

Université Joseph Fourier, Grenoble, MMXIII

C. E. S. I. R. E.
Plateforme TTE

Pompe à chaleur (réfrigérateur)

manip Belledonne

Ce document ne doit pas quitter la salle de TP. Ne pas détériorer : il doit servir à tout le monde

1. MISE EN ROUTE

- Repérer la vanne de détente sur le circuit (cuivre, environ $7 \times 1 \text{ cm}$). La fermer (*i.e.* tourner la molette noire dans le sens qui correspond habituellement à l'ouverture), puis la rouvrir d'une demi-douzaine de tours. Cette molette noire est en fait un pointeau qui obstrue plus ou moins le trou de la vanne de détente (voir schéma page suivante).
- Ouvrir la circulation d'eau (électrovanne + vanne à bec rouge). Régler les deux robinets d'alimentation du condenseur de manière à ce que leur débit soit d'environ 100 l/h ($\approx 0,03 \text{ l/s}$).
- Allumer le compresseur (interrupteur à relever derrière la droite du montage expérimental).
- Si le débit de fréon est trop faible, l'augmenter à environ 15 l/h . Le débitmètre étant très instable, ne pas chercher à ajuster précisément le débit à une valeur. Le temps de mise en équilibre est typiquement de 30 à 45 minutes à la mise en route et de 15 à 20 minutes après modification d'un paramètre de fonctionnement.

2. MISE EN GARDE

Ce dispositif ne comporte aucun élément de contrôle. Il est important que le processus de refroidissement ne s'emballe pas, ce qui peut faire geler l'eau dans le circuit d'échange de chaleur avec l'évaporateur. Le gel de l'eau peut soit faire exploser le débitmètre, soit empêcher suffisamment les échanges de chaleur pour que le liquide frigorigène parvienne non complètement vaporisé dans le compresseur, ce qui peut l'endommager irréversiblement. Même sans ce type de préjudices, le gel de l'eau dans les tuyaux est à éviter, car il nécessite $\approx 30 \text{ mn}$ de dégel à l'aide d'un sèche-cheveux, puis à nouveau $\approx 30 \text{ mn}$ de stabilisation de l'équilibre pour pouvoir faire des mesures.

Il est donc important de surveiller constamment qu'on est en régime stable. Pour cela, hors des mesures de température, on mettra toujours le sélecteur de thermocouples (bouton noir à 10 positions sur le panneau avant) sur 4. Si une descente en température s'amorce et que T_4 descend en-dessous de 12°C , essayer de stabiliser la température en augmentant légèrement le débit d'eau dans l'évaporateur. Il sera nécessaire ensuite d'attendre à nouveau l'équilibre. Si la température continue à chuter, couper le compresseur dès que T_4 passe en-dessous de 4°C .

3. MESURES (SPÉCIFICITÉS MANIP BELLEDONNE)

- Pression : les manomètres sont des manomètres différentiels, *i.e.* ils mesurent la différence de pression entre le fréon et l'atmosphère extérieure. Il faut donc rajouter 1 bar aux mesures effectuées.
- Température : on tourne le bouton blanc pour avoir T_1 , T_2 etc. Ne pas oublier de replacer le bouton sur T_4 une fois que les mesures sont effectuées.

4. CHANGEMENT DE RÉGIME

Il se fait en changeant le débit du fréon. Pour l'étude d'un deuxième régime, régler le débit du fréon à environ 20 l/h. Le débitmètre du fréon ne permet pas d'en connaître mieux qu'une estimation grossière.

Pour le déterminer, on peut calculer la chaleur cédée par l'eau au niveau de l'évaporateur par unité de temps. Toujours au niveau de l'évaporateur, calculer le changement d'enthalpie du fréon à l'aide du diagramme de Mollier. On peut estimer le débit massique du fréon, qui fait le lien entre les deux résultats calculés précédemment, en supposant que la chaleur est entièrement échangée entre l'eau et le fréon (pas de perte vers l'extérieur).

Vanne de détente : principe et coupe

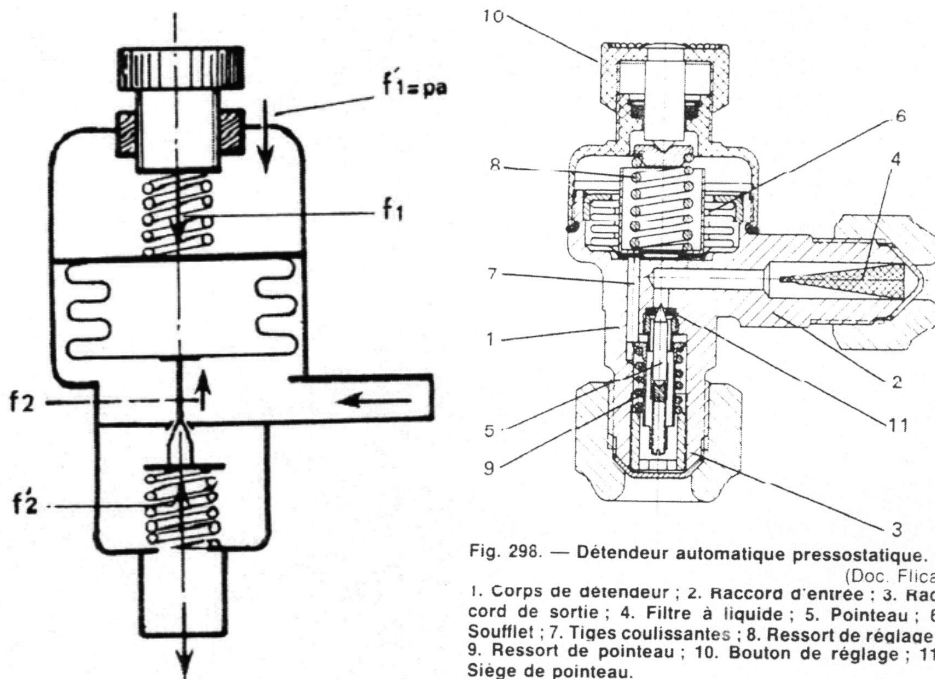
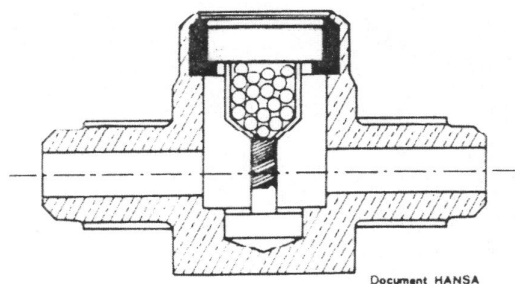


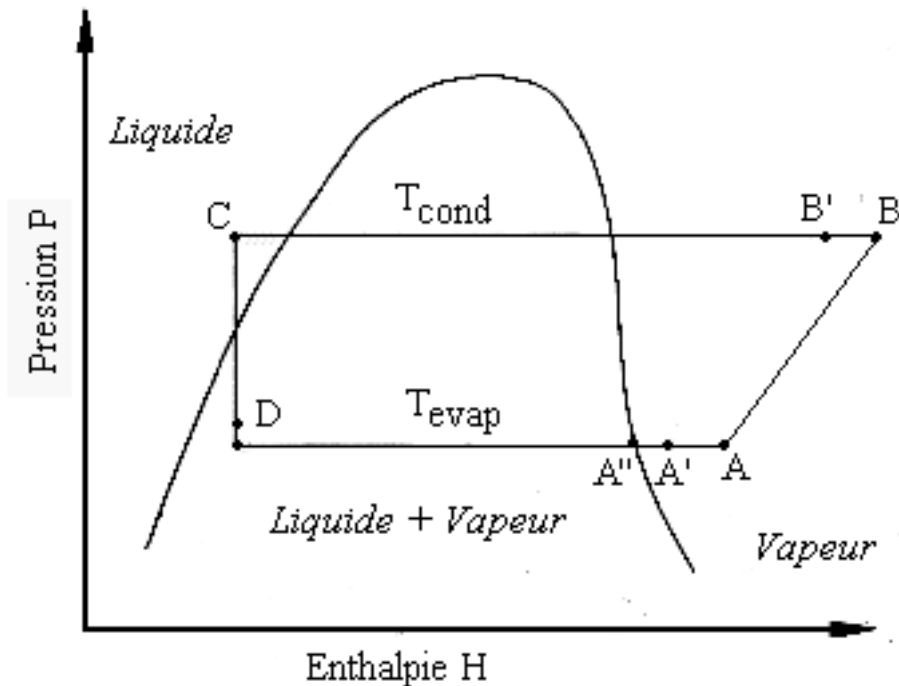
Fig. 298. — Détendeur automatique pressostatique.
(Doc. Flica)
1. Corps de détendeur ; 2. Raccord d'entrée ; 3. Raccord de sortie ; 4. Filtre à liquide ; 5. Pointeau ; 6. Soufflet ; 7. Tiges coulissantes ; 8. Ressort de réglage ; 9. Ressort de pointeau ; 10. Bouton de réglage ; 11. Siège de pointeau.

Lucarne de visualisation de l'écoulement après vanne de détente :



Document HANSA

Cycle réel de la PAC pour la manip Belledonne



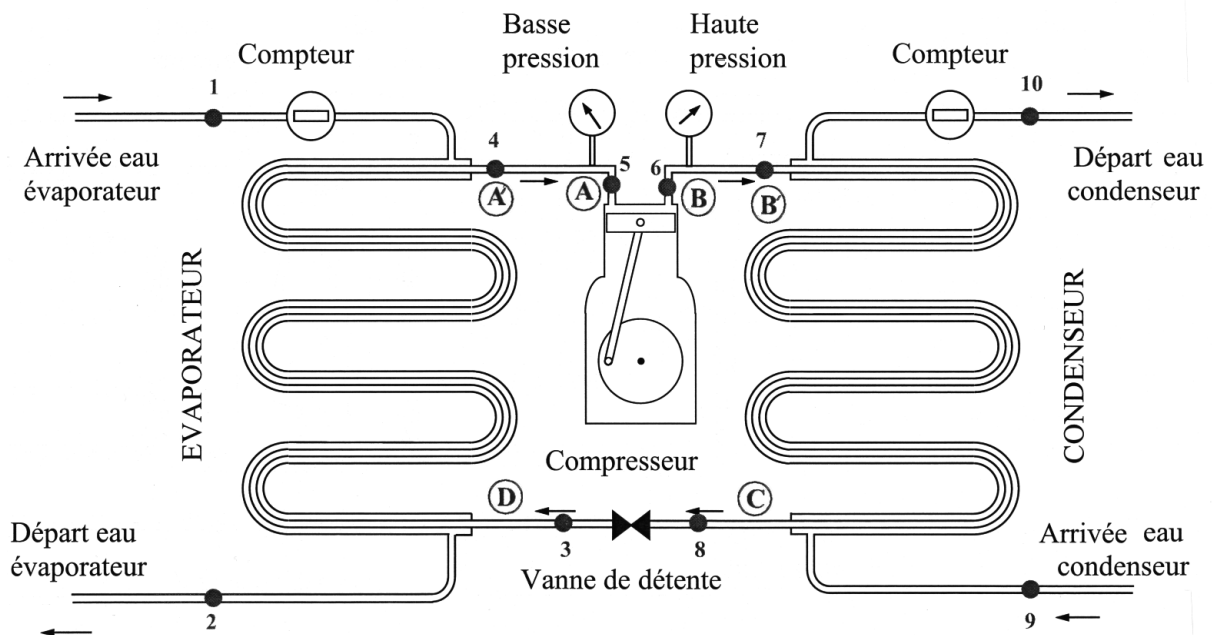
- Si l'on mesure la température à l'entrée du compresseur, on constate que le point A à l'entrée du compresseur n'est pas situé sur la courbe de saturation, ou de rosée (point A''). On surchauffe le gaz à la sortie de l'évaporateur : dans ces conditions, on assure que le compresseur travaille uniquement avec du gaz, ce qui évite sa détérioration en cas de fonctionnement avec un mélange liquide-gaz. Le point A' correspond à la sortie de l'évaporateur ; la connaissance de sa température permet de mieux évaluer la quantité de chaleur échangée avec l'eau.

- Si le compresseur était parfaitement adiabatique, on mesurerait en sortie du compresseur une température correspondant au point B situé sur l'isentrope passant par A . En pratique, la température mesurée en sortie du compresseur fait placer le point B à droite de l'isentrope qui passe par A , car il a fallu fournir plus de travail que pour une compression adiabatique et le fréon a récupéré les pertes du moteur et du compresseur. A l'entrée du condenseur (point B'), on mesure une température plus faible qu'en B à cause des pertes dans les canalisations entre le compresseur et le condenseur.

- Entre le condenseur et la vanne de détente, on trouve un point C situé dans la région "liquide" et non pas exactement sur la courbe de rosée : les dimensions du dispositif sont calculées pour sous-refroidir légèrement le liquide. La détente dans la vanne est ainsi plus régulière, l'écoulement du fluide n'étant pas perturbé par un mélange liquide-gaz.

- Enfin, la mesure de la température à l'entrée de l'évaporateur donne dans certaines conditions un point D dont la pression est différente de celle de A , où est situé le manomètre. Ceci traduit le fait qu'il peut exister des pertes de charge non négligeables dans l'évaporateur. La position du thermomètre correspondant au point D peut aussi expliquer cette différence. En pratique, on placera le point D en considérant qu'il est à la même pression que A , et que la transformation $C - D$ est isenthalpique.

Machine Belledonne - Position des thermomètres :



UTILITÉ DU DIAGRAMME DE MOLLIER (VOIR PAGE SUIVANTE) EN SYSTÈME OUVERT :

Un système ouvert peut échanger non seulement de l'énergie mais aussi de la matière avec l'extérieur. C'est le cas d'un système en écoulement permanent, et par extension un système en circuit fermé (comme celui auquel on a affaire) peut être décrit comme un circuit ouvert. Dans ce cas, c'est l'enthalpie et non l'énergie interne qui est la grandeur la plus pratique à considérer.

En effet, le premier principe nous dit que la variation de l'énergie interne de cette partie du fluide (qui constitue un système fermé, puisqu'on suit les molécules du fluide) $U_2 - U_1$ est égale à la somme du travail W et de la chaleur Q (dans la convention thermodynamique où ce qui est effectivement reçu par le fluide est > 0 , et ce qui est cédé à l'extérieur est < 0), échangés avec le fluide pendant la transformation. Attention : W est la somme du travail fourni par l'extérieur W_{ext} (par exemple, par le compresseur) et du travail des forces de pression exercées sur le système considéré par le reste du fluide W_{reste} .

Ce travail W_{reste} est égal à $P_1V_1 - P_2V_2$ (c'est-à-dire à la différence entre le travail échangé lorsqu'un volume V_1 de fluide sort d'une zone où la pression est P_1 , et celui qu'il faut fournir pour faire entrer un volume V_2 de fluide dans une zone où la pression est P_2) ($\Rightarrow doc$). Ainsi le premier principe s'écrit :

$$U_2 - U_1 = Q + W_{ext} + P_1V_1 - P_2V_2$$

En introduisant l'enthalpie $H = U + PV$, on obtient finalement :

$$H_2 - H_1 = Q + W_{ext}$$

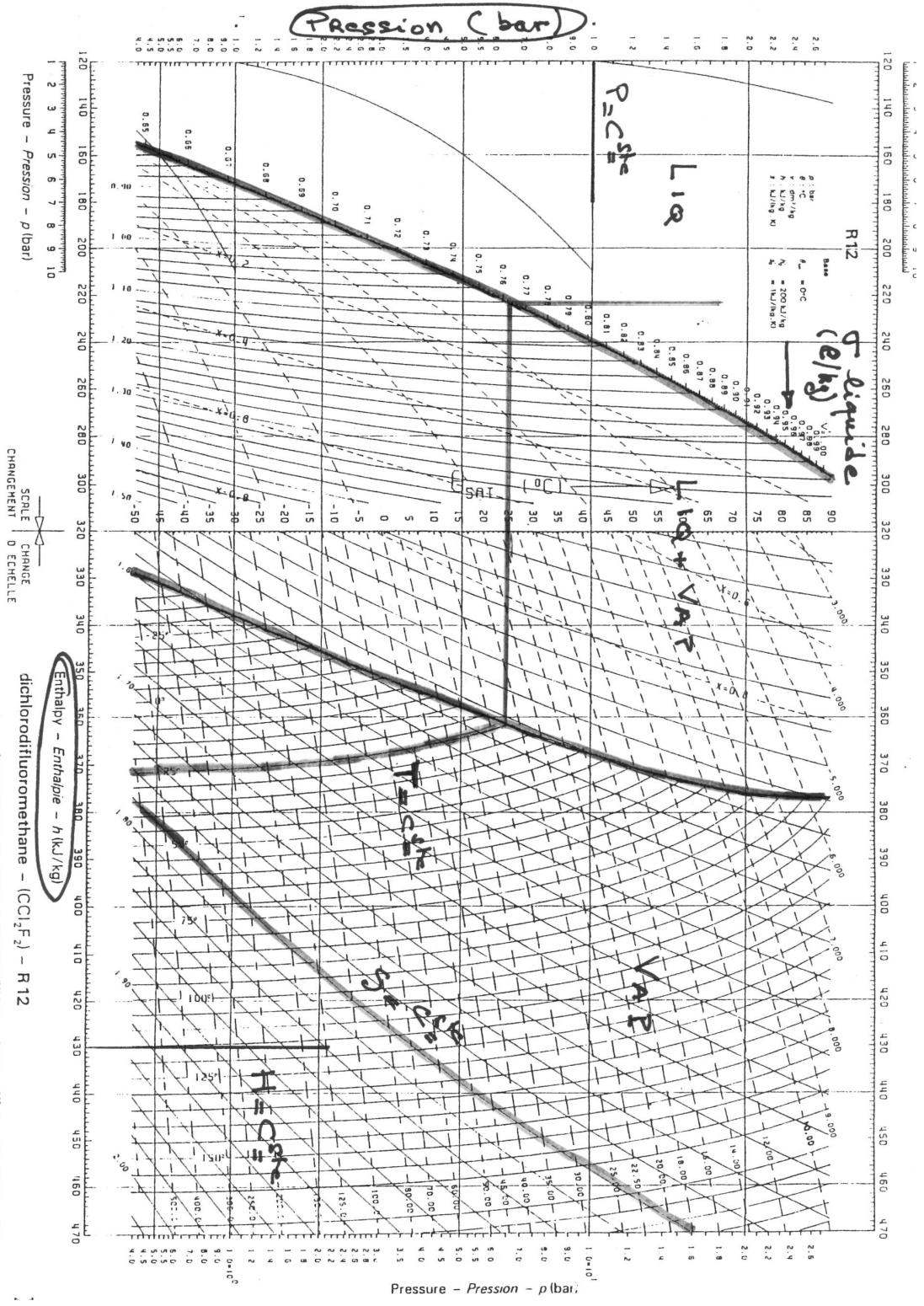


Diagramme de Mollier du R12. Les graduations portées sur la partie gauche de la courbe d'équilibre liquide-vapeur donnent le volume massique du fréon.

Données :

Chaleurs spécifiques de l'eau : $c_{eau} = 4,186 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Fréon liquide : $c_{R12} = 966 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ et $\rho_{R12} = 1330 \text{ kg/m}^3$ à 20°C ; $c_{R12} = 984 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ et $\rho_{R12} = 1295 \text{ kg/m}^3$ à 30°C . Chaleur latente de vaporisation : $L_v = 166,2 \text{ kJ/kg}$