

LA PRODUCTION DE FROID

Introduction :

Les appareils producteurs de froid sont très utilisés en Hôtellerie-restauration :

- ✓ Descente en température
- ✓ Conservation des denrées
- ✓

On distingue 2 types d'appareil :

- ✓ Les appareils producteurs de froid « positif », c'est à dire permettant d'obtenir des températures supérieures à 0°C
- ✓ Les appareils producteurs de froid « négatif », obtenant des températures inférieures à 0°C

I) LA PRODUCTION DE FROID

1) Principe

Le froid produit est en fait une absorption de la chaleur. Pour effectuer cette absorption on utilise une réaction endothermique.

Une réaction endothermique est une réaction chimique qui doit utiliser de l'énergie thermique pour se produire.

On utilise la vaporisation d'un fluide comme réaction endothermique.

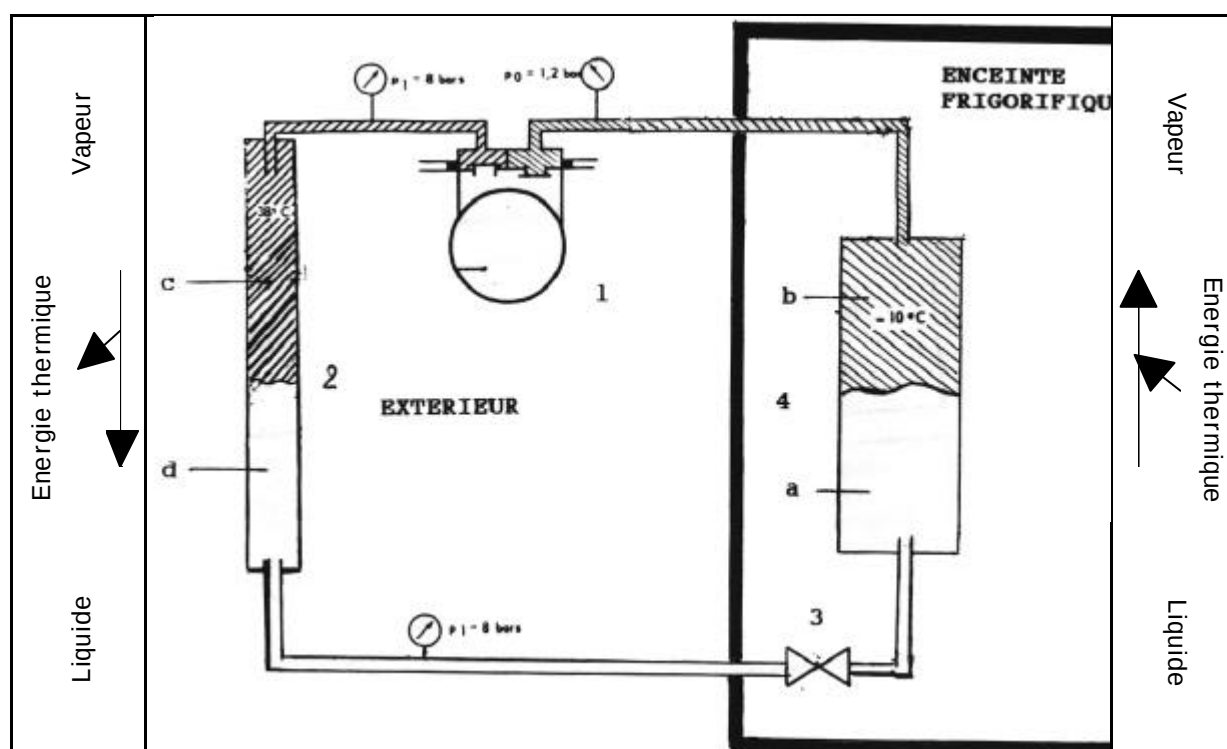
Remarque : refroidissement du corps humain grâce à l'évaporation de la sueur.

2) Les appareils producteurs de froid mécanique

C'est le système de production de froid le plus couramment utilisé dans les réfrigérateurs, les chambres froides, les armoires frigorifiques

La vaporisation d'un liquide dans un « évaporateur » permet l'absorption de chaleur dans « l'enceinte frigorifique isolée ».

Le gaz ainsi produit est alors remis sous forme liquide, c'est à dire condensé, pour pouvoir effectuer un nouveau cycle.



Organes		Rôle
1	Compresseur	Le compresseur aspire les vapeurs, en augmente la pression et les refoule dans le condenseur. Le compresseur fonctionne grâce à de l'énergie électrique.
2	Condenseur	Le condenseur est un échangeur thermique dont le rôle est de faire passer le fluide frigorigène de l'état gazeux à l'état liquide par évacuation de la chaleur latente. La chaleur est échangée avec l'air à l'arrière du réfrigérateur.
3	Détendeur	Le détendeur règle l'arrivée de liquide dans l'évaporateur pour ne pas que la pression trop forte gêne l'évaporation.
4	Evaporateur	L'évaporateur permet au fluide frigorigène de passer sous forme de vapeur et donc d'absorber de la chaleur dans l'enceinte

Les fluides frigorigènes

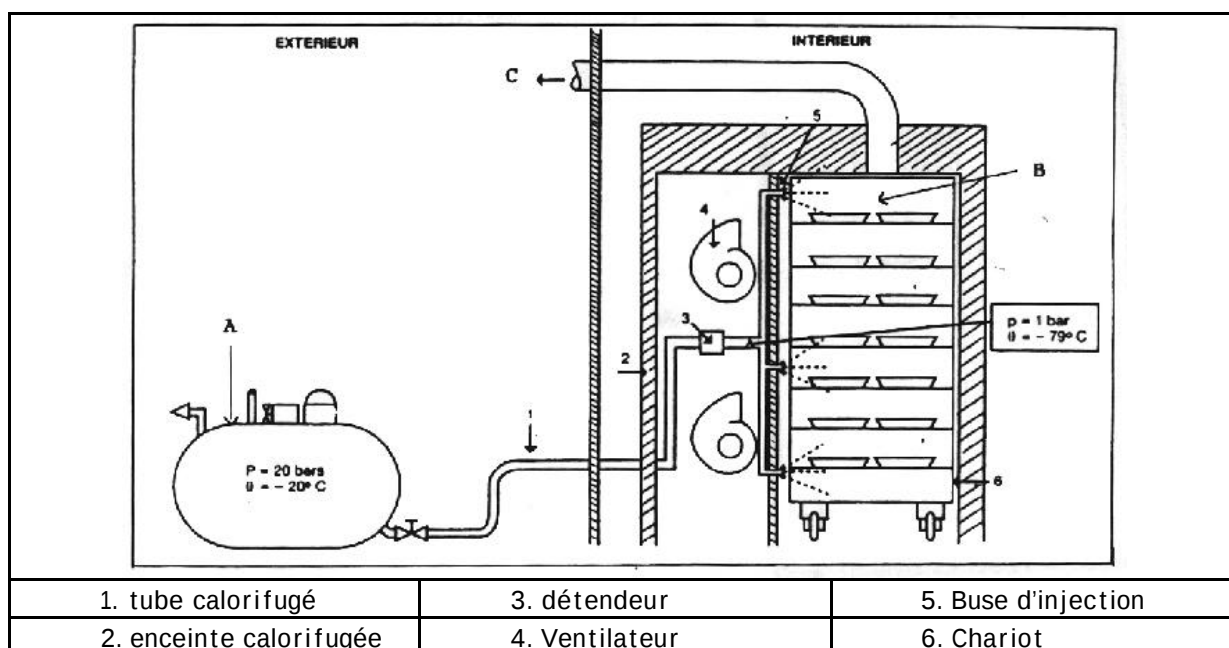
- ✓ CFC (chlorofluorocarbone) (R12)
- ✓ HCFC (hydrochlorofluorocarbone) : il y a remplacement partiel des atomes de chlore par de l'hydrogène (R22)
- ✓ HFC (hydrofluorocarbone) : remplacement total des atomes de chlore par de l'hydrogène (R134a).
- ✓ halons : contiennent également du brome

Les CFC (et également, mais de façon moindre, les HCFC) sont responsables de la destruction massive de l'ozone. Depuis le protocole de Montréal en 1987, la production des CFC s'est arrêtée au 01/01/95 et son utilisation a disparu en 2000. Les HCFC peuvent servir à la transition mais leur utilisation doit être nulle en l'an 2030. Les HFC (R134a, HFC23), les mélanges de substitution (R404a), l'ammoniac (R717) et de nouveaux fluides à l'étude, doivent remplacer les CFC et les HCFC d'ici l'an 2030.

3) Le froid cryogénique.

Principe

Cette production de froid est obtenue grâce à la vaporisation d'un fluide cryogénique, ayant des propriétés particulières : inodore, incolore, ininflammable, chimiquement peu réactif, soluble dans l'eau et qui respecte les qualités organoleptiques et hygiéniques des aliments avec lesquels il est mis **directement** en contact.



Organes		Rôle
A	Réservoir de fluide cryogénique liquide	Le fluide cryogénique est conservé sous pression, sous forme liquide.
3	Détendeur	Comme pour la production de froid mécanique, le détendeur assure une pression optimale pour la vaporisation du fluide cryogénique
B	Enceinte réfrigérée	Le fluide cryogénique admis dans la cellule se détend et capte ainsi l'énergie thermique détenue par les aliments
C	Evacuation du gaz	Contrairement à la réfrigération mécanique, le fluide n'est ici pas récupérable. Ses vapeurs sont éliminées et rejetées dans l'atmosphère.

Les fluides cryogéniques.

Le diazote liquide ; stocké à -20°C ; vaporisé à -196°C .

Le CO_2 liquide ; stocké à -20°C ; détendu à la pression atmosphérique il produit un mélange de CO_2 gazeux et de CO_2 solide appelé neige carbonique. Cette neige carbonique se sublime à -80°C .

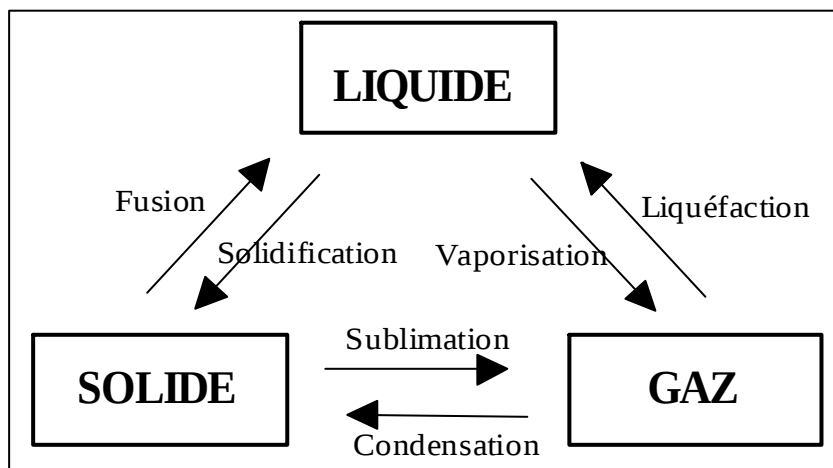
II) LES BESOINS EN FROID

1) Rappel :

Lorsqu'un corps reçoit suffisamment d'énergie thermique, ses grains de matières (molécules et atomes) se disposent de façon de plus en plus désordonnée les uns par rapport aux autres passant ainsi d'une structure très ordonnée (état solide) à une structure très désordonnée (état gazeux)

Les changements d'état s'effectuent toujours à une même température pour un corps pur donné.

Exemple : L'eau passe de l'état solide à l'état liquide à 0°C .



Lorsqu'un corps change d'état une certaine quantité de chaleur est échangée. Cette quantité de chaleur est appelée chaleur latente. Elle dépend de la nature du corps en question.

Chaleur latente de fusion :

C'est la quantité de chaleur nécessaire pour faire passer, à la t° de fusion, 1 kg de corps pur à l'état solide à l'état liquide.

Exemples :

Glace	334 kJ / kg
Cuivre	205 kJ / kg
Aluminium	393 kJ / kg
Légumes	313,5 kJ / kg
Viande	234 kJ / kg
Poissons	263,3 kJ / kg

Chaleur latente de vaporisation:

Au cours de sa vaporisation, un corps absorbe de la chaleur, c'est une transformation endothermique. Inversement la condensation est exothermique.

La chaleur latente de vaporisation est la quantité de chaleur nécessaire pour faire passer 1 kg de corps pur de l'état liquide à l'état gazeux (sous une pression donnée, à la t° d'ébullition).

Inversement c'est la quantité de chaleur que cèdera 1 kg de vapeur passant à l'état liquide.

Exemples :

L'eau : 2257 kJ/kg

2) Exercices

Ex. 1.

Calculez en kJ la chaleur qu'il faut prendre à 2,6 litres d'eau à 21°C pour les porter à -29°C . La chaleur massique de la glace est $2\,100\text{ J/kg.}^\circ\text{C}$ et la chaleur massique de l'eau $4\,180\text{ J/kg.}^\circ\text{C}$.

Ex. 2.

Calculez (en kW.h) l'énergie nécessaire pour porter à ébullition 2 kg de glace dont la température initiale est 0°C . La chaleur massique de l'eau $4\,180\text{ J/kg.}^\circ\text{C}$.

Ex. 3.

Calculez la chaleur qu'il faut retirer à 16 kg de viande à 13°C pour la congeler à -28°C . (chaleur massique de la viande $2,76\text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$ pour les températures $> 0^\circ\text{C}$ et $1,79$ pour les températures $< 0^\circ\text{C}$).

Ex. 4.

On surgèle un plat constitué de 600 grammes de viande et 1,2 kg de légumes. Calculez la quantité de chaleur qu'il faut lui prendre pour le porter de $+65^\circ\text{C}$ à -18°C .

Ex. 5.

Dans une cellule de refroidissement rapide, on surgèle 1,5 kg de viande et 2,5 kg de légumes cuisinés. La température d'entrée des produits est $+85^\circ\text{C}$ et leur température de sortie est -25°C .

a) Calculez la quantité de chaleur qui doit être prise aux produits par la cellule.

b) Celle-ci a un rendement de 65%, calculez en kW.h l'énergie électrique consommée et le coût de l'opération (si le prix du kW.h électrique est $0,05\text{ €}$). Si on veut que cette opération se fasse en 45 minutes, calculez la puissance nécessaire de la cellule.