

# Utilisation des diagrammes enthalpiques

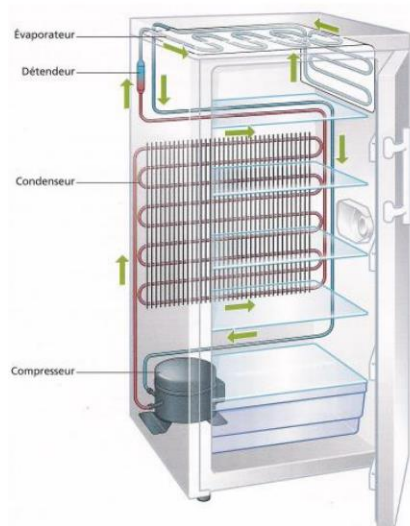
Niveau : CPGE/L1

Prérequis : transformations thermodynamiques, 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> principes de la thermodynamique, lois de Laplace, inégalité de Clausius, rendement/efficacité

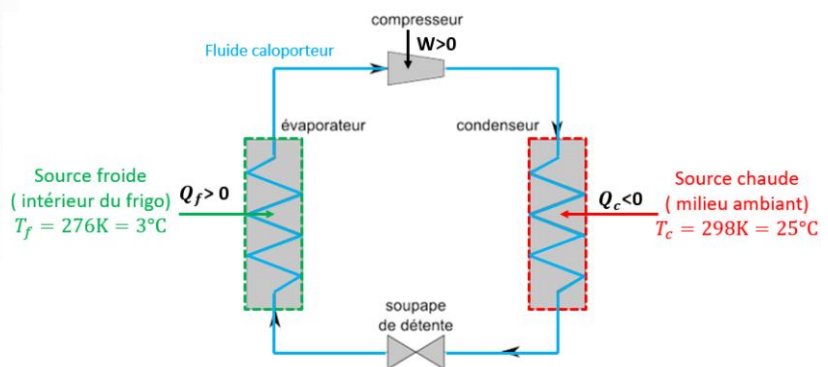
## Introduction

Les transformations « classiques » que vous connaissez (compression/détente...) ne sont pas des transformations que l'on retrouve en pratique, dans l'industrie ou dans la vie de tous les jours. Dans cette leçon, on s'intéressera au fonctionnement d'une machine frigorifique en s'appuyant sur des diagrammes adaptés, permettant de tracer son cycle thermodynamique.

## I Cycle frigorifique



## Le réfrigérateur



On suppose que le fluide est un gaz parfait diatomique de coefficient  $\gamma$

Les différentes transformations sont :

- Compression (A  $\rightarrow$  B) : isentropique (adiabatique + réversible)
- Condensation (B  $\rightarrow$  C) : isobare

Le premier principe s'écrit :  $\Delta h = q = c_p(T_C - T_B) + \Delta_{liq}h$  ( $\Delta_{liq}h$  correspond à la variation d'enthalpie de changement de phase, ici on a une condensation : liquéfaction, ce terme se compense avec le terme de vaporisation).

- Détente (C -> D) : isenthalpique, réversible
- Évaporation (D -> A) : isobare

$$\Delta h = q = c_p(T_A - T_D) + \Delta_{vap}h$$

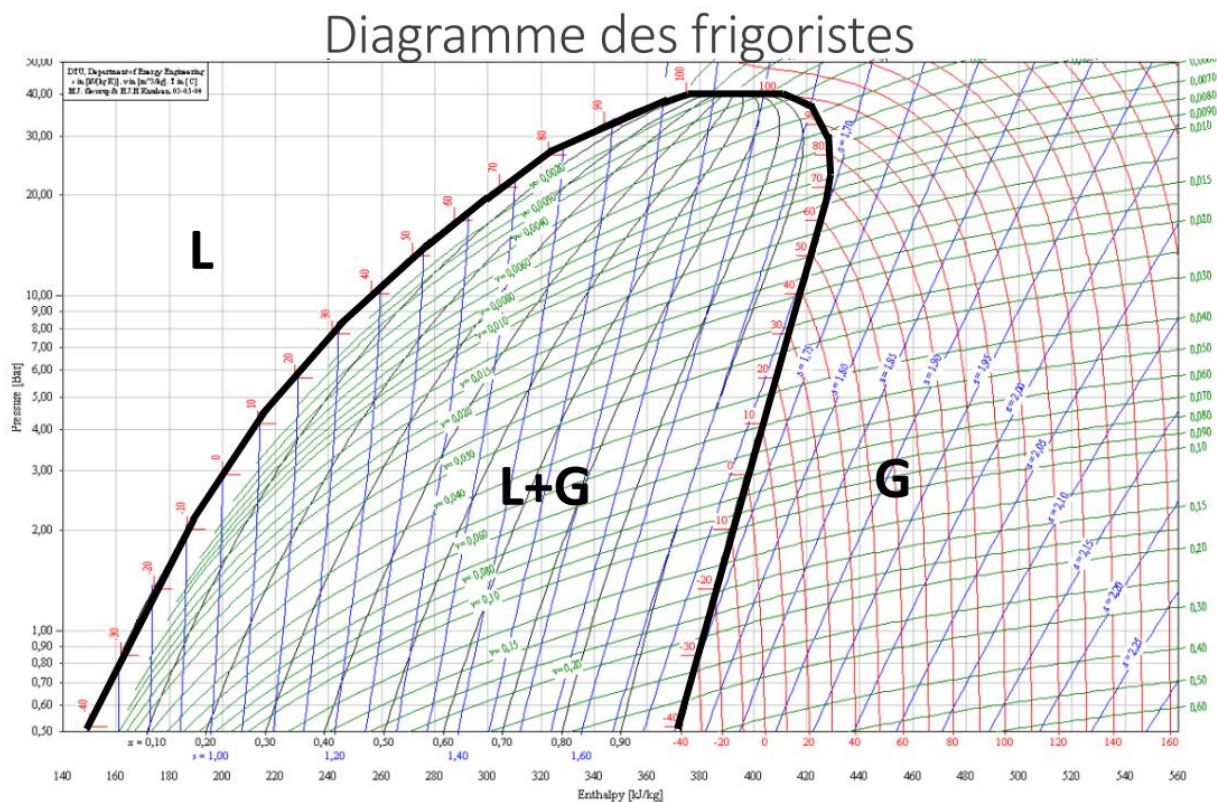
Les travaux intervenant dans le cycle sont aisément déduits du 1<sup>er</sup> principe. Les changements de phase induisent d'importants échanges d'énergie.

Pour construire ce cycle, il convient d'utiliser un diagramme adapté.

## II Diagramme des frigoristes

### 1) Présentation

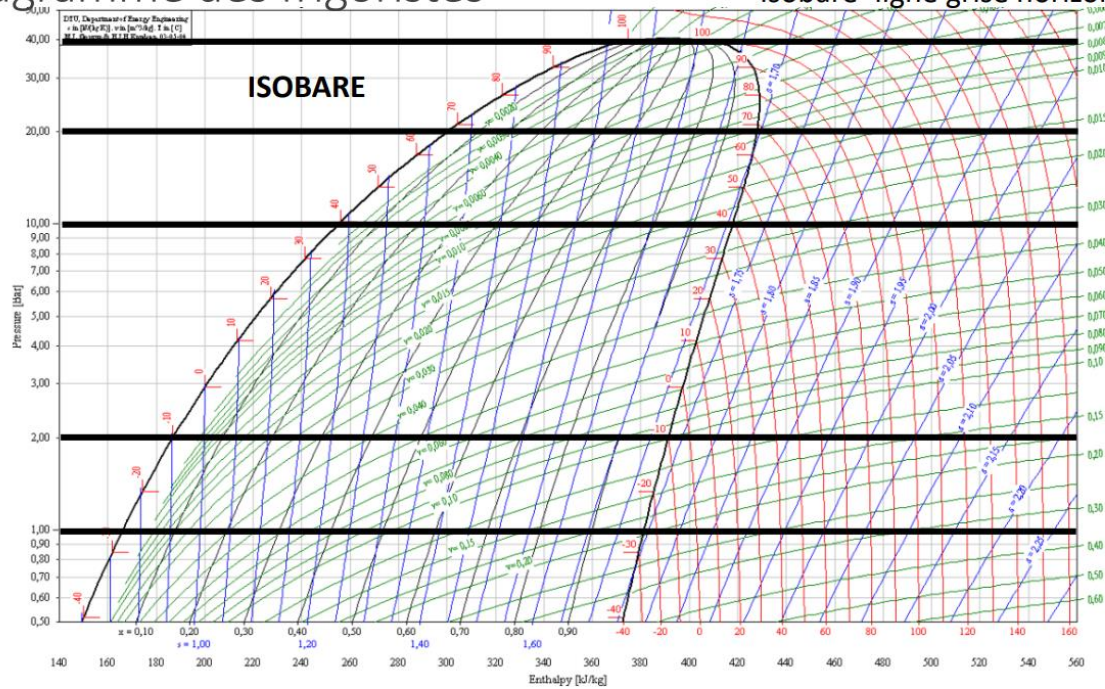
Le diagramme des frigoristes (ou diagramme de Mollier) permet de passer facilement d'une grandeur thermodynamique à une autre.





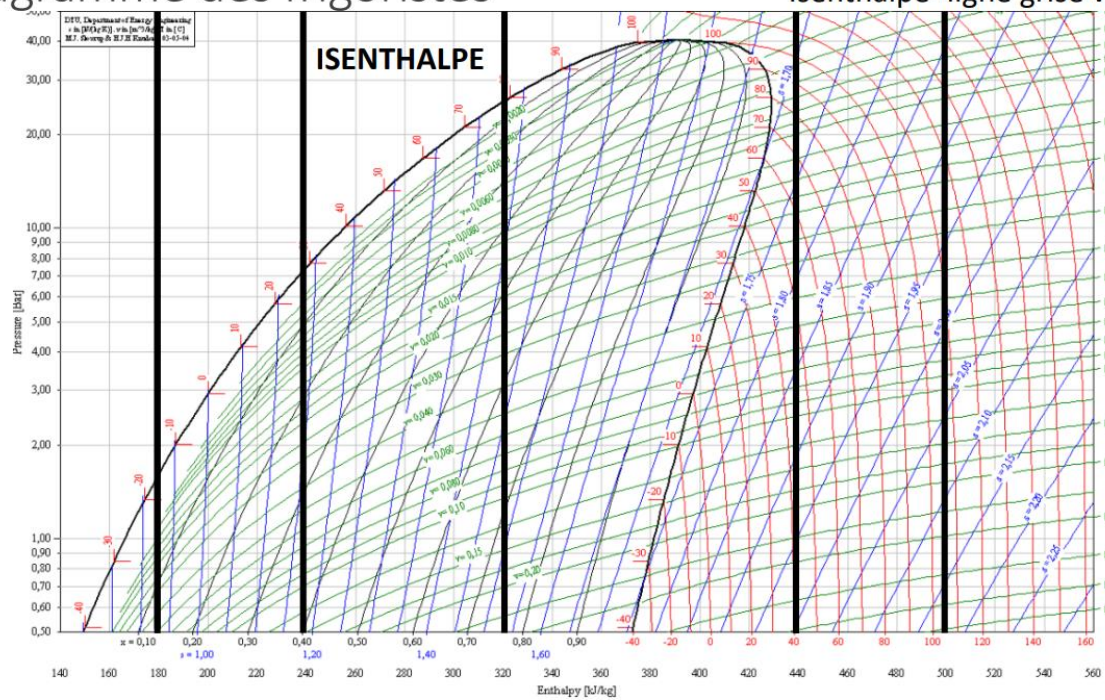
# Diagramme des frigoristes

Isobare=ligne grise horizontale



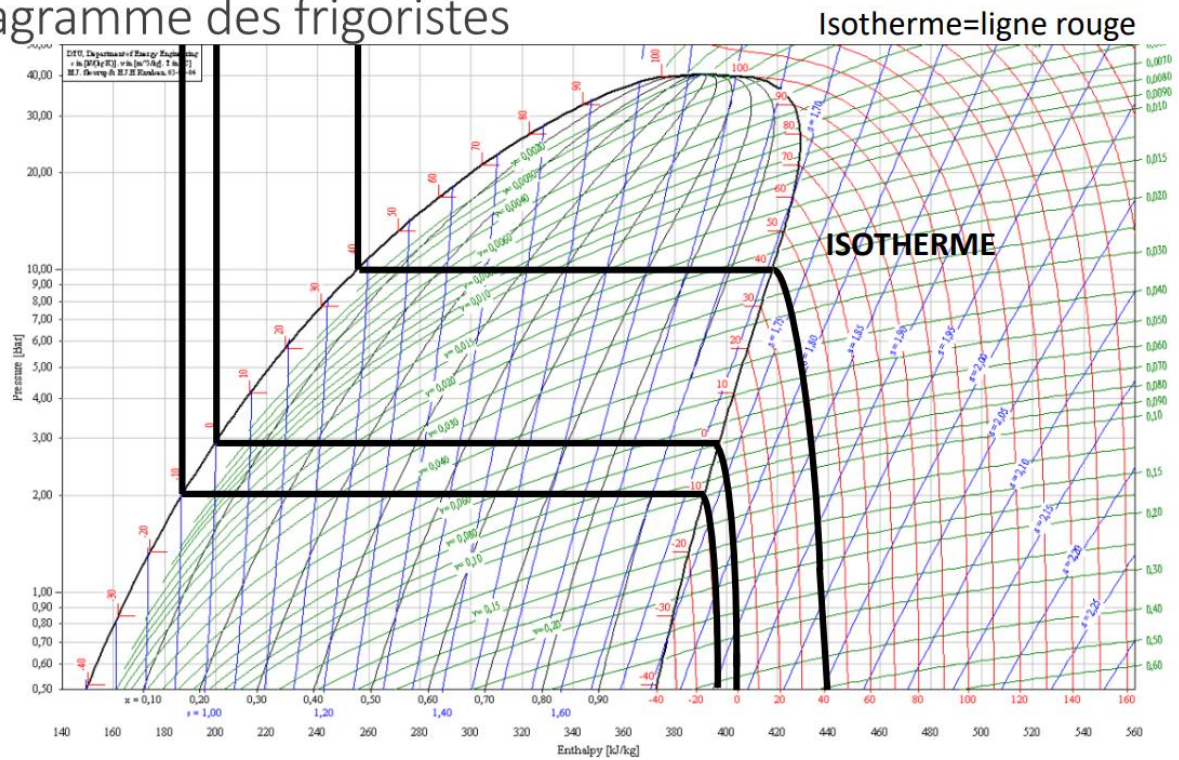
# Diagramme des frigoristes

Isenthalpe=ligne grise verticale

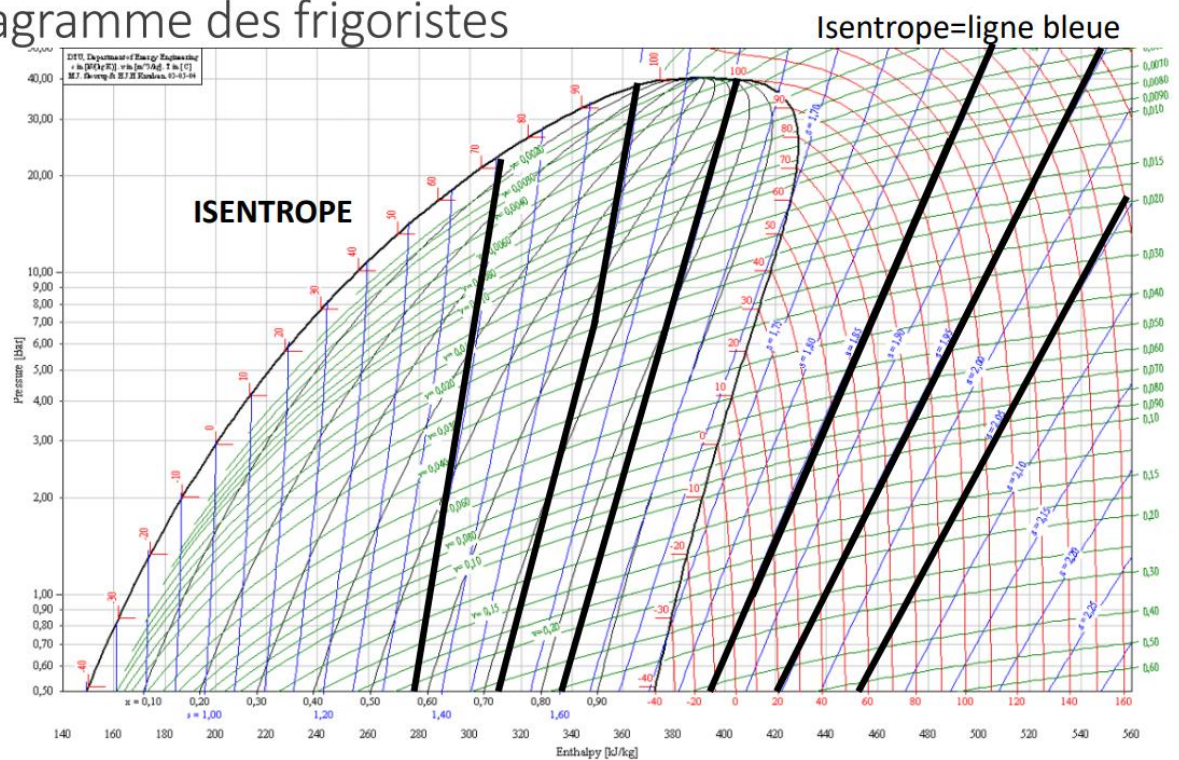




## Diagramme des frigoristes



## Diagramme des frigoristes

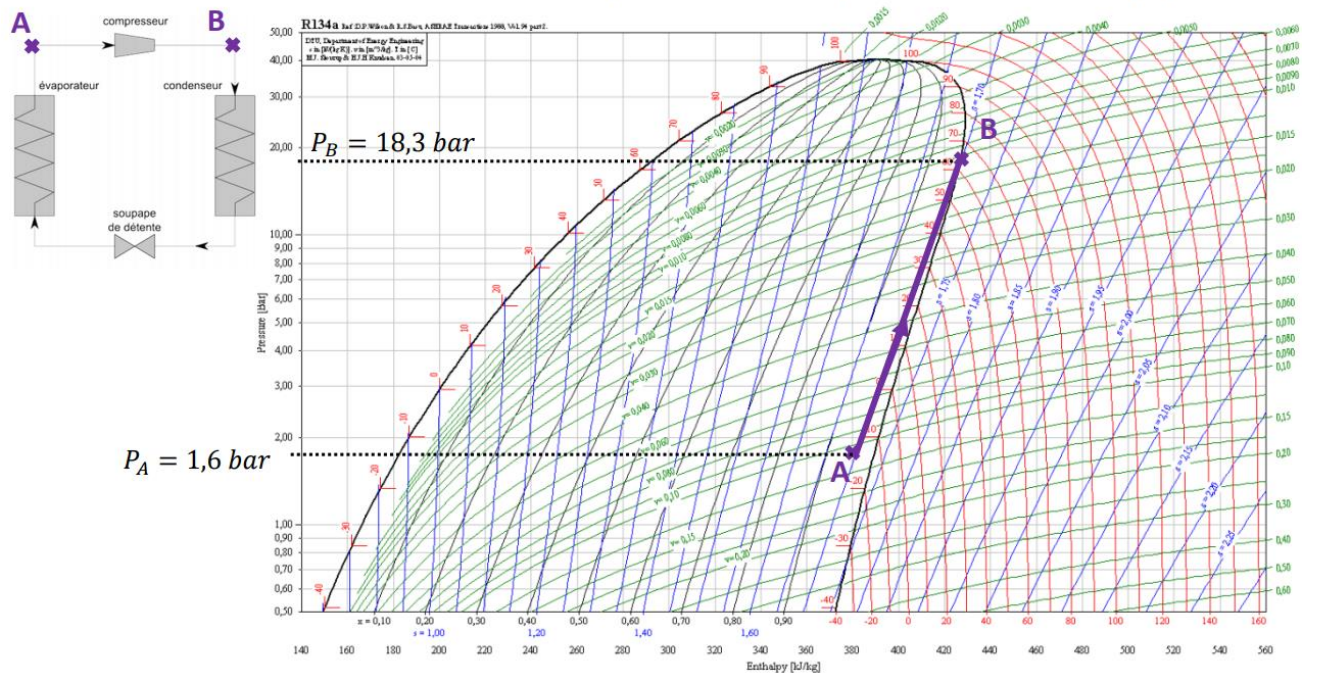




## 2) Machine frigorifique

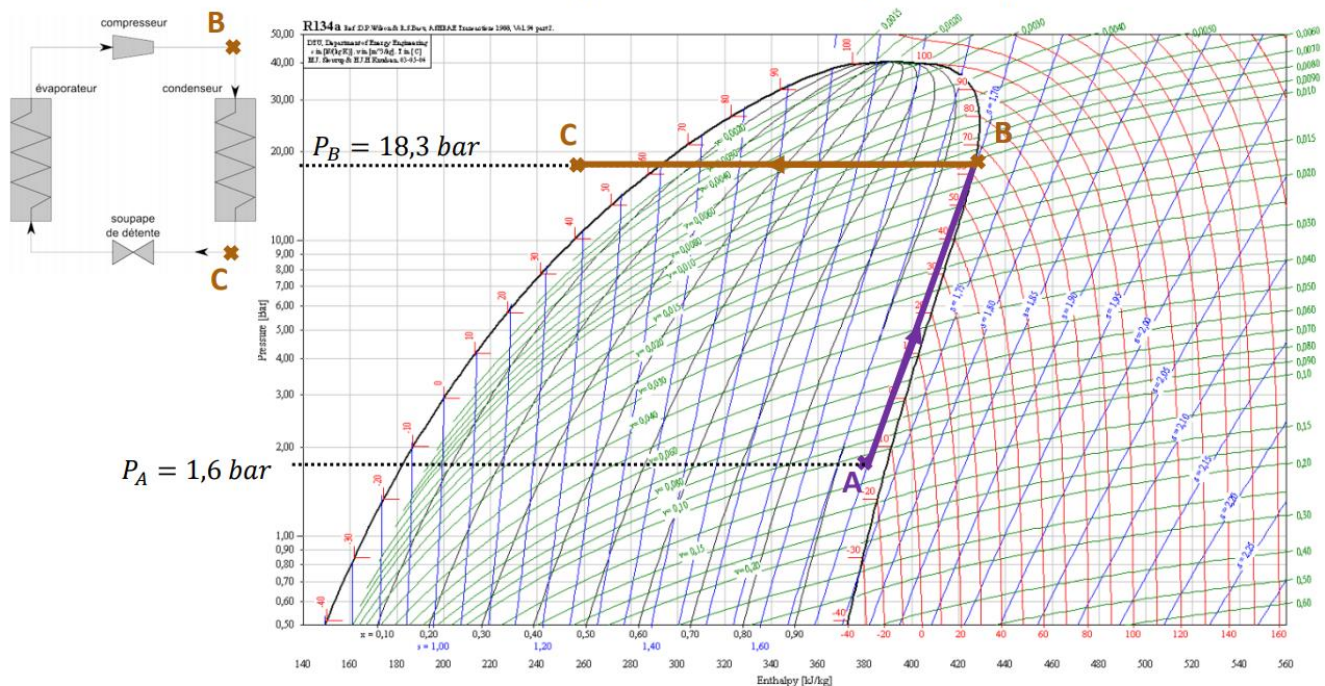
### Le réfrigérateur

De A→B: Compression adiabatique réversible: isentropique



### Le réfrigérateur

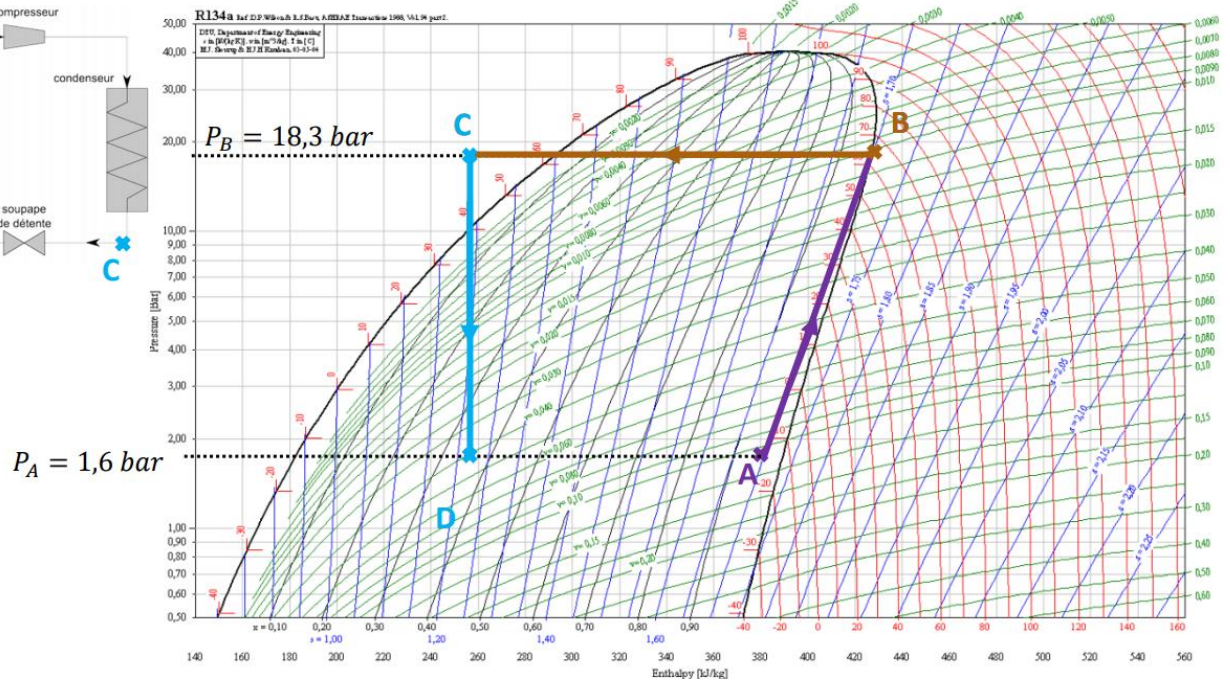
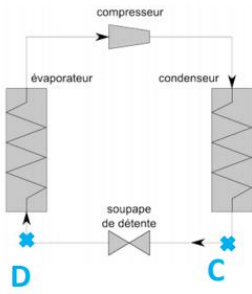
De B→C: Liquéfaction totale à la pression  $P_B$





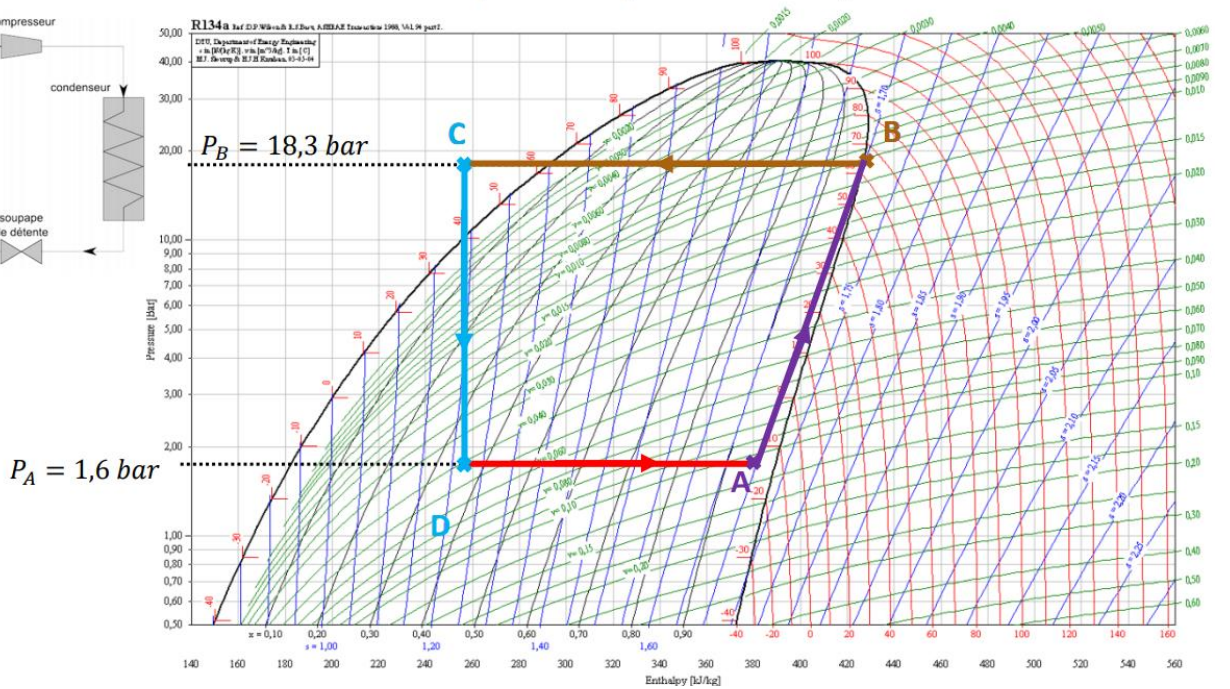
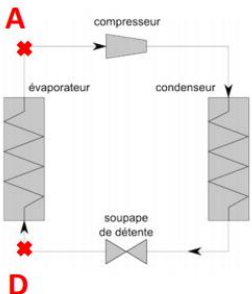
# Le réfrigérateur

De C→D: Détente de Joule-Kelvin: isenthalpique



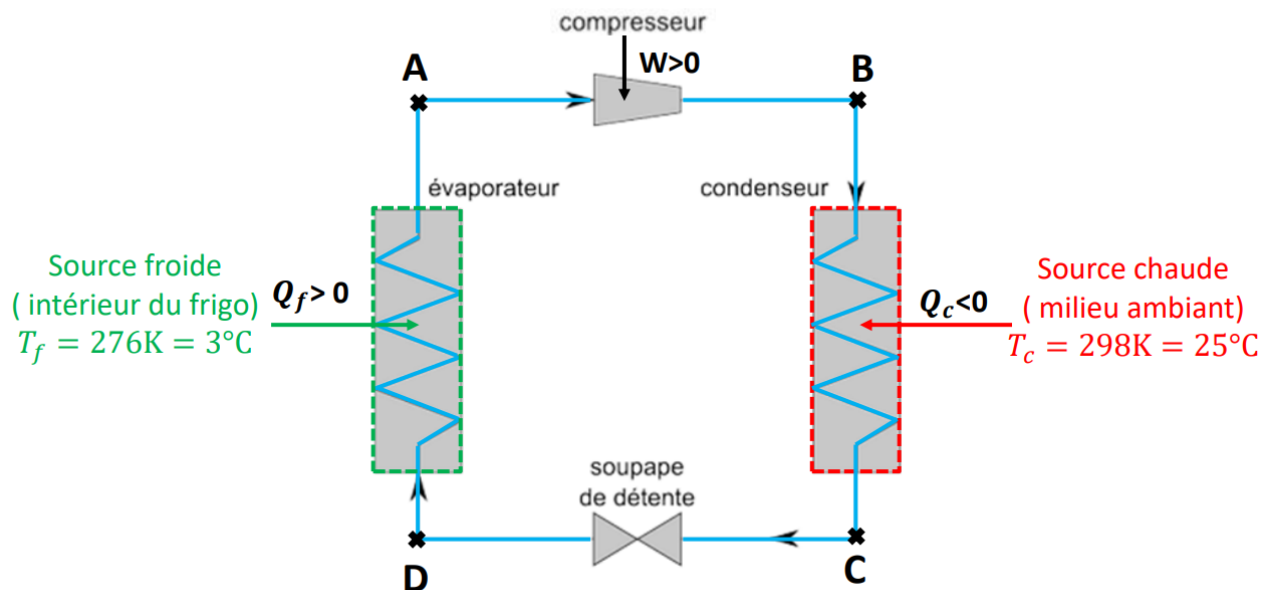
# Le réfrigérateur

De D→A: Vaporisation partielle isobare, isotherme



Bilan énergétique du cycle :

## Rendement du réfrigérateur



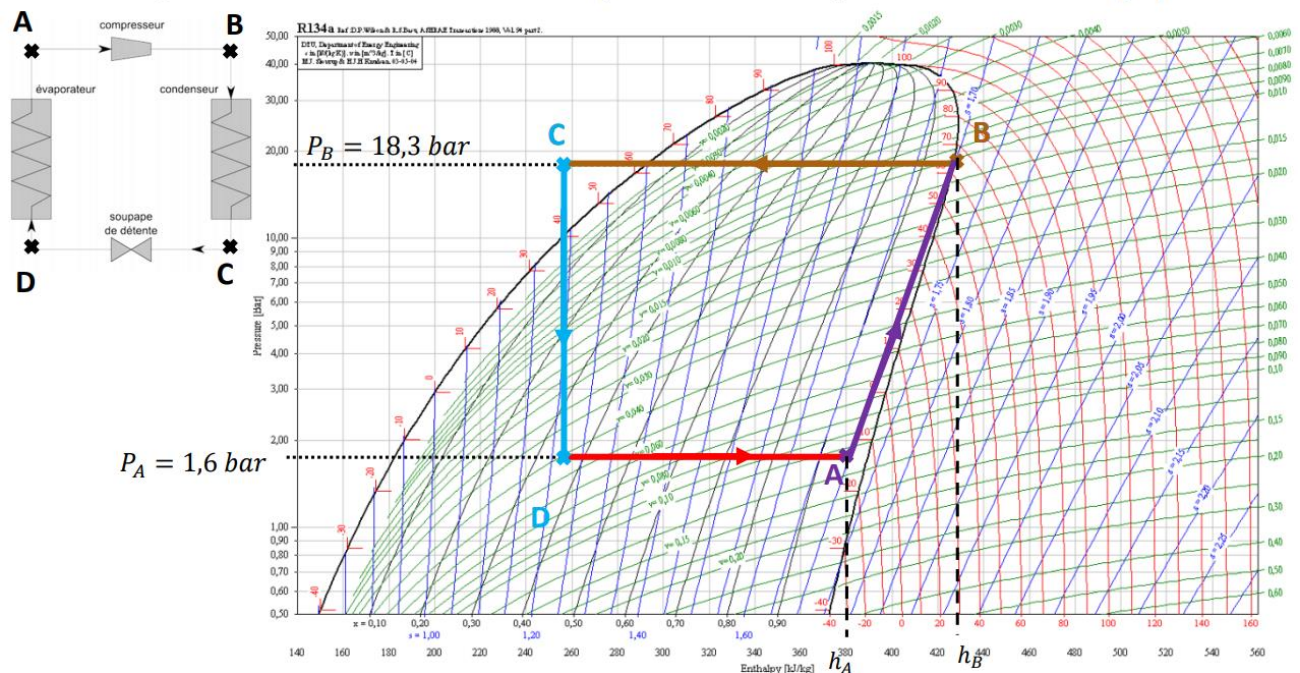
L'efficacité s'écrit :  $e = \frac{q_f}{w}$ , or  $q_f = h_A - h_D$  et  $w = q_f + q_c = h_B - h_A$

Sur le diagramme, on lit  $w = 50 \text{ kJ.kg}^{-1}$  et  $q_f = 125 \text{ kJ.kg}^{-1}$ , on en déduit  $e = 2,5$

Le rendement de Carnot s'écrit :  $e_c = \frac{T_f}{T_c - T_f} = 7,5$ , pour  $T_f = 263 \text{ K}$  et  $T_c = 298 \text{ K}$

## Le réfrigérateur

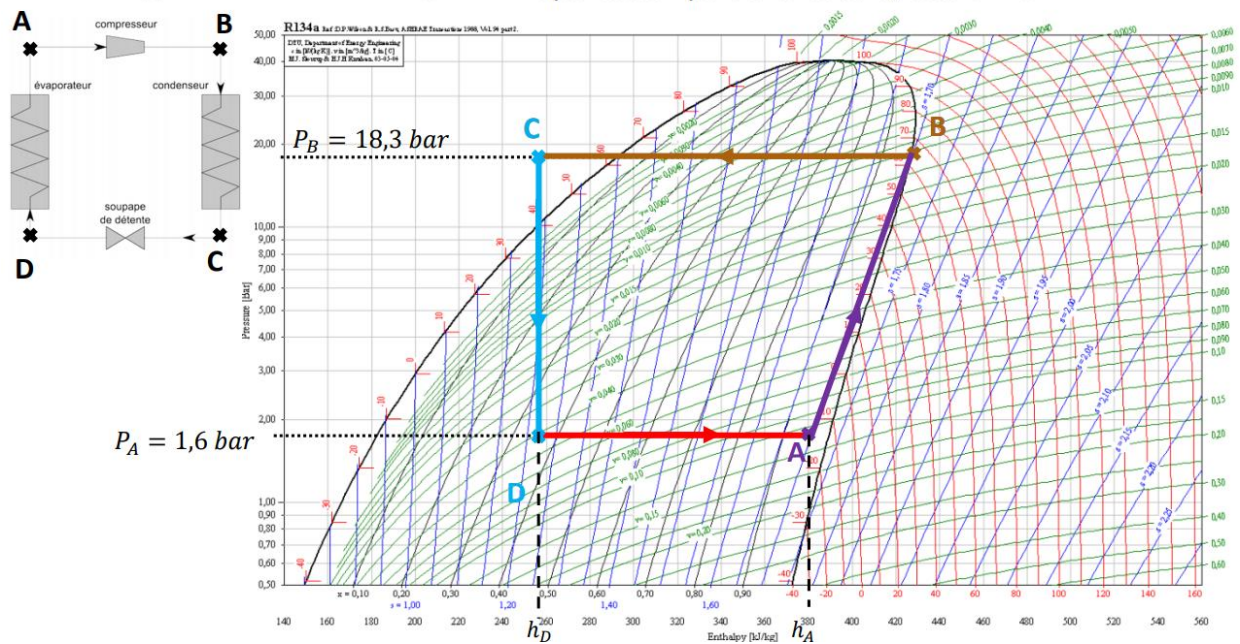
De A → B: Compression adiabatique réversible: isentropique





# Le réfrigérateur

De D→A: Vaporisation partielle isobare, isotherme



En réalité le cycle n'est pas réversible. En fait la compression (AB) n'est pas réversible (donc n'est pas isentropique).

Ex (éventuellement) : fluide frigorigène (hélium) (III ?)

## Conclusion

L'utilisation du diagramme des frigoristes permet de prendre plusieurs directions en fonction des grandeurs que l'on a et celles que l'on souhaite déterminer. Un autre diagramme beaucoup utilisé est le diagramme entropique, utilisé notamment pour les cycles moteurs.