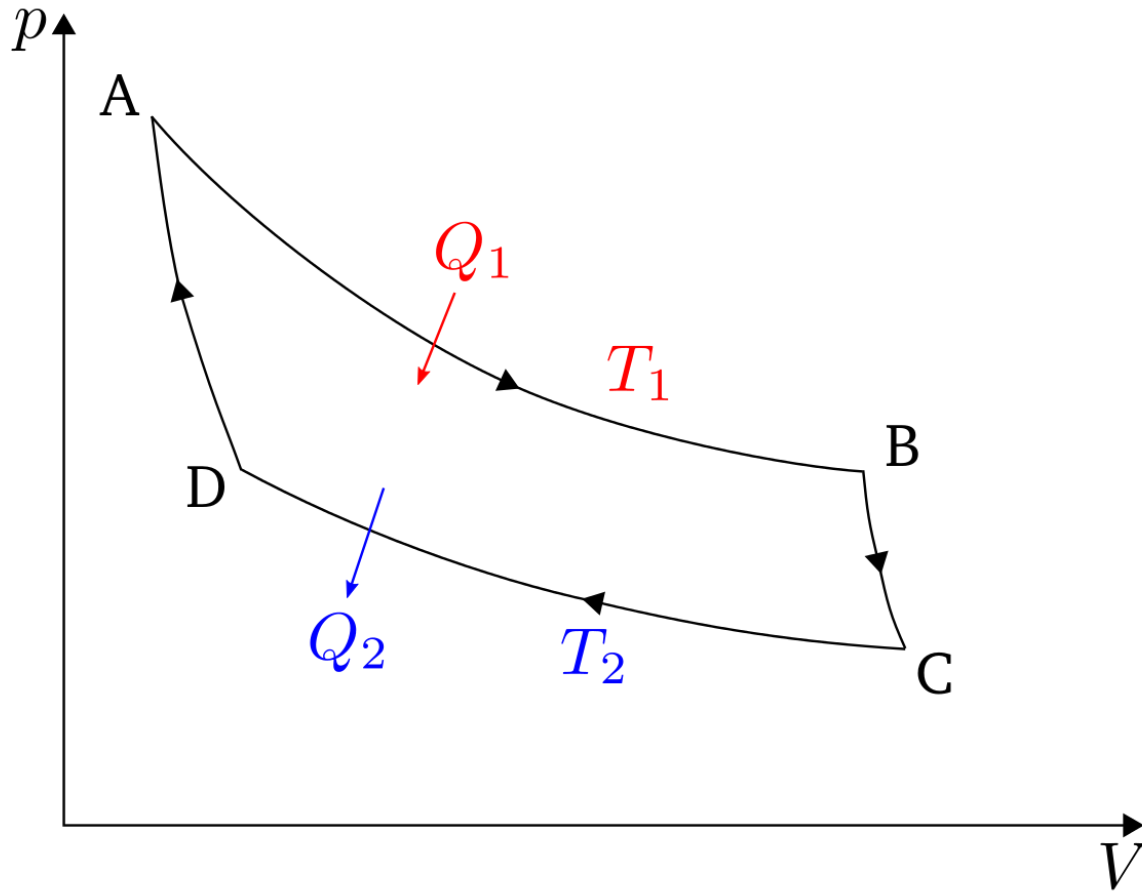


LP 14 : Machines thermiques réelles

Prérequis :

- 1^{er} et 2nd principe appliqué à un système fermé
- 1^{er} principe industriel pour un écoulement permanent
- Loi de Laplace : $PV^\gamma = cst$
- Détente de Joule Thomson
- Notions de bases concernant les machines thermiques :
 - Définition d'une machine thermique
 - Cycle idéal de Carnot, théorème de Carnot
 - Lien entre le diagramme de Clapeyron et le travail reçu par le fluide
 - Définition d'un cycle moteur, récepteur, pompe à chaleur, machine frigorifique
 - Définition du rendement et efficacité
- Transitions de phases (liquide/gazeux):

Introduction



- Rendement du moteur de Carnot :

$$\eta_c = 1 - \frac{T_F}{T_c} = \frac{T_c - T_F}{T_c}$$

- Théorème de Carnot :

$$\eta \leq \eta_c$$

Cycle de Carnot (moteur) dans le diagramme de Clapeyron :

- AB : détente isotherme ;
- BC : détente adiabatique ;
- CD : compression isotherme ;
- DA : compression adiabatique.

Introduction

Problématique de la leçon :

Le cycle de Carnot est une construction purement théorique.

Est-il réalisable en pratique ? Quelles sont ses limites ?

Quelles solutions techniques peuvent être apportées pour réaliser des **machines thermiques réelles** motrices ou réceptrices.

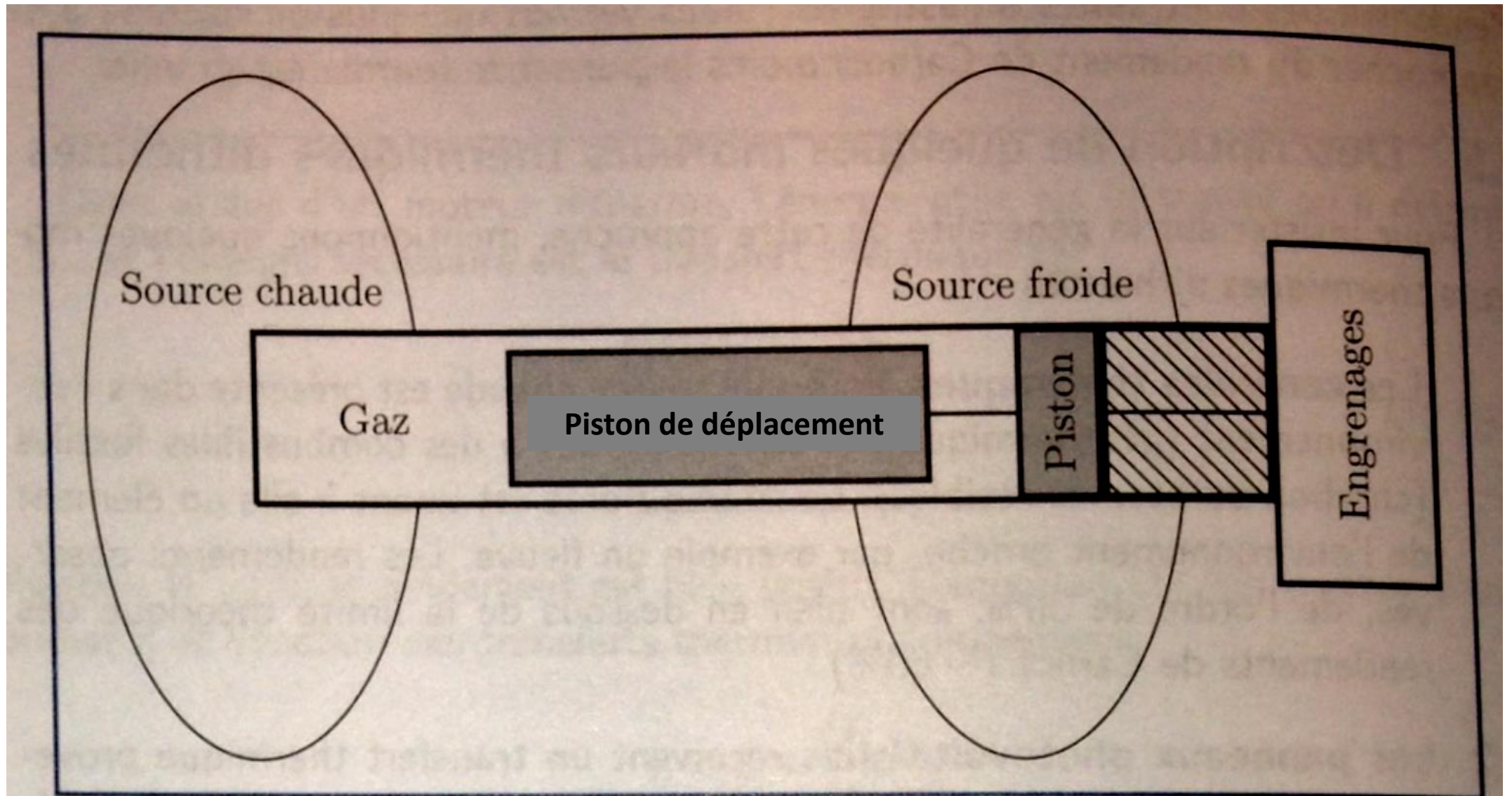
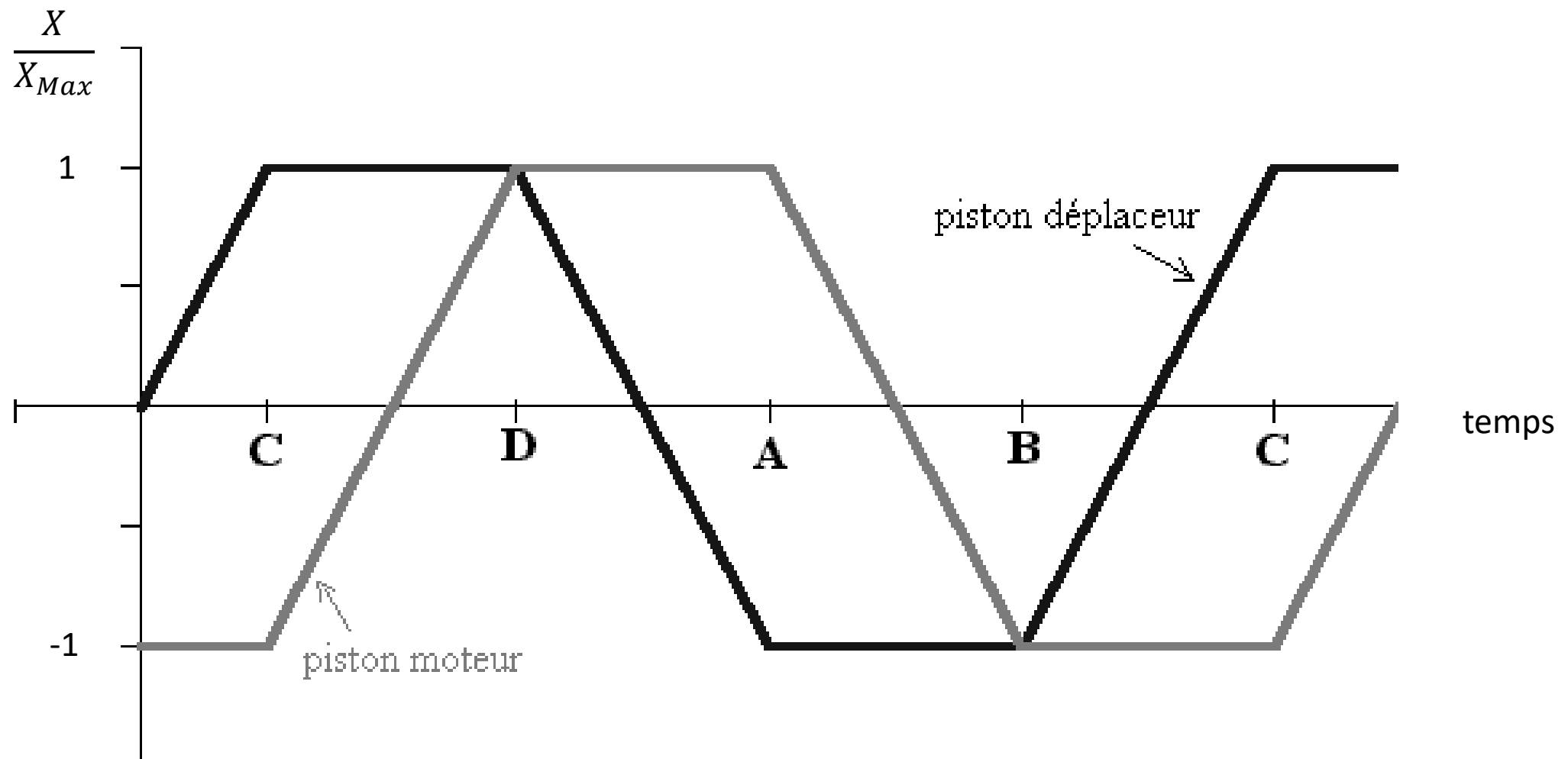
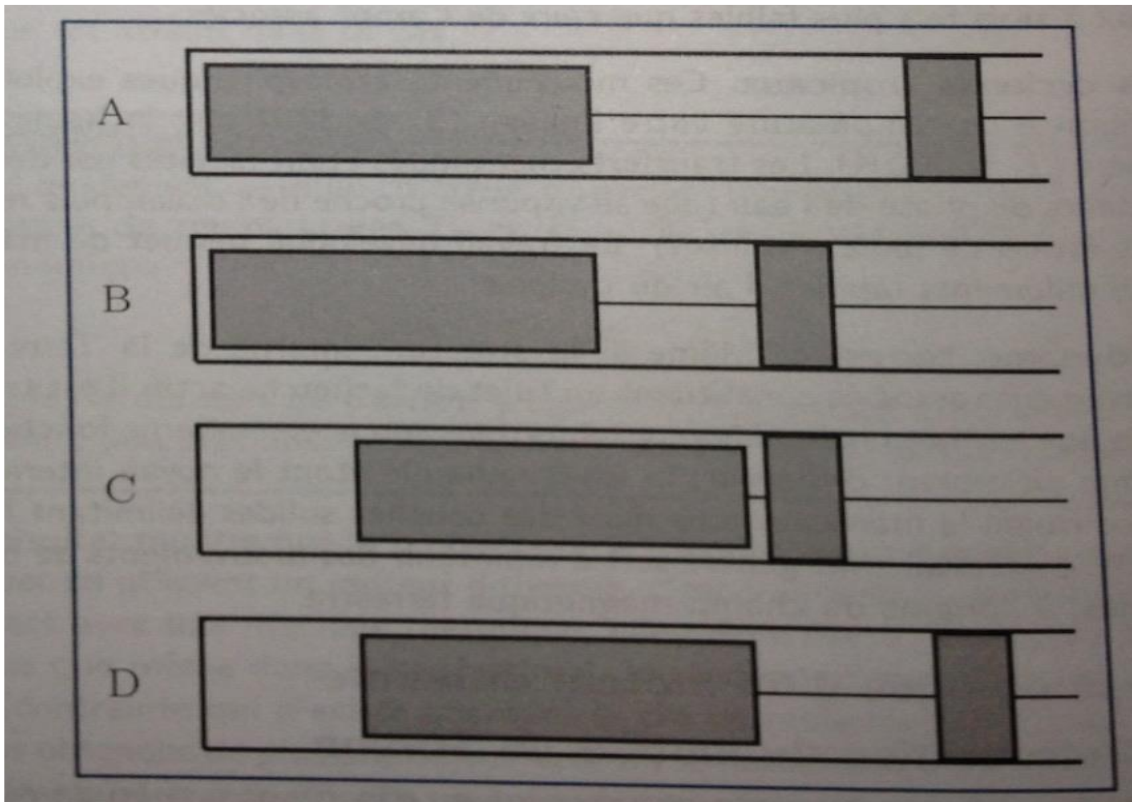


Schéma du moteur de Stirling



Approximation trapézoïdale du déplacement des pistons



Différentes phases d'un cycle de Stirling

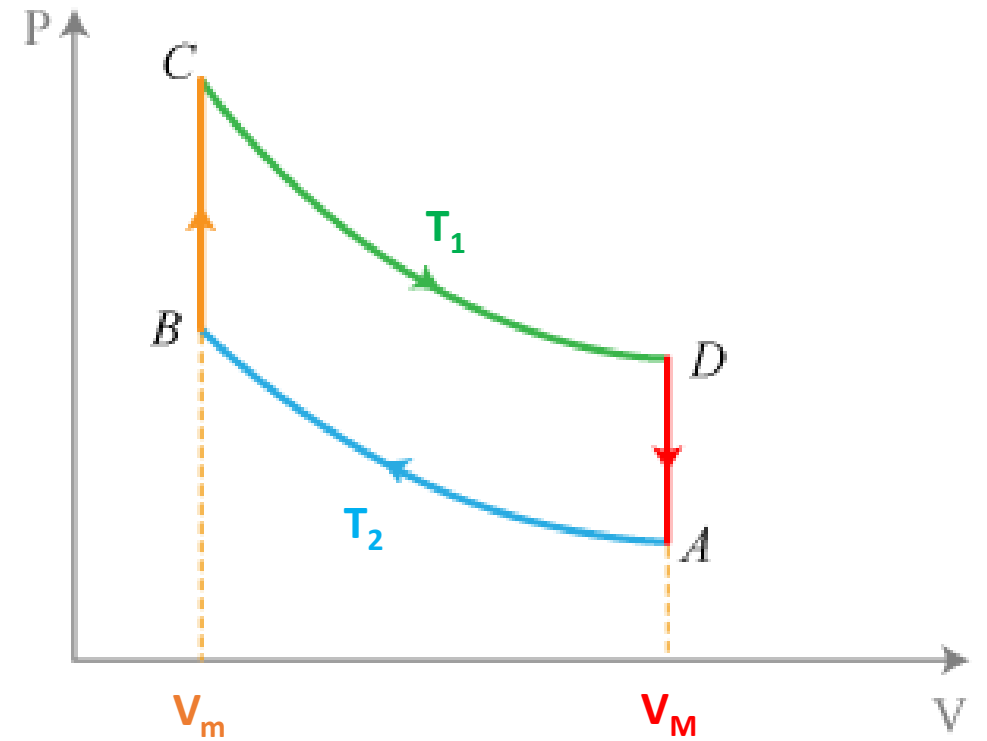


Diagramme de Clapeyron du cycle de Stirling

Système Σ : Gaz contenu dans le cylindre

$A \rightarrow B$: Compression isotherme ($T = T_f$)

$B \rightarrow C$: Transformation isochore ($V = V_m$)

$C \rightarrow D$: Détente isotherme ($T = T_c$)

$D \rightarrow A$: Transformation isochore ($V = V_M$)

Diagramme de Mollier du R134A

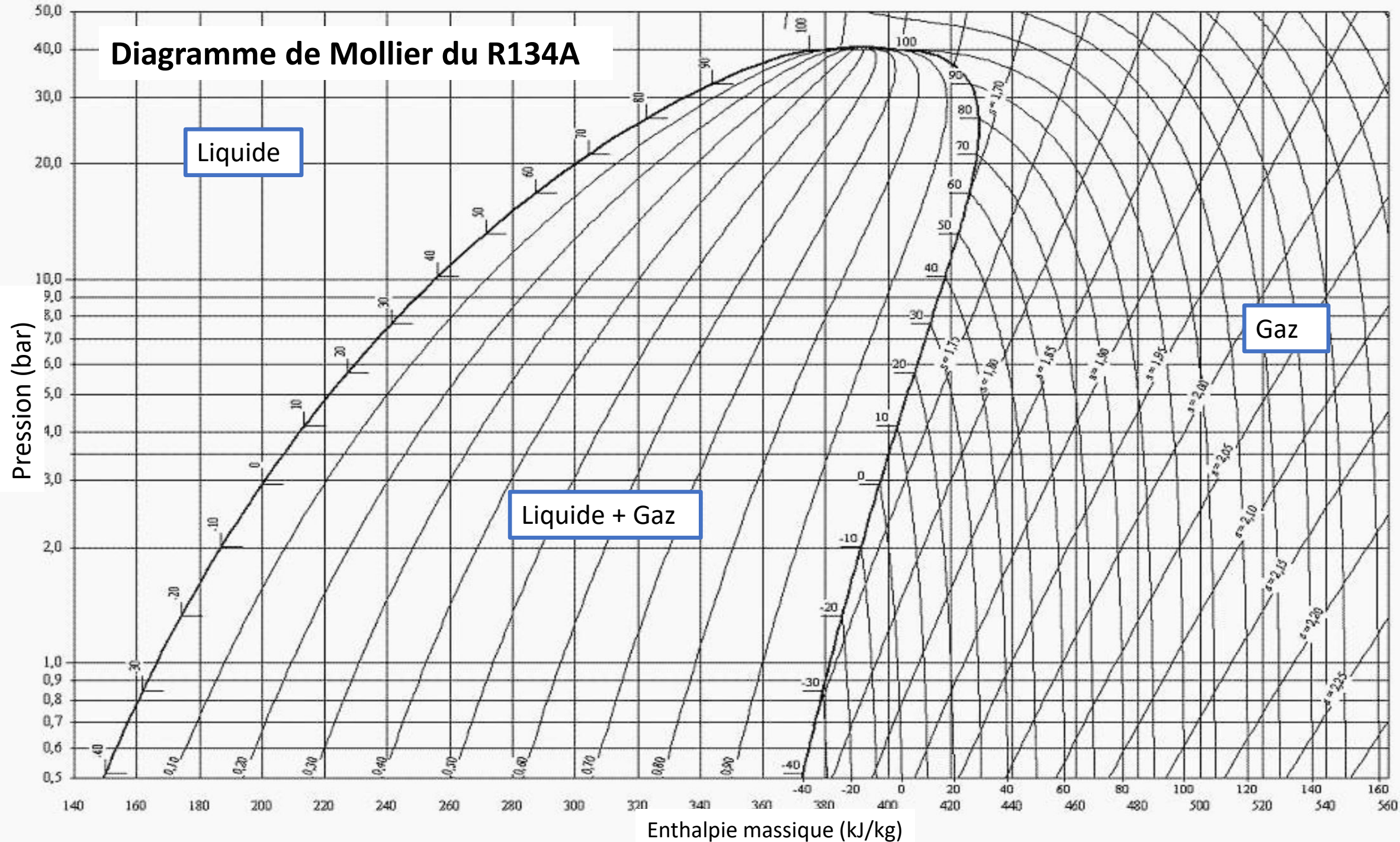


Diagramme de Mollier du R134A

Pression (bar)

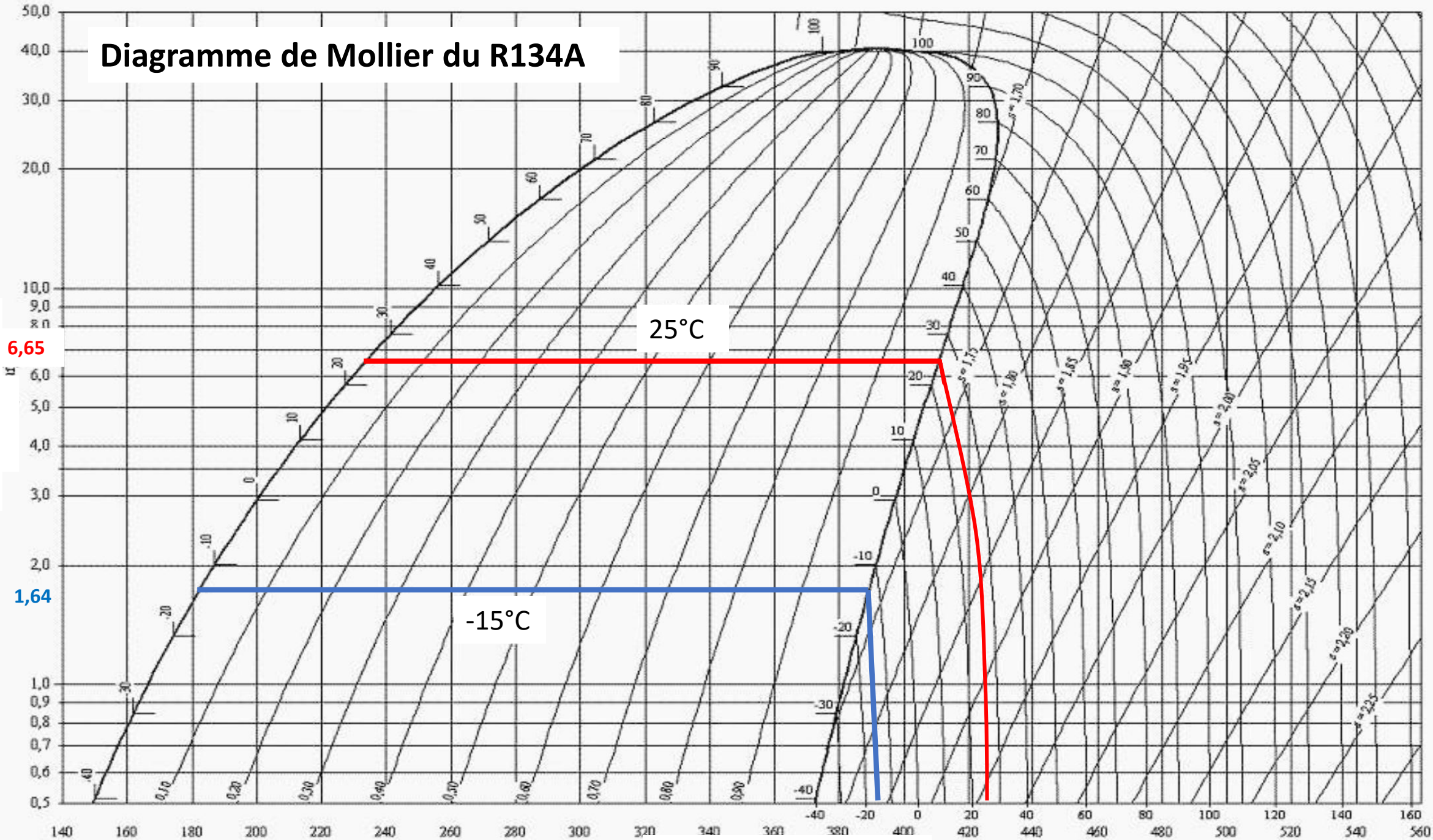
6,65

1,64

25°C

-15°C

Enthalpie massique (kJ/kg)



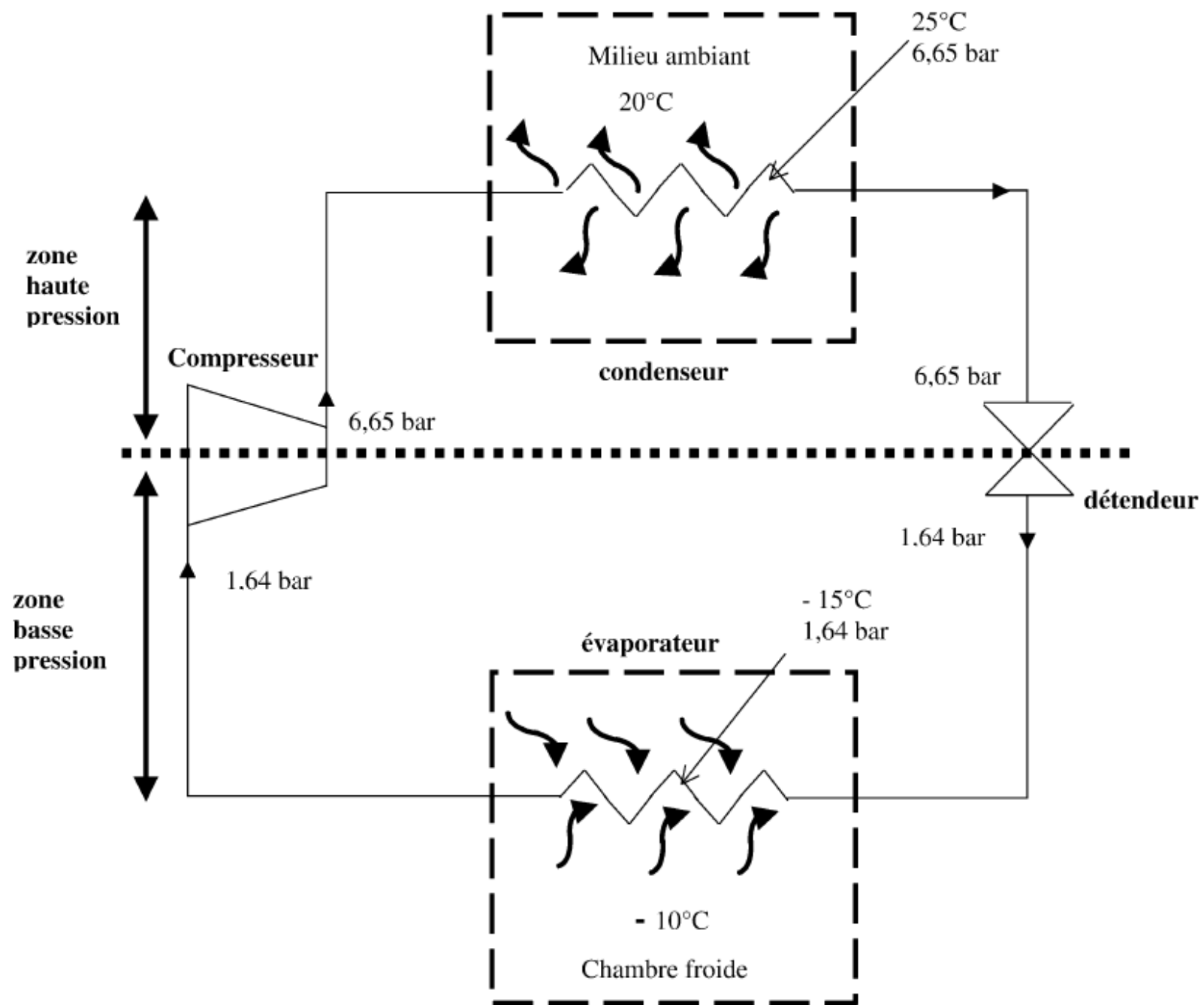


Diagramme de Mollier du R134A

Pression (bar)

6,65

1,64

25°C

-15°C

Enthalpie massique (kJ/kg)

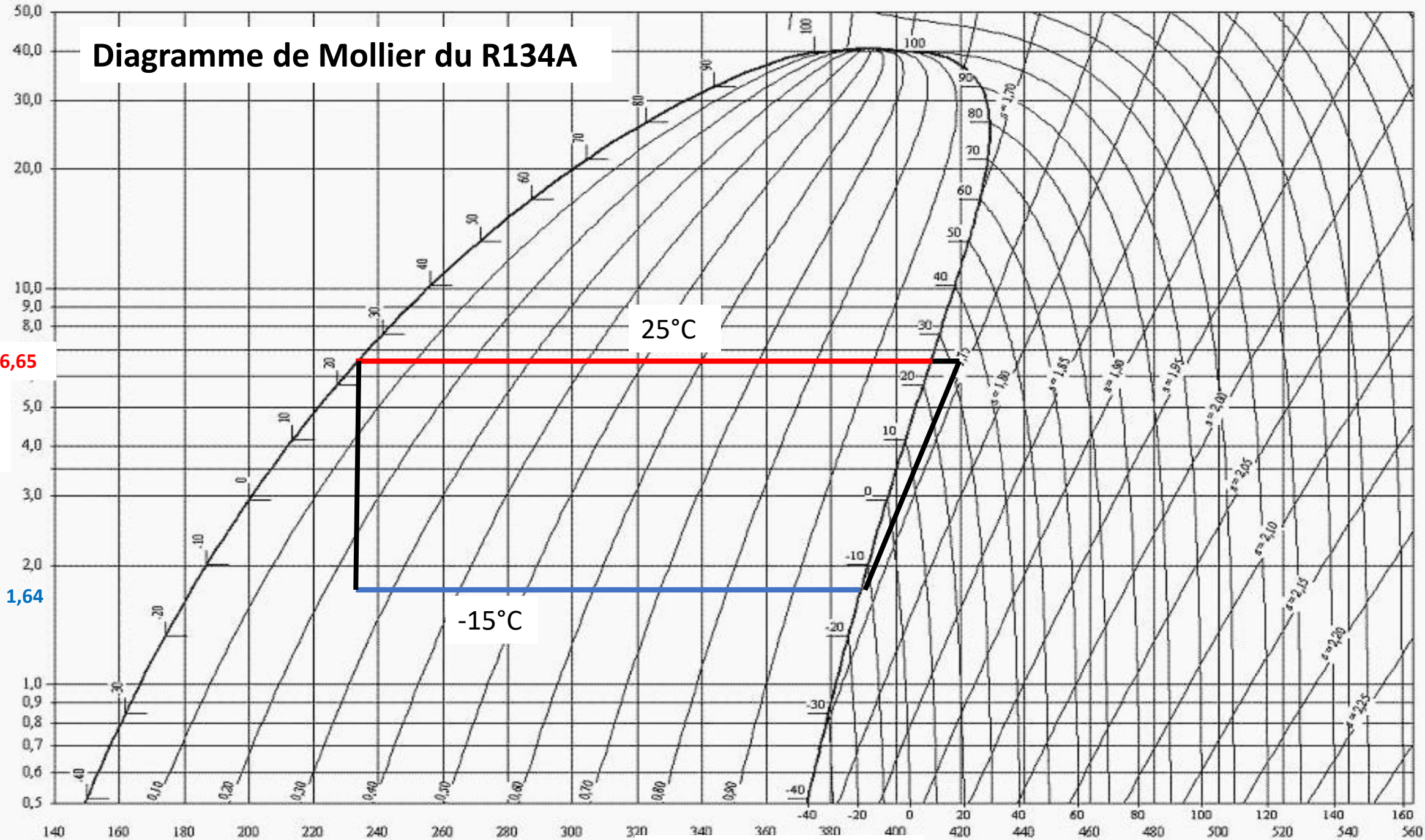
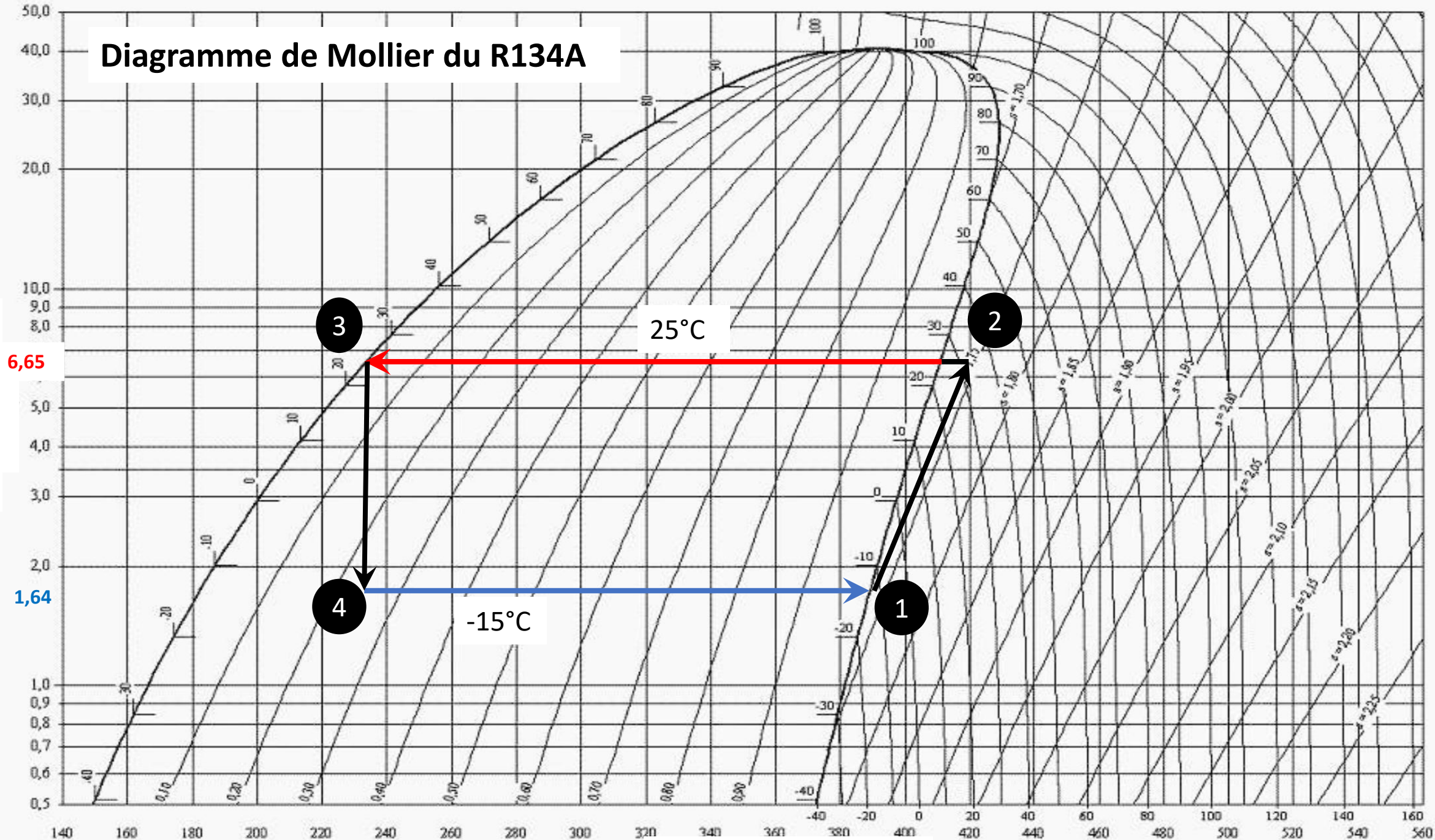
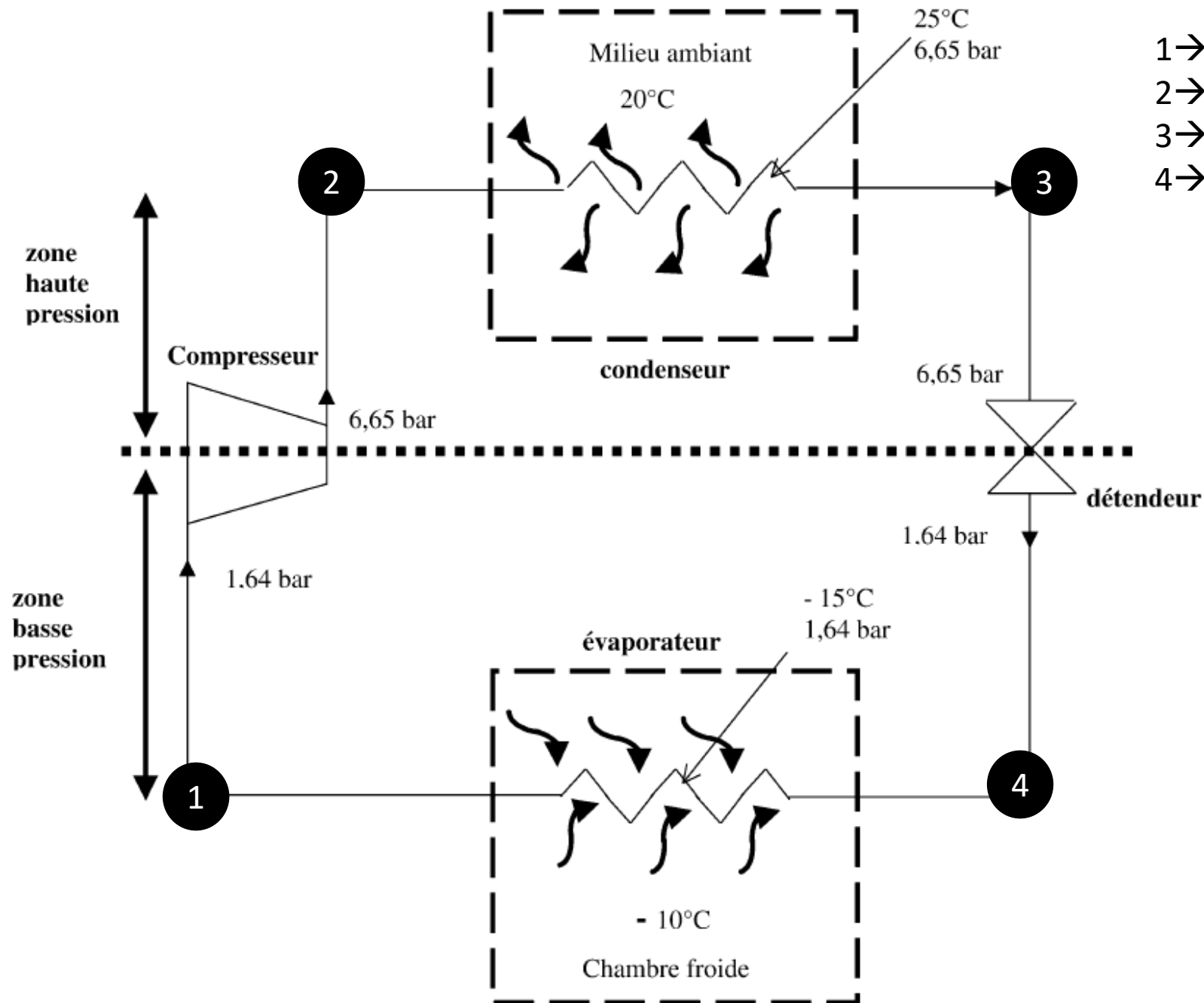


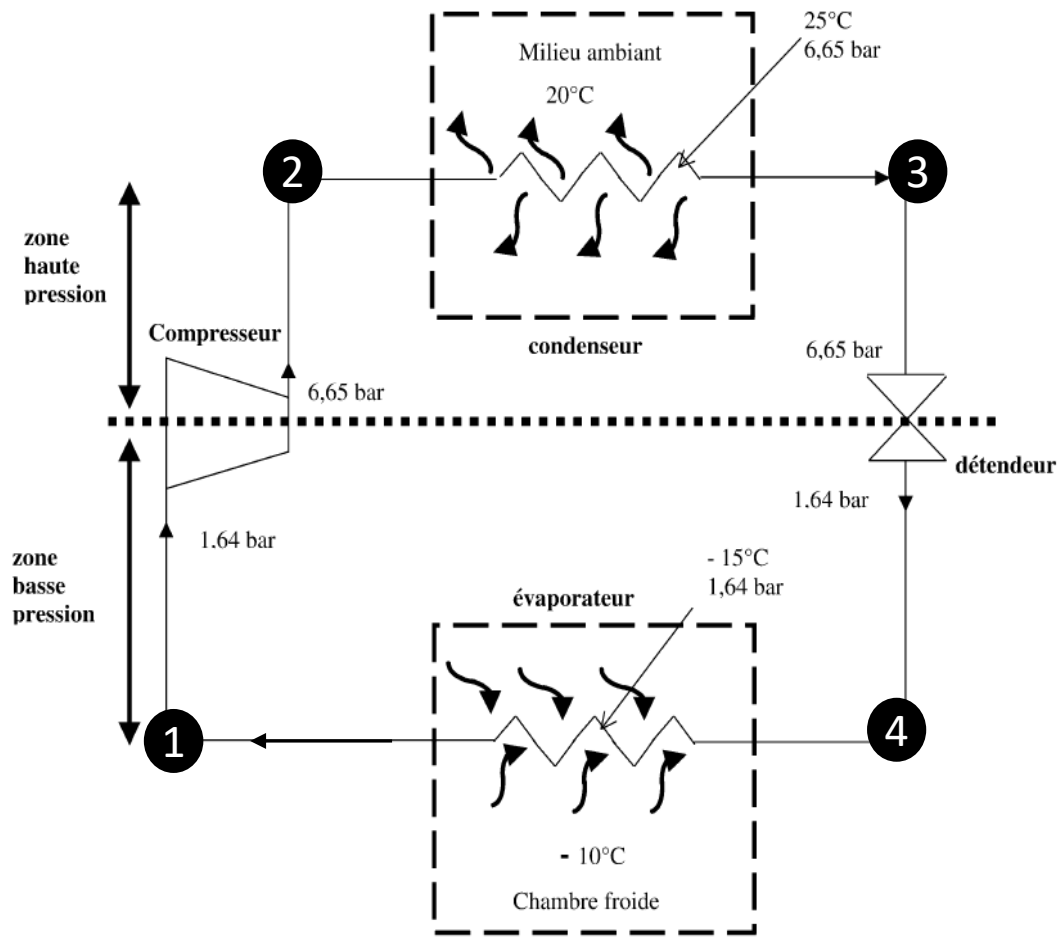
Diagramme de Mollier du R134A

Pression (bar)



Enthalpie massique (kJ/kg)





1→2 : Compression Adiabatique réversible

2→3 : Condensation Isobare

3→4 : Détente isenthalpique

4→1 : Evaporation isobare

Calcul de l'efficacité :

$$e = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance payante}} = \frac{P_{Q_{evap}}}{P_{W_{comp}}}$$

Premier principe industriel :

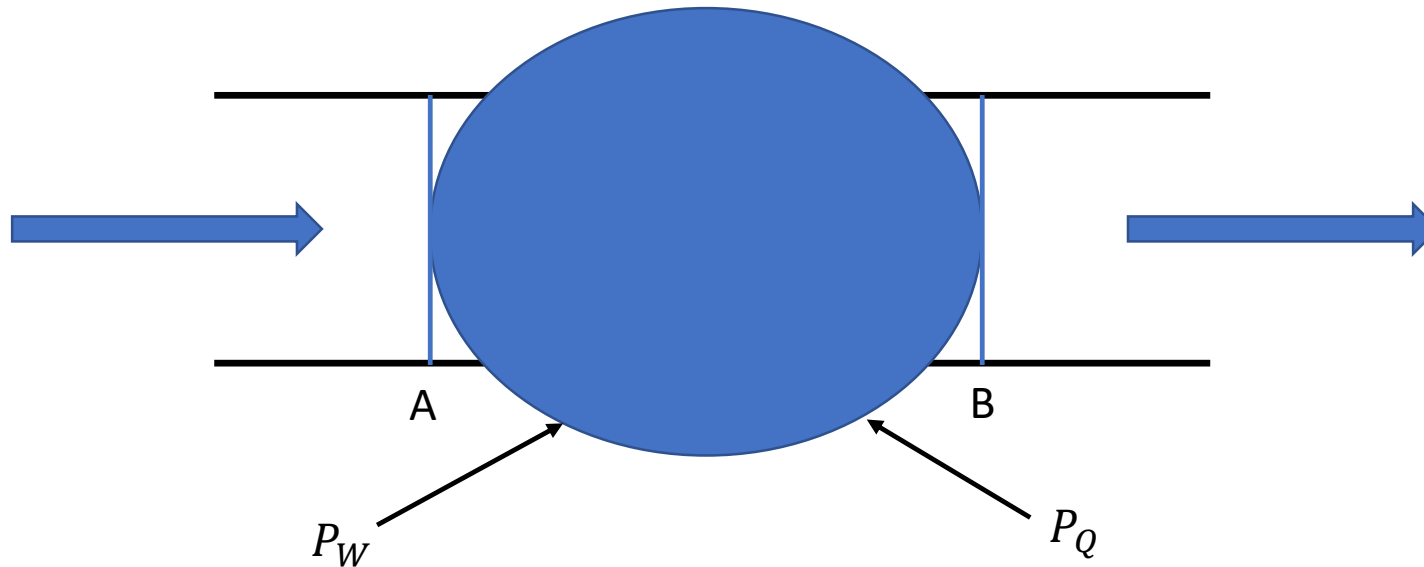
Soit un écoulement permanent de débit massique D_m d'un point A à un point B :

$$D_m [h_B - h_A] = P_W + P_Q$$

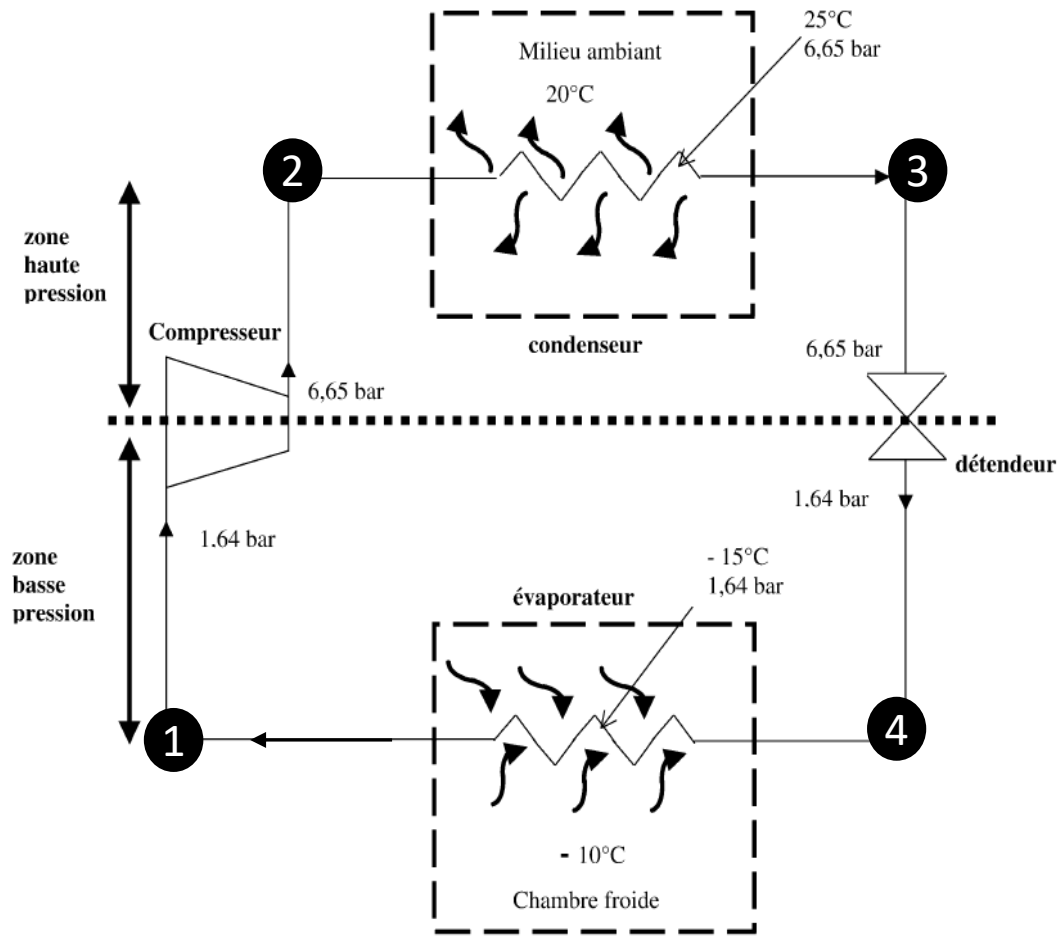
h_A (resp. h_B): enthalpie massique du fluide au point A, au point B

P_Q : Puissance thermique fournie au fluide entre A et B

P_W : Puissance mécanique fournie au fluide entre A et B par les actions autres que les actions de pressions exercées par l'amont et l'aval



Remarque : On a négligé les variations d'énergie cinétique et potentielle entre A et B



1→2 : Compression Adiabatique réversible

2→3 : Condensation Isobare

3→4 : Détente isenthalpique

4→1 : Evaporation isobare

Calcul de l'efficacité :

$$e = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance payante}} = \frac{P_{Q_{evap}}}{P_{W_{comp}}}$$

Premier principe entre 4 et 1 :

$$D_m(h_1 - h_4) = P_{Q_{evap}}$$

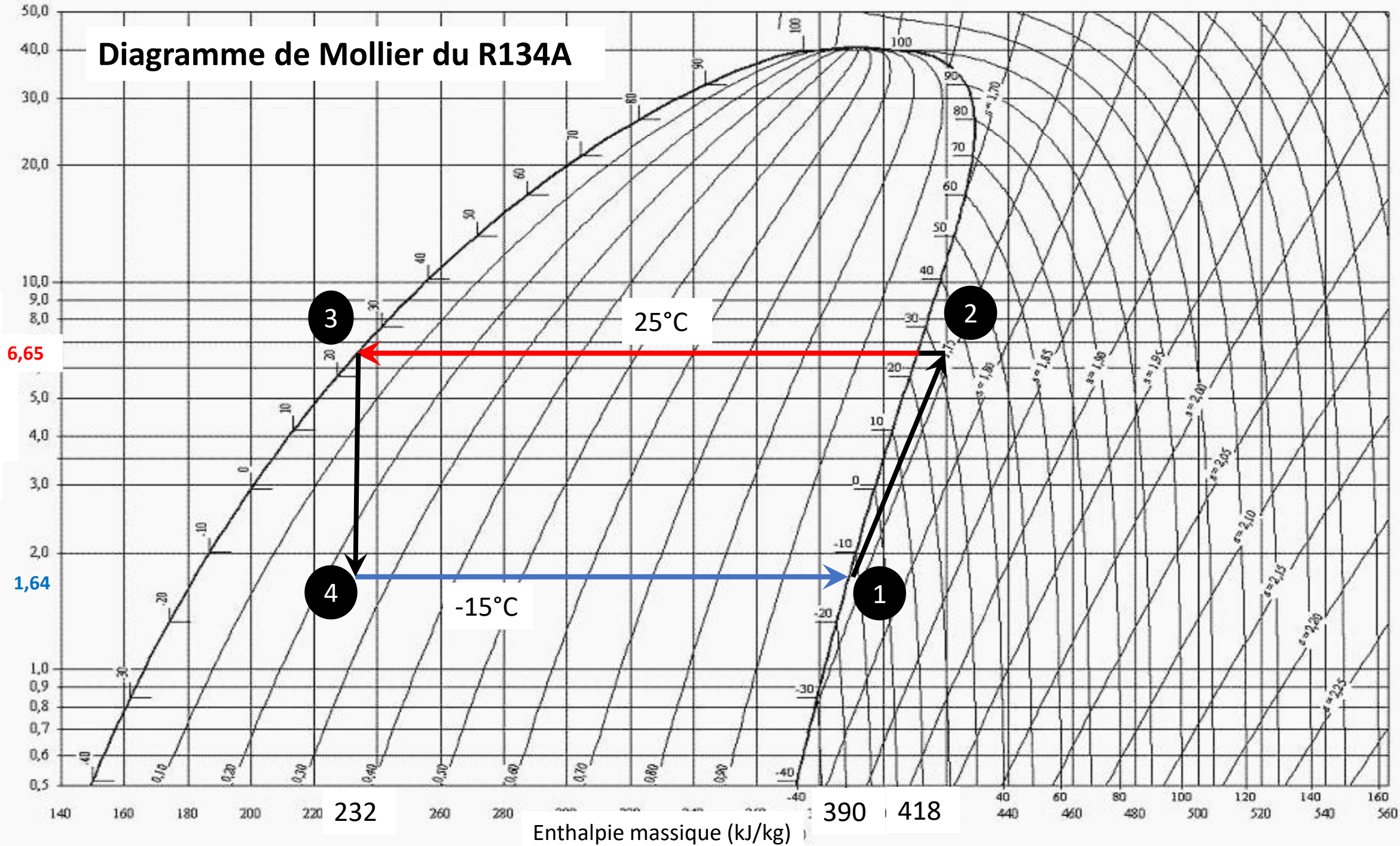
Premier principe entre 1 et 2 :

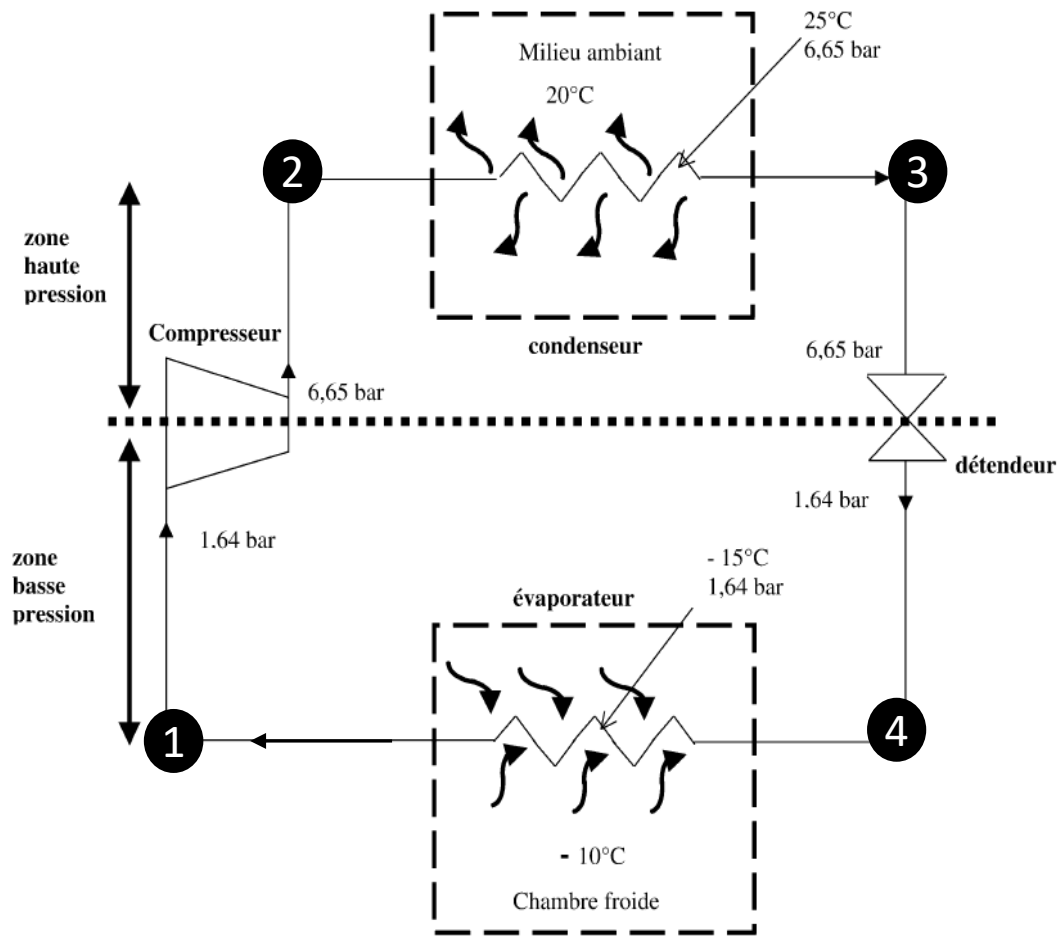
$$D_m(h_2 - h_1) = P_{W_{comp}}$$

$$e = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Diagramme de Mollier du R134A

Pression (bar)





1→2 : Compression Adiabatique réversible

2→3 : Condensation Isobare

3→4 : Détente isenthalpique

4→1 : Evaporation isobare

Calcul de l'efficacité :

$$e = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance payante}} = \frac{P_{Q_{evap}}}{P_{W_{comp}}}$$

Premier principe entre 4 et 1 :

$$D_m(h_1 - h_4) = P_{Q_{evap}}$$

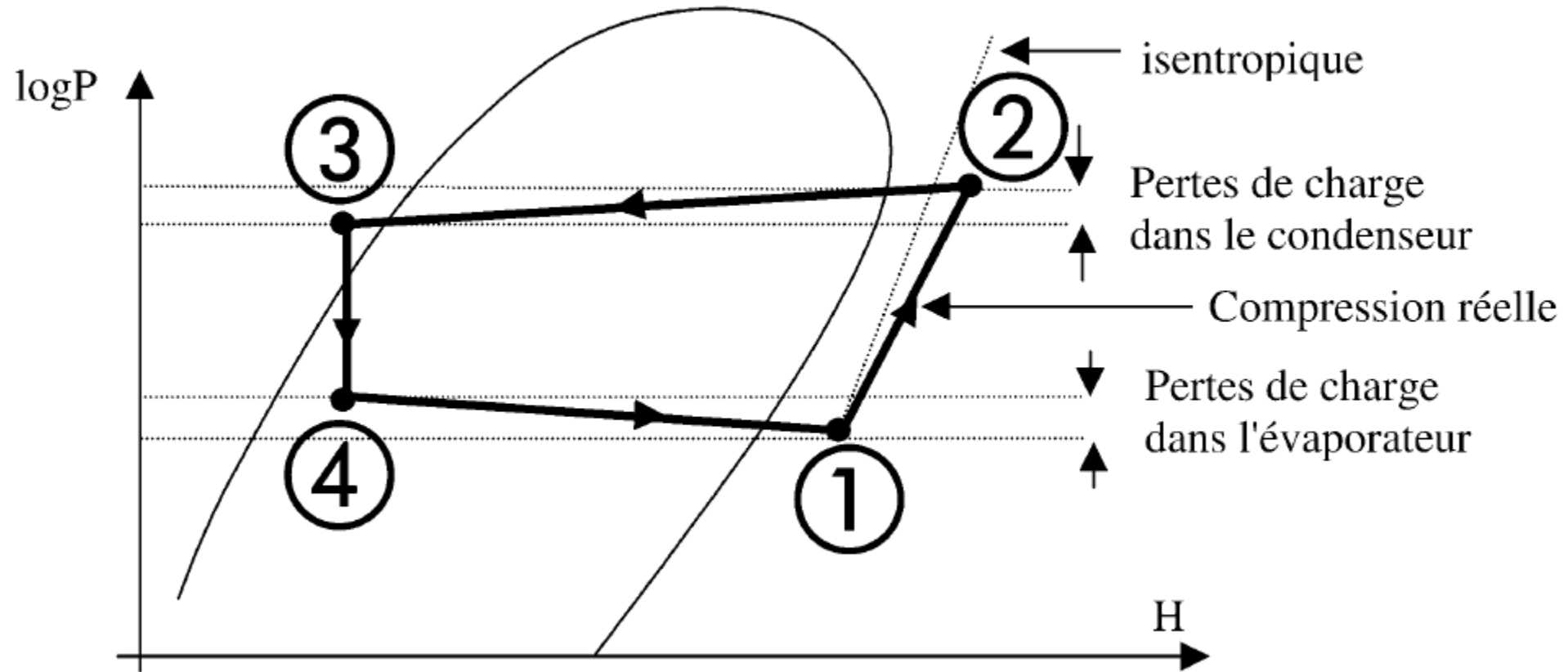
Premier principe entre 1 et 2 :

$$D_m(h_2 - h_1) = P_{W_{comp}}$$

$$e = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{390 - 232}{418 - 390}$$

$$e = 5,64$$

$$e_c = \frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{258}{298 - 258} = 6,45$$



Allure du cycle réel dans le diagramme de Mollier

