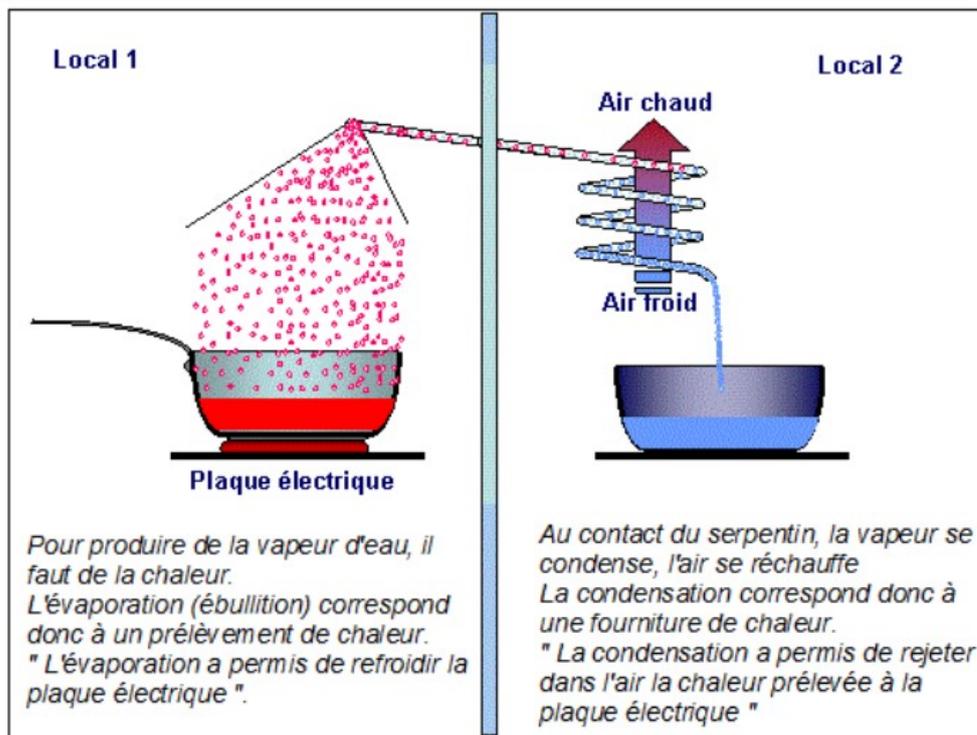


<https://formation.xpair.com/essentiel-genie-climatique/lire/exercices-recapitulatifs-froid.htm>

N°1 - Evaporation et condensation de l'eau



Evaporation, puis condensation d'un fluide peuvent donc être utilisés pour transférer de la chaleur d'un milieu à un autre. Dans notre exemple, évaporation puis condensation ont permis de transférer la chaleur de la plaque électrique à l'air du local n°2.

Question

Q1: En négligeant les " pertes en ligne ", si la chaleur fournie ci-dessus à l'air du local n°2 est de 1 [kWh], quelle quantité de chaleur a été prélevée à la plaque électrique?

Si on néglige les " pertes en ligne ", l'énergie fournie lors de la condensation est égale à celle qui a été nécessaire à l'évaporation de l'eau.

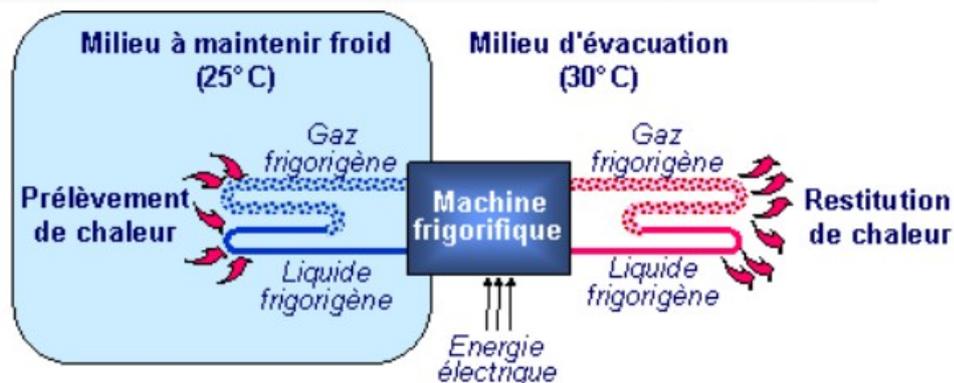
Il ne s'agit néanmoins pas ici d'une véritable machine frigorifique car la chaleur circule dans le sens normal, de la plaque électrique chaude vers le local n°2 froid.

Les machines frigorifique seront, elles, capables de faire circuler de la chaleur d'un milieu "froid" (par exemple la chambre de l'hôtel climatisé), vers un milieu chaud (par exemple l'air extérieur chaud autour de l'hôtel climatisé).

Pour cela, il sera nécessaire de faire tourner un moteur pour que la chaleur puisse se déplacer à "contre courant".

Nous verrons que le moteur apportera alors également de la chaleur qu'il faudra aussi évacuer lors de la phase de condensation.

Présentation de la machine frigorifique



Les machines frigorifiques contiennent un liquide dont l'évaporation permet de prélever de l'énergie dans une ambiance à refroidir (on ne fabrique pas du froid on enlève de la chaleur). Cette énergie prélevée est ensuite rejetée dans un milieu extérieur par la condensation de ce même fluide frigorigène.

Remarquez que dans cet exemple, le transfert d'énergie ne s'effectue pas dans le sens normal de circulation de la chaleur : la chaleur circule d'un milieu " froid " à 25 [°C] vers un milieu " chaud " à 30 [°C]. Ce transfert anormal de chaleur nécessite une consommation d'énergie.

Les fluides utilisés pour véhiculer l'énergie du local à refroidir vers l'extérieur sont appelés "**fluides frigorigènes**".

Leur principale caractéristique est leur capacité à s'évaporer à des températures basses et des pressions raisonnables.

Dans les climatiseurs, on souhaite ainsi qu'ils aillent bouillir à faible température dans le local à refroidir (en y puisant de la chaleur).

Ces fluides particuliers autrefois appelés " fréon " du nom d'une marque, sont désignés par la lettre R (Réfrigérant) suivi de chiffres.

Les principaux fluides utilisés autrefois étaient le R12 et le R22. Ils sont aujourd'hui remplacés par des fluides moins polluants tels que le R410A ou le R134A.

Q1 : Quelle est la principale caractéristique particulière des fluides frigorigènes?

La principale caractéristique particulière des fluides frigorigènes est leur capacité à s'évaporer et à se condenser à des températures basses et des pressions raisonnables.

Dans les climatiseurs, on souhaite ainsi qu'ils aillent bouillir à faible température dans le local à refroidir (en y puisant de la chaleur).

Q2 : Quels sont les 2 moyens de faire bouillir de l'eau ?

Pour faire bouillir de l'eau on peut :

- En faire monter la température jusqu'à ce que les molécules à l'état liquide passent à l'état

gazeux.

- Abaisser la pression à laquelle elle est soumise jusqu'à ce que les molécules à l'état liquide « s'envolent » à l'état gazeux

Ainsi en haut du Mont Blanc l'eau bout à 85 [°C] et non à 100 [°C].

Q3 : L'eau peut-elle s'évaporer à une température de 5 [°C]? A quelle condition?

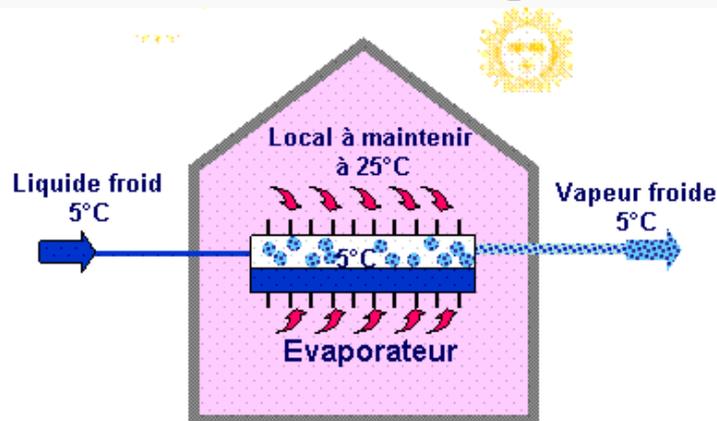
Oui, l'eau peut s'évaporer à 5 [°C] à condition qu'elle soit soumise à une pression extrêmement faible (proche du vide).

Q4: Pour être utilisée comme fluide frigorigène, il faudrait que l'eau puisse s'évaporer à environ 5 [°C] dans le milieu à refroidir.

Est-il envisageable d'utiliser l'eau comme fluide frigorigène dans un climatiseur?

En pure théorie, l'eau pourrait être utilisée comme fluide frigorigène car elle peut bouillir à des températures très faibles à condition qu'elle se trouve à des pressions extrêmement faibles et inférieures à la pression atmosphérique. L'étanchéité d'une telle machine serait très difficile à réaliser.

Les composants de la machine frigorifique



La machine frigorifique comporte 4 composants principaux dans lesquels le fluide frigorigène passe successivement.

Composant 1 : l'évaporateur (c'est la partie froide de la machine)

Ce composant permet de refroidir le local en y prélevant de la chaleur. Le fluide frigorigène s'y évapore. On l'appelle évaporateur.

Notons que sur le schéma, la température du fluide frigorigène est la même en entrée et en sortie de l'évaporateur. Comme l'eau dont l'ébullition s'effectue dans la cuisine à la température constante de 100°C, le fluide frigorigène s'évapore sans changer de température.

En réalité, on verra qu'en pratique, on veille à ce que le frigorigène sorte légèrement "surchauffé" de l'évaporateur, mais ce n'est pas pour le moment le sujet.

Fiche N°7-3
Thème : Habitat

Les machines frigorifiques

La puissance prélevée dans le local sera appelée puissance frigorifique ou puissance de l'évaporateur.

Question

Q1: Indiquez, aussi clairement et complètement que possible, toutes les différences que présente le fluide frigorigène entre l'entrée et la sortie de l'évaporateur.

A l'entrée de l'évaporateur, le fluide frigorigène est pour l'essentiel à l'état liquide.

A la sortie de l'évaporateur il est à l'état gazeux.

A la sortie de l'évaporateur le fluide frigorigène contient plus d'énergie qu'à son entrée. Il a récupéré la chaleur prélevée dans le local à refroidir.

C'est cette chaleur qui a permis au fluide frigorigène de passer de l'état liquide à l'état gazeux (évaporation).

A ce stade, le refroidissement du local étant effectué, il reste à évacuer l'énergie prélevée . Cette énergie est maintenant contenue dans le fluide frigorigène.

Composant 2 : Le compresseur

Il faut trouver un moyen d'évacuer l'énergie contenue dans les vapeurs froides qui sortent de l'évaporateur. On souhaite la rejeter dans un milieu extérieur tel que la rue. Or, celle-ci se trouve à une température beaucoup plus élevée que celle de la vapeur à refroidir... Ce n'est donc pas évident.

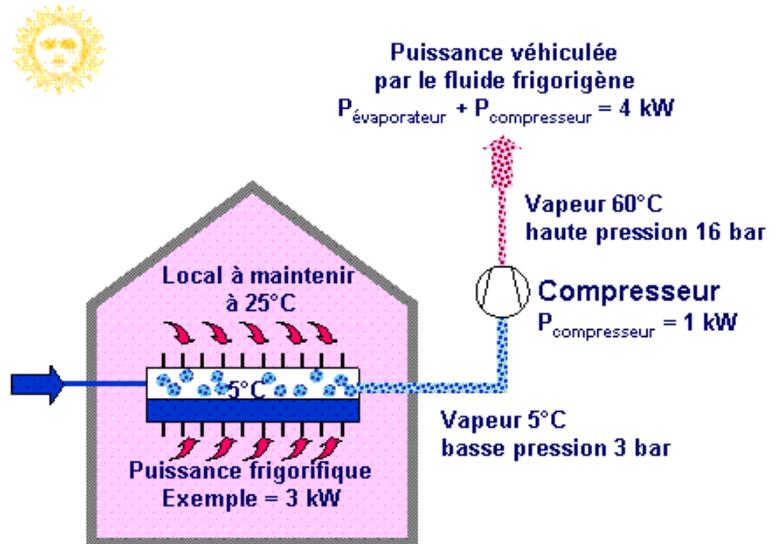
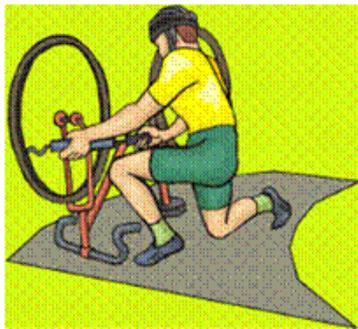
Une astuce va consister à comprimer le gaz jusqu'à ce que sa température devienne plus élevée que celle du milieu extérieur.

Nous avons tous un jour gonflé le pneu d'une bicyclette et noté que la compression de l'air s'accompagnait d'une montée en température. C'est ce phénomène que l'on utilise.

Cette compression nécessitera un apport supplémentaire d'énergie. L'énergie nécessaire sera de l'ordre du tiers de celle prélevée. Si la puissance de l'évaporateur est de 3 kW, il faudra consommer environ 1 kW pour effectuer la compression.

Fiche N°7-3
Thème : Habitat

Les machines frigorifiques



Pour 3 [kW] prélevés dans le local à refroidir (puissance frigorifique), une compression correspondant à un apport énergétique de 1 [kW] sera nécessaire. On dira alors que le **coefficient de performance** (ou d'effet) **frigorifique** est de 3, rapport entre la puissance de l'évaporateur et celle du compresseur.

En sortie du compresseur, la vapeur est à haute pression. Elle contient la puissance prélevée à l'évaporateur, augmentée de celle apportée par la compression, soit 4 [kW] pour notre exemple.

Q2: Indiquez, aussi clairement et complètement que possible, toutes les différences que présente le fluide frigorigène entre l'entrée et la sortie du compresseur, notamment pour ce qui concerne l'énergie qu'il contient .

A l'entrée et à la sortie du compresseur, le fluide frigorigène est à l'état gazeux, mais en sortie il a été comprimé.

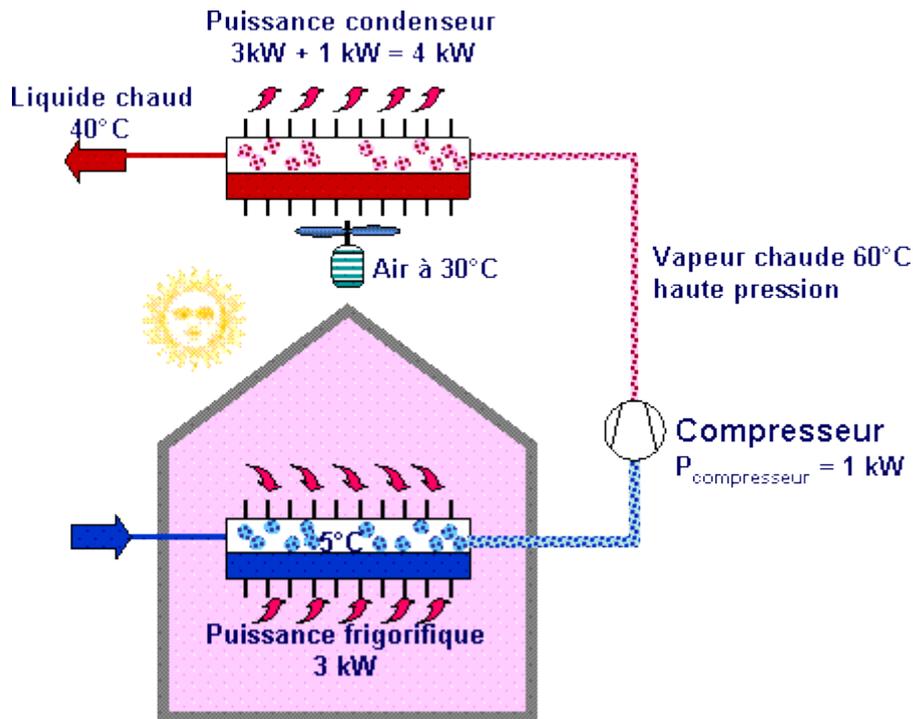
En sortie du compresseur, le fluide frigorigène est à une pression et une température plus élevée qu'à son entrée.

A la sortie du compresseur le fluide frigorigène contient plus d'énergie qu'à son entrée.

A l'entrée, le fluide frigorigène contenait la chaleur prélevée dans le local à refroidir. En sortie du compresseur il s'est rajoutée l'énergie apportée par le moteur du compresseur, sous forme de montée en pression et en température.

Composant 3 : Le condenseur (c'est la partie chaude de la machine frigorifique)

Ce composant permet d'évacuer l'énergie contenue dans le fluide frigorigène. Le fluide s'y condensera en restituant l'énergie qu'il véhicule.



Q3: Indiquez, aussi clairement et complètement que possible, toutes les différences que présente le fluide frigorigène entre l'entrée et la sortie du condenseur, notamment pour ce qui concerne l'énergie qu'il contient.

A l'entrée du condenseur, le fluide frigorigène est à l'état gazeux. Du fait de la compression, sa température et sa pression sont élevées.

A la sortie du condenseur le fluide frigorigène est à l'état liquide. Sa température a chuté.

Lors de son passage dans le condenseur, le fluide frigorigène a, en se condensant, évacué l'énergie qu'il avait puisé dans le local à refroidir et reçu lors de sa compression.

Il contient donc moins d'énergie qu'à son entrée.

Composant 4 : Le détendeur

Il reste à trouver le moyen de renvoyer le fluide frigorigène dans l'évaporateur pour qu'il permette à nouveau de refroidir le local. Il faut pour cela qu'il soit froid. Or, en sortie du condenseur, le fluide frigorigène est un liquide chaud. Pour le faire chuter en température, on effectue l'inverse d'une compression : **une détente**.

Le phénomène est moins connu que celui de la compression, mais nous l'avons tous rencontré. Lorsqu'un homme se rase le matin, ou qu'une femme se parfume, ils ont noté que la bombe de mousse à raser ou le vaporisateur de parfum se refroidissait. Ceci est dû à la chute de pression de la mousse ou du parfum qui se retrouve brusquement à la pression atmosphérique de la salle de bain.

Dans le circuit frigorifique, la chute de pression nécessaire au refroidissement du fluide frigorigène est obtenue par frottement (perte de charge) dans le détendeur. Il s'agit en général d'une sorte de robinet de petite taille.

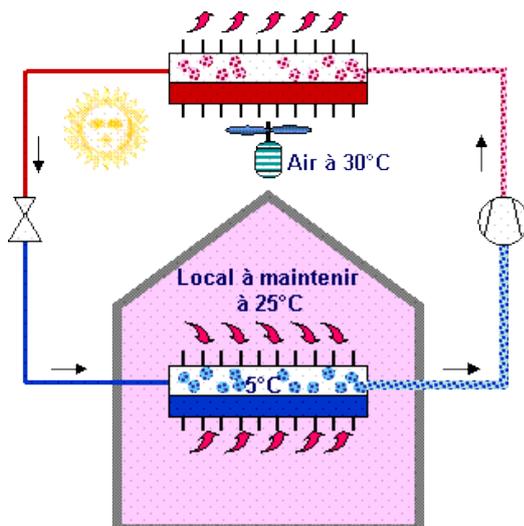
Q4: Indiquez, aussi clairement et complètement que possible, toutes les différences que présente le fluide frigorigène entre l'entrée et la sortie du détendeur.

A l'entrée du détendeur, le fluide frigorigène est à l'état liquide. Il est encore à une pression et une température élevée.

A la sortie du détendeur le fluide frigorigène est pour l'essentiel à l'état liquide. Sa température et sa pression ont suffisamment chuté pour qu'il puisse à nouveau prélever de la chaleur dans le local à refroidir.

Sujet moins évident, le fluide frigorigène contient autant d'énergie en entrée et en sortie du détendeur. Cela méritera quelques explications que nous recevrons ultérieurement.

Q2: Nommez et positionnez sur le schéma ci-dessous les 4 composants principaux de la machine frigorifique.

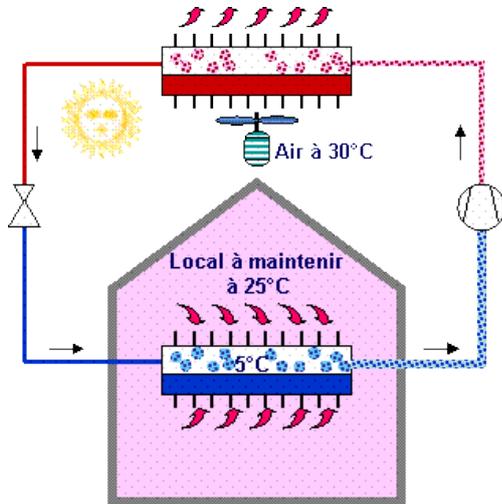


solution

Q2: Nommez et positionnez sur le schéma ci-dessous les 4 composants principaux de la machine frigorifique.

Fiche N°7-3
Thème : Habitat

Les machines frigorifiques



En sortie de l'évaporateur, on peut pour le moment admettre que la température de la vapeur froide est la même que celle du liquide froid, soit 5 °C. En réalité, la température sera plus élevée. On parlera d'une surchauffe dont le but sera de garantir que tout le liquide s'est bien évaporé.

Q2: A l'arrière du réfrigérateur, se trouve une grille chaude. C'est là que s'évacue la chaleur puisée à l'intérieur.

En partant de l'évaporateur du réfrigérateur, expliquez comment la chaleur est rejetée dans la cuisine.

Où se situe le compresseur, à l'intérieur ou à l'extérieur du réfrigérateur? Pourquoi?

En sortie de l'évaporateur, le fluide frigorigène est comprimé, ce qui le fait monter à une température supérieure à celle de la cuisine. Le fluide ira se condenser à l'arrière du réfrigérateur dans le condenseur et évacuera ainsi l'énergie puisée à l'intérieur.

Le compresseur est situé à l'extérieur du réfrigérateur pour éviter qu'il ne réchauffe les aliments.

Q3: Si je trouve que la cuisine est trop chaude, puis-je la refroidir en laissant ouverte la porte du réfrigérateur? Pourquoi?

Non, en laissant la porte du réfrigérateur ouverte, on ne peut pas refroidir la cuisine. Au contraire on la chauffera. En effet, le condenseur libère plus de chaleur que l'évaporateur n'en enlève. La puissance du condenseur = puissance de l'évaporateur + puissance compresseur.

Donc, si l'évaporateur du réfrigérateur (porte ouverte) puise 300 [W] de chaleur dans la cuisine, son condenseur y déverse environ 400 [W]. En conséquence, la cuisine est chauffée de 100 [W].

Fiche N°7-3
Thème : Habitat

Les machines frigorifiques

Q4: Enfin, exerçons notre bon sens thermique.

La cuisine est à 30 [°C], les aliments doivent être conservés à 6/7 [°C] et le réfrigérateur étudié produit aussi de la glace.

Donnez un **ordre de grandeur** de la température de l'évaporateur à l'intérieur du réfrigérateur.

Pour permettre la production de la glace, l'évaporation devra s'effectuer à une température nettement inférieure à 0 [°C], de l'ordre de - 10 [°C].

Q5: Donnez un **ordre de grandeur** de la température du condenseur à l'extérieur du réfrigérateur.

Pour permettre l'évacuation de la chaleur dans la cuisine, la condensation devra s'effectuer à une température nettement supérieure à celle de la cuisine, de l'ordre de 40 à 45 [°C].