

Dimensionnement d'un réfrigérateur

Capacités exigibles

► Utiliser des documents ou des logiciels afin de discuter l'amélioration de cycles industriels : rôle

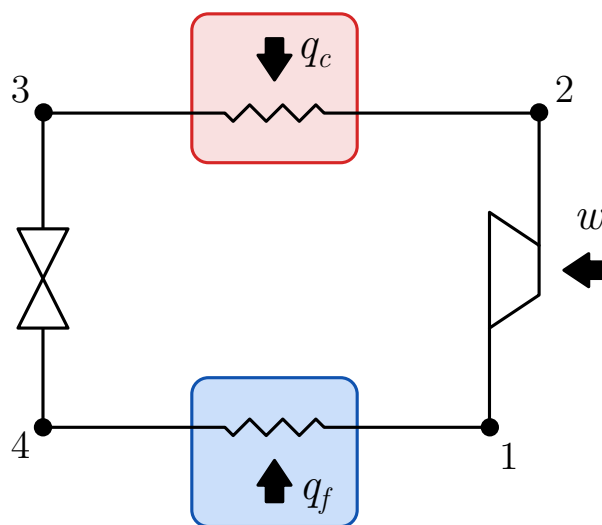
du préchauffage, de la surchauffe, du choix du fluide.

I Énoncé

Document 1 : Cycle d'un réfrigérateur

Un réfrigérateur fonctionne avec le réfrigérant R12 (dichlorodifluorométhane : CCl_2F_2), avec un débit molaire $D = 0.62 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$. Ce dernier subit les transformations suivantes :

- 1 → 2 La vapeur saturante à $T_1 = -10^\circ\text{C}$ passe dans un compresseur de rapport de pression $r = p_2/p_1 = 4.9$ et de rapport isentropique $\eta = 0.7$.
- 2 → 3 Le fluide est alors refroidit au contact de la source chaude, jusqu'à la température $T_3 = 35^\circ\text{C}$. On néglige les pertes de charges à cette étape.
- 3 → 4 S'en suit alors une détente pour revenir à la pression du compresseur.
- 4 → 1 Le fluide passe dans un évaporateur isobare pour revenir à son état initial.



Document 2 : Degrés kelvin et degrés celsius

On rappelle que pour passer d'une température en degré celsius $T_{\text{°C}}$ à sa valeur en degrés kelvin T_{K} , il faut faire

$$T_{\text{K}} = T_{\text{°C}} + 273.15$$

On utilisera deux logiciel de simulation thermodynamiques (*DiagSim* et *Coolpack*) afin de comprendre comment optimiser le cycle décrit dans le document 1. Pour comprendre leurs utilisations, se référer aux documents en annexe.

① À l'aide du logiciel DiagSim, complétez le tableau ci-dessous avec des valeurs de 5 chiffres significatifs

État	T (K)	p (bar)	h ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)	s ($\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)	x
1					
2					
3					
4					

- ② Définissez puis calculez
- ▶ la puissance utile \mathcal{P}_u
 - ▶ la puissance coûteuse \mathcal{P}_c
 - ▶ le coefficient de performance de cette installation (efficacité e)

- ③ Sur Coolpack, tracez le cycle correspondant dans le diagramme des frigorigènes. Il vous faudra peut-être faire quelques tests afin de comprendre les notions de **surchauffe** (*superheat*) et **sous-refroidissement** (*subcooling*).

Donnez les définitions de ces dernières grandeurs :

Pour les questions suivantes, vous partirez systématiquement du cycle de base, construit dans les questions précédentes. Chaque modification apportée lors d'une question est ensuite annulée pour la suivante, afin d'étudier les effets séparément.

- ④ a) **Étude de la surchauffe** : On peut en réalité faire monter le fluide à 90°C avant d'endommager les canalisations. Quelle est la surchauffe maximale que l'on peut définir pour le cycle ? Quelle influence a-t-elle sur le COP ? Conclure sur l'intérêt relatif d'augmenter sa valeur.

- b) **Étude du sous-refroidissement** : La température de la cuisine est à 20°C , on estime que les transferts thermiques afin l'extérieur sont efficaces tant que la différence de température est d'au moins 10°C . Quel sous-refroidissement maximal peut-on proposer ? Comme précédemment, conclure sur son efficacité sur le COP.

c) **Étude des pertes de charges** : En réalité, le fluide subit une légère chute de pression dans les canalisations du condenseur et de l'évaporateur, de l'ordre de 1 bar dans chacun de ces dispositifs. Introduisez ces valeurs dans le logiciel et concluez sur leur impact sur le COP.
Attention : Il faudra réajuster les autres paramètres, de sorte que le point 1 ne bouge pas, et que la température en 3 soit toujours la même.

d) **Étude de l'irréversibilité** : Observez l'influence du coefficient isentropique. Quel aurait été la valeur du COP, si le compresseur avait-été réversible ?

⑤ En respectant les contraintes de température évoquées, quelle pourrait-êtré l'efficacité maximale d'un tel cycle ? Comparez avec l'efficacité de CARNOT associé, sachant que l'intérieur du frigo est maintenue à 6°C.

II Annexe : Utilisation des logiciels

A DiagSim

Le logiciel *DiagSim* permet d'avoir des valeurs très précises pour les grandeurs d'états. Elles sont calculées à partir de modèles performant, calibrés grâce à aux mesures tabulées.

Remarque

DiagSim donne des grandeurs molaires et non massiques : h et u sont en $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$, s en $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Paramétrer le logiciel

En ouvrant l'application, vous aurez le choix entre 4 types de modélisation. La plus précise est la quatrième, c'est elle que nous allons utiliser pour ce TP :

```
-----
----- Bienvenue dans le programme ! -----
-----
----- Choix de l'équation d'état -----
-----
(1) van der Waals (gamma=0)
(2) Soave - Redlich - Kwong (gamma=1)
(3) Peng - Robinson (gamma=4.82843)
(4) équation optimale de Schmidt & Wenzel (gamma fonction du corps)
```

Vous devez ensuite préciser l'espèce étudiée. Choisissez l'option que vous voulez pour y parvenir :


```
-----
----- Choix du corps pur -----
-----
(1) Choisir un corps de la base de données par sa formule brute
(2) Choisir dans toute la base de données
(3) Entrer un corps utilisateur
```

Vous arrivez alors au menu principal, qui vous demande le type de calcul que vous souhaitez mener :

```
-----
----- Type de calcul souhaité -----
-----
(1) Calcul d'un point de la courbe de saturation
(2) Calcul d'un point quelconque
(3) Visualisation d'un diagramme
```

A.1 Calcul d'un point de la courbe de saturation

Permet d'avoir accès aux grandeurs des états de saturation liquide et gazeux pour un palier à une température, ou une pression donnée. Le logiciel est assez intuitif dans ces étapes donc, il suffit de suivre ce qui est indiqué.



```
-----
----- Choix de l'état de référence -----
-----
Les enthalpies, entropies et énergies internes sont données en supposant leur
valeur nulle pour le liquide bouillant à une température de référence.

Entrez cette température (K) :
300
```

L'enthalpie, l'entropie et l'énergie interne molaires sont définies par rapport à un niveau de référence. La référence choisie étant l'état de saturation liquide à la température T_{ref} . L'utilisateur doit donc rentrer cette température de référence **et garder la même pendant tout le TP !**

Pour pouvoir facilement comparer nos résultats entre binômes, nous prendrons pour tout le monde

$$T_{ref} = 300 \text{ K}$$

A.2 Calcul d'un point quelconque

Les variables d'état avec lesquelles travaille DiagSim sont : la température, la pression, le volume molaire, l'enthalpie molaire, l'énergie interne molaire et l'entropie molaire.

La donnée de deux de ces variables, fixe toutes les autres. Par exemple en connaissant la pression et la température d'un gaz parfait, on peut calculer son volume molaire :

$$v = \frac{RT}{p}$$

Ici les formules utilisées sont bien plus complexes mais l'idée est la même...

⚠ ⚠ ⚠

Nous pouvons faire la même remarque que précédemment en choisissant toujours

$$T_{ref} = 300 \text{ K}$$

A.3 Visualisation d'un diagramme

Nous n'utiliserons pas trop cette partie car son rôle sera bien plus facilement rempli par le deuxième logiciel. Mais libre à vous d'aller explorer ses multiples possibilités si cela vous intéresse :))

B

Coolpack

B.1 Mise en place

Pour visualiser plus proprement le cycle dans un diagramme adapté, on utilisera de préférence Coolpack.

Pour commencer à l'utiliser, cliquez le bouton .

Ceci va ouvrir une nouvelle fenêtre avec une barre d'outil en haut, contenant trois boutons qui nous intéressent :

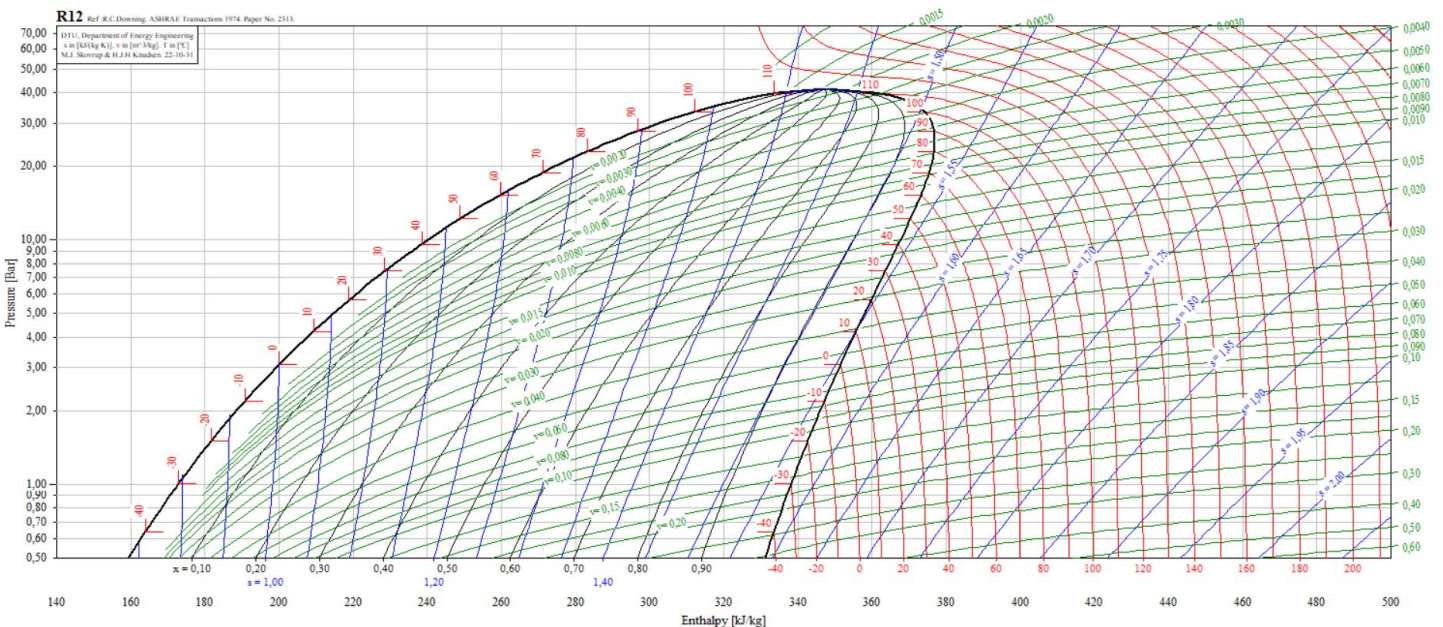


➤ Diagramme $\log p - h$

➤ Diagramme $T - s$

➤ Diagramme $h - s$

Vous devez ensuite choisir le fluide étudié, et le diagramme apparaîtra !



B.2 Tracer un cycle

Pour étudier un cycle réfrigérant, sélectionnez le bouton encadré ci-dessous :



Vous arrivez alors devant la fenêtre de paramétrage pour créer un nouveau cycle (ci-contre). Pour créer votre cycle, vous n'aurez à utiliser que les champs entourés en rouge.

Pour modifier un cycle déjà existant, cliquez sur le cadre `Edit cycle` en haut à droite (entouré en bleu ci-contre).

Pour obtenir les informations d'un cycle tracé (notamment son COP), fermez cette fenêtre et cliquez sur le bouton juste à droite de celui précédemment utilisé dans la barre d'outil.



Select cycle type:

One stage Two stage, closed intercooler

Two stage, open intercooler Two stage, open intercooler, load at intermediate pressure

Cycle name: Draw cycle

Values:

Evaporating temperature: 0,00 °C	Condensing temperature: 0,00 °C
Superheat: 0,00 K	Subcooling: 0,00 K
Dp evaporator: 0,00 Bar	Dp condenser: 0,00 Bar
Dp suction line: 0,00 Bar	Dp liquid line: 0,00 Bar
Dp discharge line: 0,00 Bar	Isentropic efficiency [0-1]: 1,00

Q loss...

Cycle creation

[Edit cycle](#)

Create new

[Update](#)

Calculated:
Qe [kJ/kg]: 10000.000
Qc [kJ/kg]: 10000.00
COP: 2.34
W [kJ/kg]: 10000.00
W high [kW]: 10000.00
(m high)/(m low): 0.00000000
m low [kg/s]: 0.00000000
m high [kg/s]: 0.00000000