

I. Introduction

Le banc représente un cycle frigorifique avec échangeurs eau/eau dont les éléments (détendeur, condenseur, évaporateur, compresseur...) sont placés afin de pouvoir suivre l'acheminement du fluide sans difficultés. L'installation est composée d'un compresseur au R134a, de deux échangeurs à eau, de deux manomètres de haute et basse pression et d'un coffret électrique permettant l'alimentation et la commande des éléments. Il permet l'étude complète d'une installation frigorifique positive à un étage de température. L'objectif est d'identifier les éléments qui composent un cycle frigorifique ainsi que d'en expliquer le rôle, d'effectuer la mise en service du système, et d'effectuer le bilan thermique de l'installation.

II. Principe de fonctionnement

1. Un **échangeur thermique (évaporateur 5)** est placé dans le milieu à refroidir (**source froide**). A l'intérieur de l'évaporateur, le fluide frigorigène est à un état liquide-vapeur, à basse température et basse pression.

Le milieu à refroidir émet constamment de la chaleur (sur le banc, c'est l'eau qui doit être refroidie), à un niveau de température supérieure à celui du fluide frigorigène. Il y a donc transfert d'énergie calorifique du milieu à refroidir vers le fluide frigorigène. Le fluide frigorigène se réchauffe, ce qui a pour conséquence de le faire évaporer. On obtient ainsi, en sortie d'évaporateur, du fluide frigorigène à l'état de vapeur surchauffée à basse pression.

2. Cette vapeur surchauffée à basse pression est aspirée par le **compresseur 8** qui va l'élever à une haute pression, ce qui aura pour conséquence d'augmenter sa température.

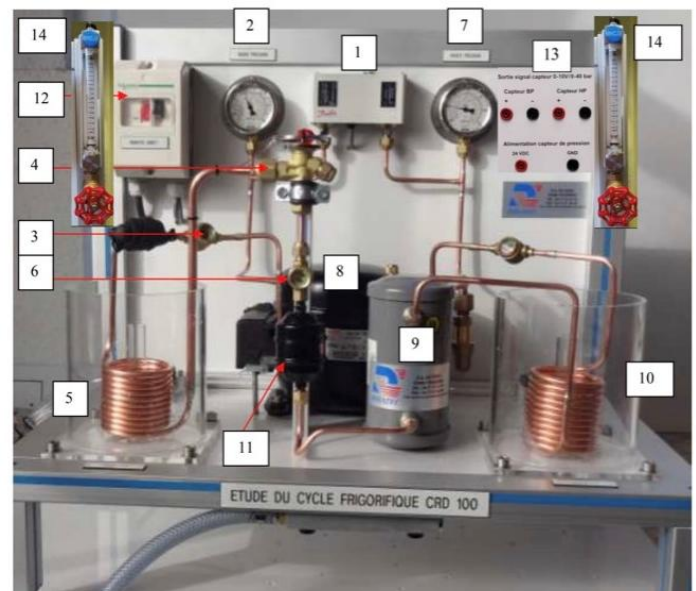
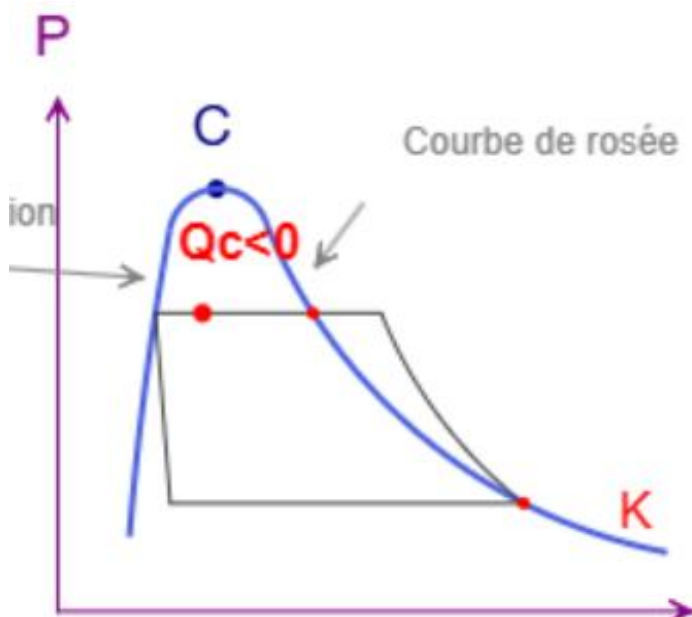
3. Le **compresseur** va refouler cette vapeur surchauffée à haute pression et haute température vers un **échangeur thermique (condenseur 10)** qui est dans un milieu extérieur (**source chaude**) à un niveau de température plus bas que celui du fluide frigorigène. Il y aura donc transfert d'énergie calorifique du fluide frigorigène vers le milieu extérieur. Le fluide frigorigène va se refroidir, ce qui aura pour conséquence de le faire condenser. On obtiendra ainsi, à la sortie du condenseur, du fluide frigorigène à l'état liquide sous-refroidi à haute pression.

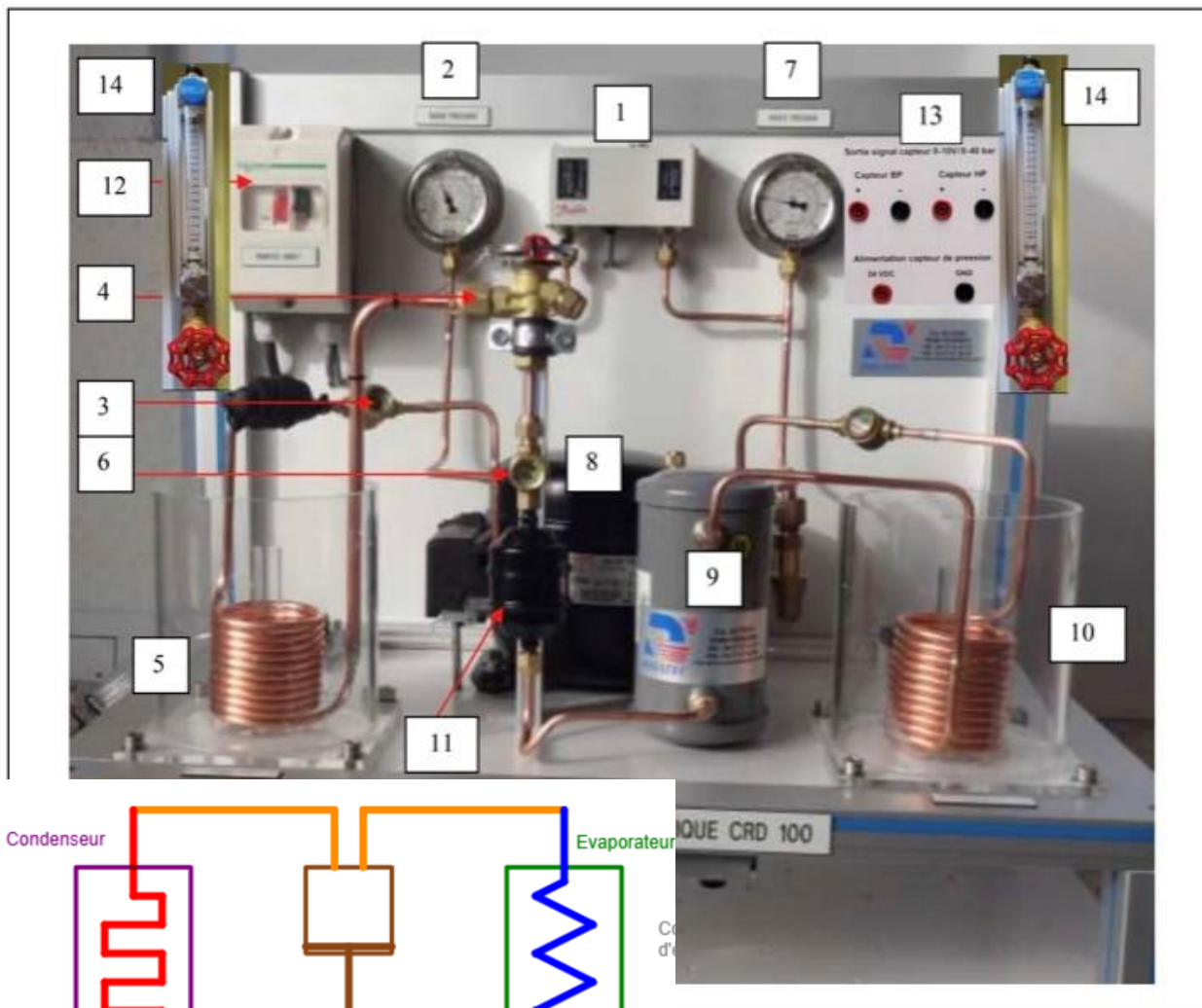
4. Ce liquide sous-refroidi à haute pression est stocké dans le **réservoir de liquide 9** de façon à obtenir une réserve de fluide et être sûr que l'installation à l'aval de celui-ci est bien alimentée en liquide.

5. Dans la partie basse du réservoir, on extrait du liquide pour le véhiculer vers le **déshydrateur 11** qui assure la déshumidification du fluide frigorigène.

6. Le fluide frigorigène déshydraté passe ensuite dans le **voyant liquide 6** qui indique, grâce à un réacteur chimique, la bonne déshumidification du fluide frigorigène et permet aussi de s'assurer que le fluide frigorigène est bien à l'état liquide.

7. Le fluide frigorigène à l'état liquide, sous-refroidi à haute pression, va ensuite alimenter le **détendeur thermostatique 4** à égalisation interne, qui va détendre celui-ci de façon adiabatique (sans échange de chaleur). A la sortie du détendeur, le fluide frigorigène sera à l'état liquide-vapeur à basse température et basse pression et ira alimenter l'évaporateur.





ITEM	DESIGNATION	ROLE
1	Combiné basse et haute pression	En cas de pression trop basse ou trop haute, le combiné arrête l'installation
2	Manomètre basse pression	Mesure la basse pression
3	Voyant liquide indicateur d'humidité entrée compresseur	Permet la visualisation du fluide frigorigène
4	Détendeur thermostatique à égalisation de pression interne	Détend le fluide en le faisant passer de la HP à la BP
5	Evaporateur	Permet l'échange thermique avec l'eau et le changement de phase
6	Voyant liquide indicateur d'humidité entrée détendeur	Permet la visualisation du fluide frigorigène
7	Manomètre haute pression	Mesure la haute pression
8	Compresseur hermétique	Comprime le fluide en le faisant passer de la BP à la HP
9	Réservoir liquide	Permet d'avoir une réserve de fluide frigorigène
10	Condenseur	Permet l'échange thermique et le changement de phase
11	Déshydrateur à cartouche solide	Protège l'installation contre l'humidité, les acides et les particules solides
12	Coffret électrique	Permet l'alimentation électrique de l'installation

Moteur Stirling

Découvert en 1816 par le pasteur et ingénieur Robert Stirling, ce moteur pourrait remplacer le traditionnel moteur à explosion, source de bruit et de pollution importants. Contrairement à ce dernier, le moteur Stirling utilise un fluide contenu dans une enceinte fermée, chauffée par une source de chaleur extérieure à l'enceinte. C'est donc un moteur à combustion externe, avec de nombreux avantages: combustion en continu, plus complète, pas de soupapes d'admission et d'échappement, donc moins de bruit, et possibilité (théorique) d'utiliser tout combustible solide, liquide, gazeux, solaire, nucléaire ! D'où des prototypes pour la production d'électricité, l'irrigation et le dessalement de l'eau.

La maquette est constituée d'un piston moteur métallique et d'un piston de détente en verre, placés en V à 90°. Ce dernier assure aussi la régénération : il refroidit le courant de gaz chaud, accumule son énergie et la recède au gaz froid.

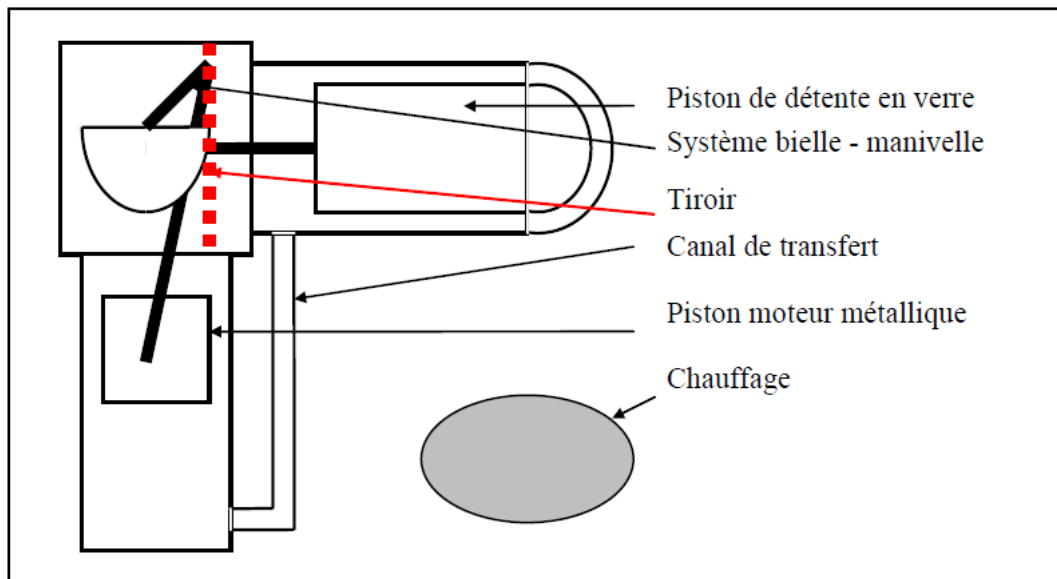


Figure 1: Dispositif du moteur Stirling

L'extrémité du cylindre de détente est chauffée par une lampe à alcool, alors que le cylindre moteur entraîne un volant d'inertie qui peut être couplé soit à un ensemble moteur-générateur, soit à un torsiomètre (mesure du couple mécanique). De plus, un ensemble de capteurs permet de mesurer le volume, la pression, les températures froide (au dixième de °C) et chaude et la vitesse de rotation.

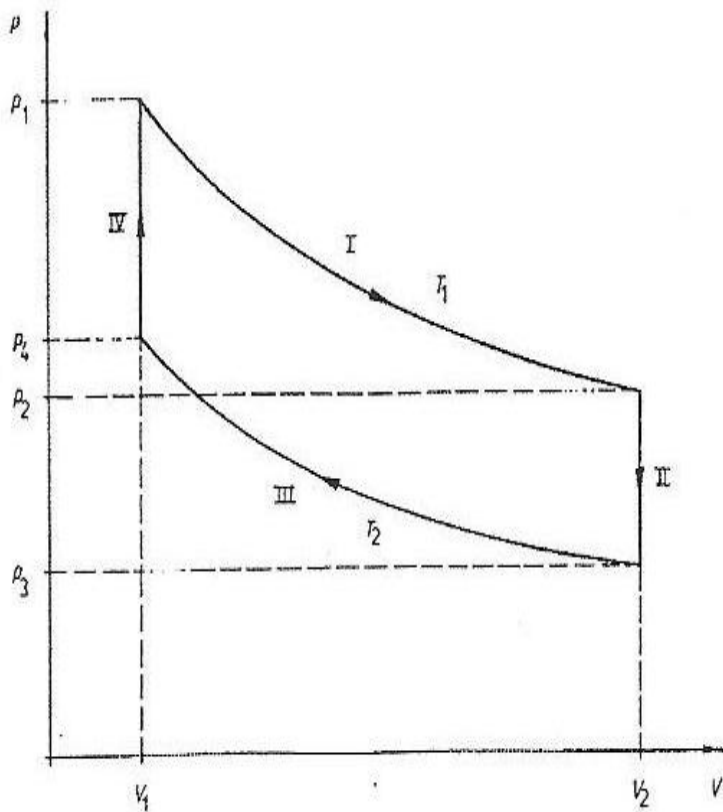
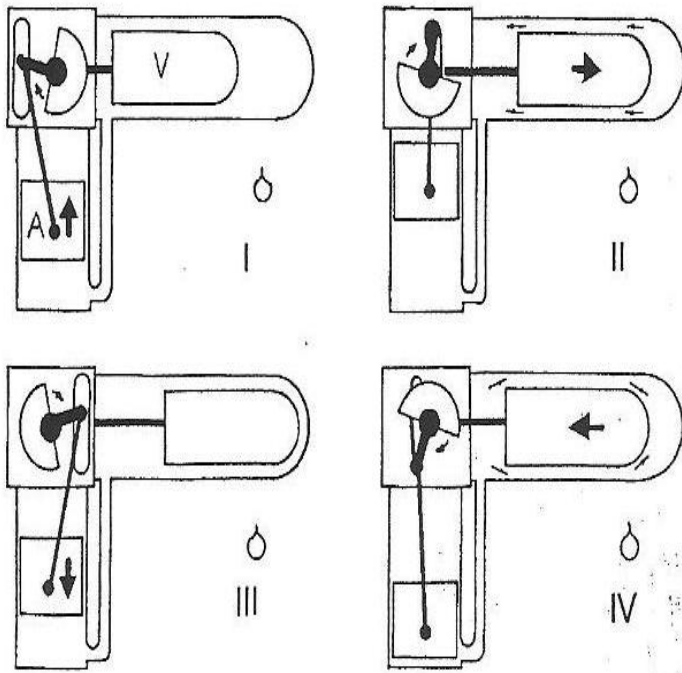


Fig. 2: Mode de fonctionnement du moteur Stirling.

- 1) Détente isotherme, apport de chaleur, cession de travail
- 2) Cession de chaleur isochore, pas de travail
- 3) Compression isotherme, cession de chaleur, absorption de travail
- 4) Absorption isochore de chaleur, pas de travail

$$\begin{aligned}
 & V_1 \rightarrow V_2 \quad p_1 \rightarrow p_2 \quad \text{et} \quad T_1 = \text{const.} \\
 & T_1 \rightarrow T_2 \quad p_2 \rightarrow p_3 \quad \text{et} \quad V_2 = \text{const.} \\
 & V_2 \rightarrow V_1 \quad p_3 \rightarrow p_4 \quad \text{et} \quad T_2 = \text{const.} \\
 & T_2 \rightarrow T_1 \quad p_4 \rightarrow p_1 \quad \text{et} \quad V_1 = \text{const.}
 \end{aligned}$$

Kit Voiture à hydrogène « Full Cell Car Science Kit »

