

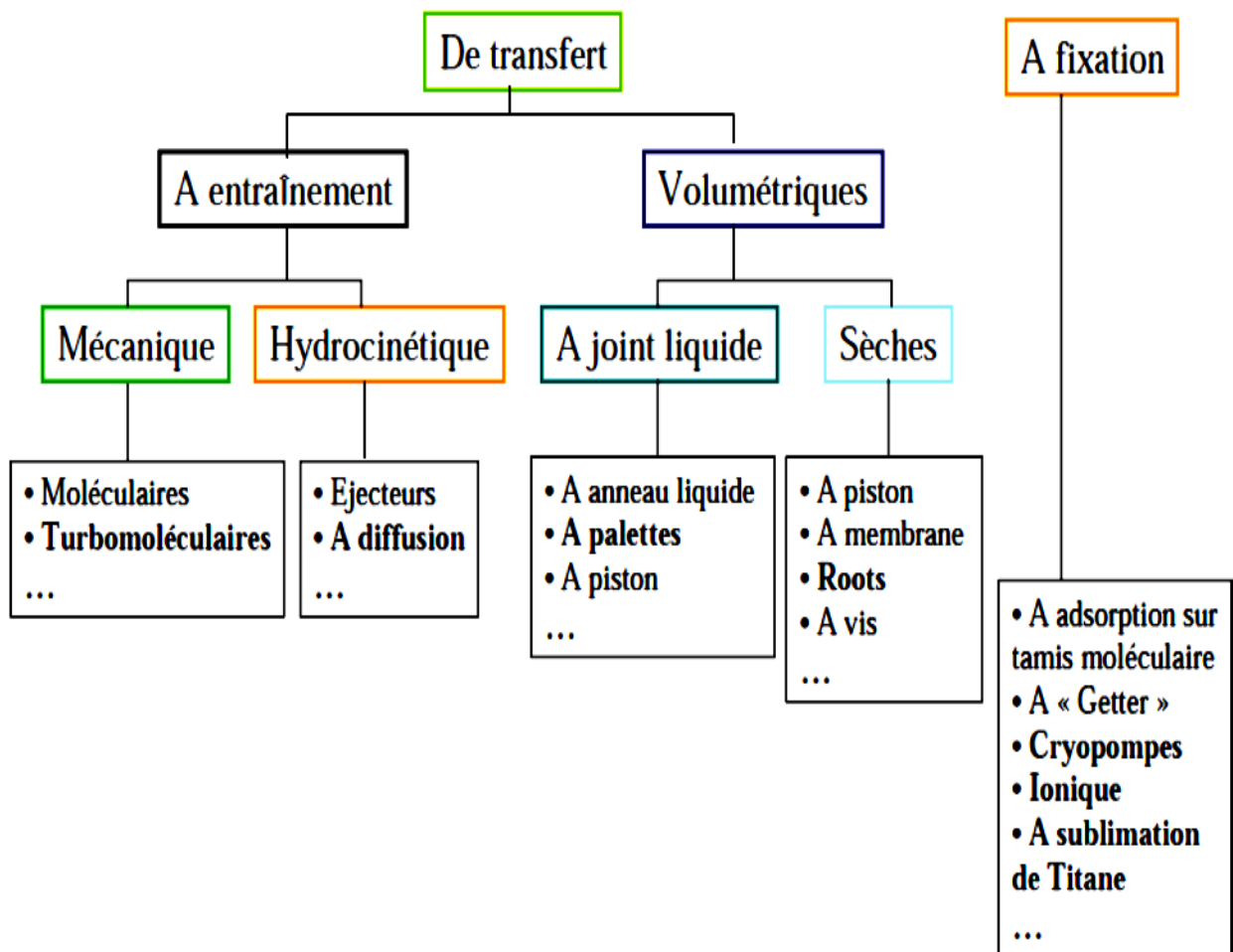
Partie I : Les pompes à vide

I-1 Définition

Une pompe à vide est un type de pompe permettant de faire le vide, c'est-à-dire d'extraire l'air ou tout autre gaz contenu dans une enceinte close, afin d'en diminuer la pression.

I-2-Type de pompes

Il existe différents systèmes de pompes à vide, dont le choix dépend entre autres de la qualité du vide désirée. Les technologies les plus courantes sont présentées dans l'organigramme ci-dessous.



1- Pompe à palettes

Coupe transversale d'une pompe rotative à palettes (mono-étagée)

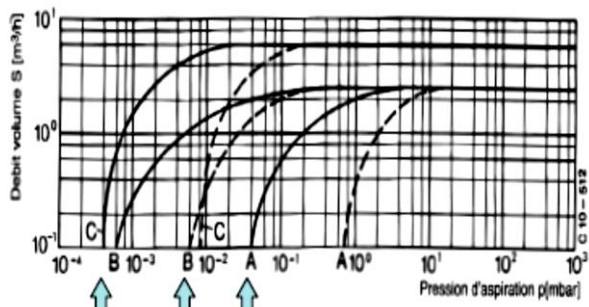
1- Corps de pompe. 2- Rotor. 7- Aspiration.

9- Refoulement. 11- Filtre à huile.

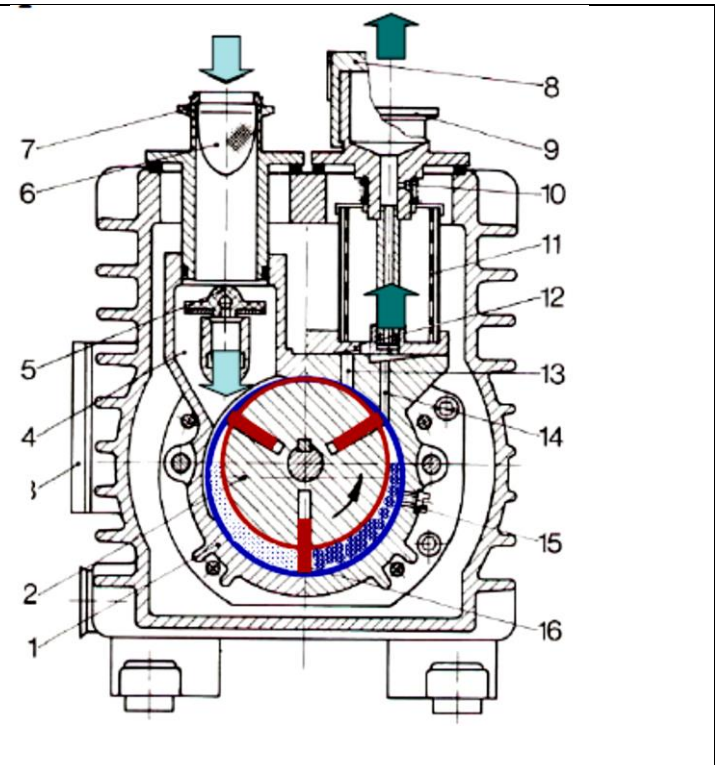
15- Injection

d'huile. 16- Palette

Caractéristique débit-pression de pompes à palettes



Vide limite selon modèle
(Vide limite = pression d'aspiration à débit nul)



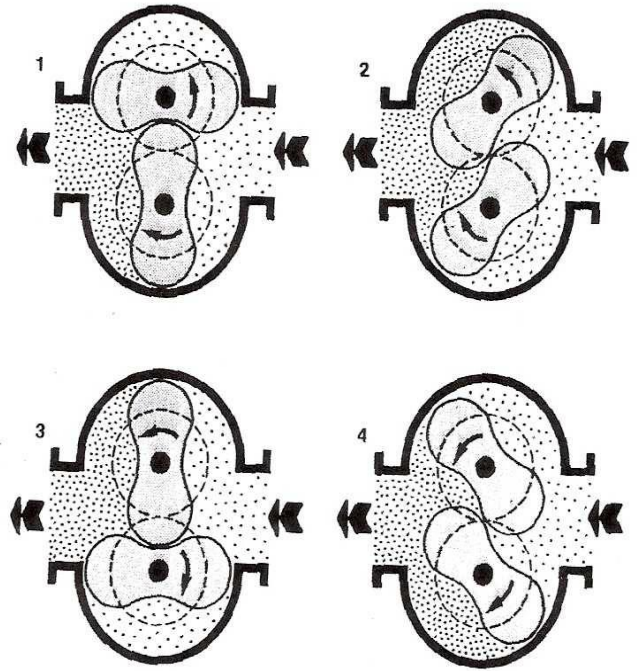
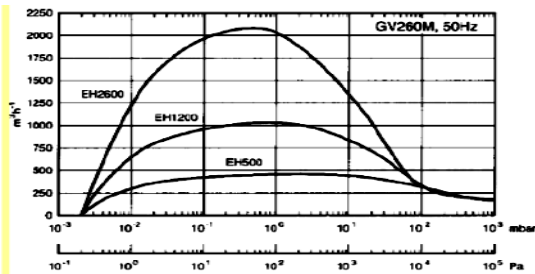
2- Pompe Roots

2 pistons rotatifs en forme de 8, tournent en sens inverse (2000 à 4000 trs/ min)

- Quelques dixièmes de mm entre les 2 rotors
- Elévation de la température du gaz => faible DP ($P_{refoul} - P_{asp}$)
- Taux de compression faible (< 50), augmente quand P diminue

- Simple, robuste, compacte et sèche.
- Pour débit de gaz élevé. $P_{asp} \approx 10^{-4}$ mbars

Caractéristique débit-pression d'une pompe Roots associée en série avec une pompe à palettes

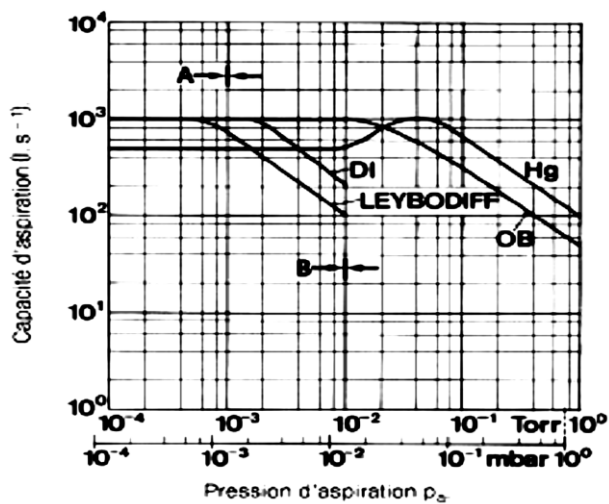


3- Pompe à diffusion d'huile

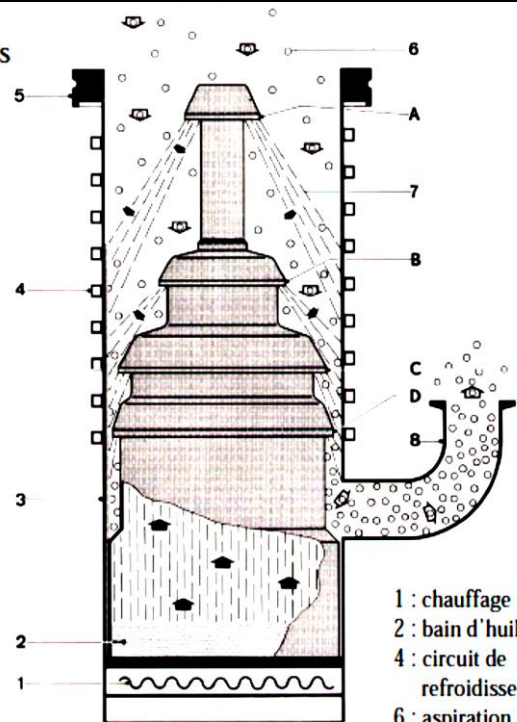
Entraînement des molécules de gaz par les jets d'huile (silicone à forte tension de vapeur vers 200°C).

Pas de pièce en mouvement, pas de vibration. A associer avec une pompe primaire ($P < 10^{-2}$ mbars) ; $P_{asp} \approx 10^{-10}$ mbars

Caractéristique débit-pression d'une pompe à diffusion



des jets



Nécessité d'un baffle refroidi (H_2O ou LN_2) pour éviter toute contamination en huile

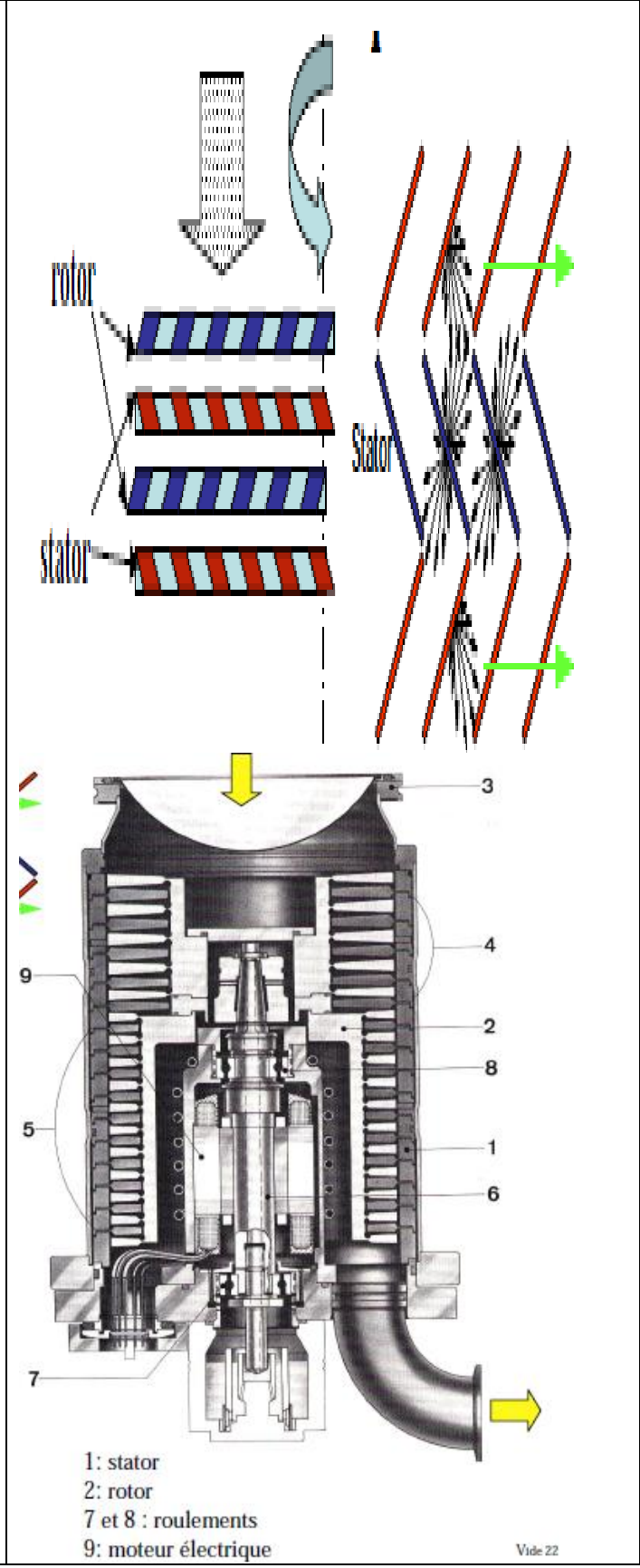
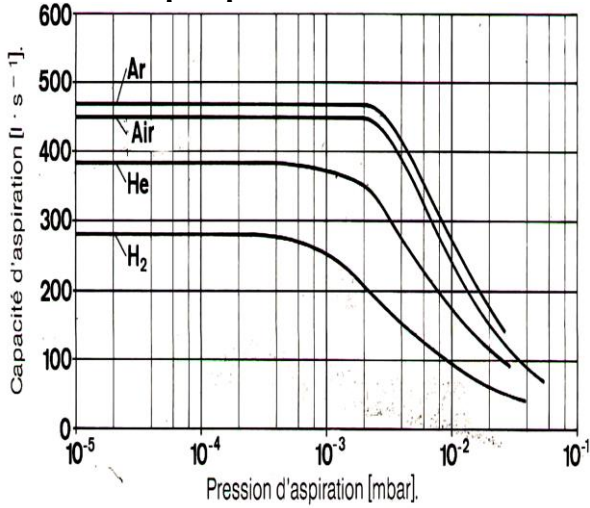
- 1 : chauffage
- 2 : bain d'huile
- 3 : circuit de refroidissement
- 4 : aspiration
- 5 : jets
- 6 : jets supersoniques de vapeur d'huile
- 7 : refroidissement
- 8 : refoulement

4- Pompe turbo-moléculaire

Entraînement des molécules de gaz par choc avec les pales à haute vitesse. Compacte, sèche, rapide à démarrer. A associer avec une pompe primaire ($P < 10^{-2}$ mbars).

$P_{asp} \approx 10^{-9}$ mbars

Caractéristique débit-pression d'une pompe turbo-moléculaire



5- Pompe à sublimation de Ti

Pompe à évaporation de Titane = “pompe à sublimation de Titane”.

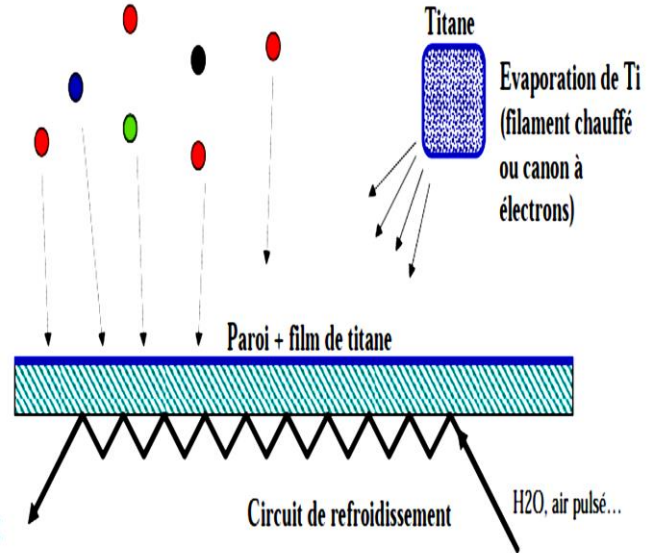
Selon la nature du gaz, l'adsorption se fera par la création d'un composé stable pour les gaz dits actifs (nitrure N₂, hydrure H₂, oxyde de TiO₂...) ou par enterrement des gaz neutres (He, Ne, Ar...) c'est à dire blocage physique des molécules sans transformation chimique.

Principe :

- Sublimation du titane pour renouvellement du film ;
- Réaction des molécules gazeuses avec le film titane (“enterrements” des gaz neutres et création de composés stables pour les gaz actifs) ;

exp: 1g/h de titane consommé = 2 à 3 mb.l.s⁻¹ d'azote piégé soit environ 9 mg/h.

Simple, grand débit (P << 10⁻³ mbars) P_{asp} ≈ 10⁻¹¹ mbars



6- Pompe ionique

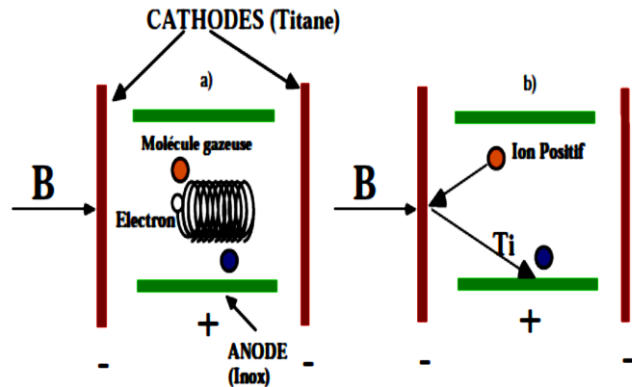
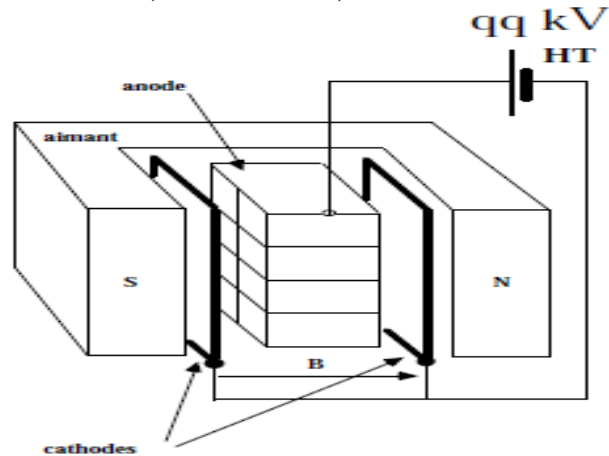
POMPE IONIQUE à ADSORBANT

Principe de fonctionnement :

- a) Ionisation de molécules gazeuses
- b) Pulvérisation cathodique
- c) Réaction chimique avec le titane

P_{asp} ≈ 10⁻¹¹ mbars

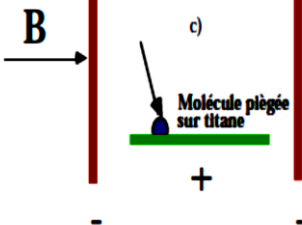
Ultravide (P < 10⁻⁶ mbars)



POMPE IONIQUE à ADSORBANT

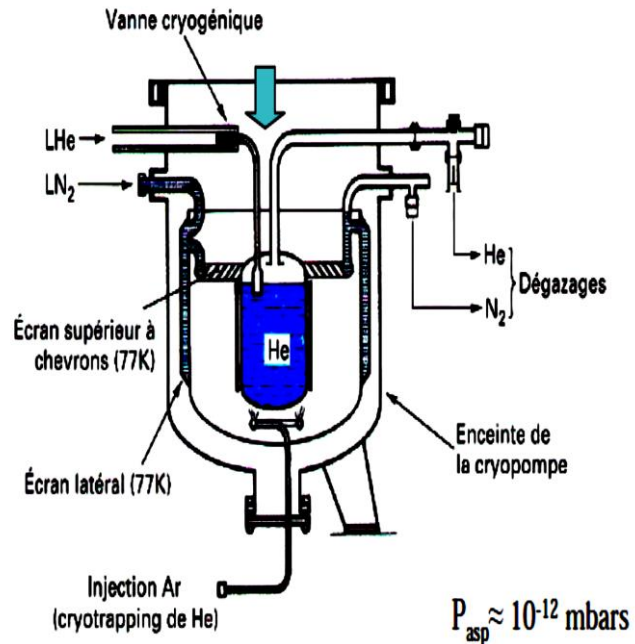
Principe de fonctionnement :

- a) ionisation de molécules gazeuses
- b) pulvérisation cathodique
- c) réaction chimique avec le titane



7- Cryopompes

Très fort débit (>104 l.s-1), pas de vibration.
 Démarrage à pression élevée (qq mbars)
 Compromis entre puissance de piégeage et consommation de fluide
 Possibilité d'utiliser un cryogénérateur (« tête froide ») sans fluide cryo
 Régénération obligatoire par réchauffage



Partie II : Les fluides frigorigènes

Les familles de fluides frigorigènes :

Les fluides frigorigènes sont des substances ou des mélanges de substances, utilisés dans les circuits de systèmes frigorifiques tels que: des chambres froides, des réfrigérateurs, des vitrines réfrigérées...

Les fluides frigorigènes ont la particularité d'avoir sous la pression atmosphérique, une température d'évaporation très faible. Cette propriété thermodynamique permet de produire du froid et du chaud.

Les fluides peuvent être classés en quatre familles:

- LES SUBSTANCES INORGANIQUES PURES
- LES HYDROCARBURES
- LES HYDROCARBURES HALOGÉNÉS
- LES AUTRES PRODUITS

Famille des fluides inorganiques purs :

Les fluides de cette famille sont principalement composés :

- d'eau (H2O)
- d'ammoniac (NH3)
- de dioxyde de carbone (CO2)

FLUIDES INORGANIQUES PURS		
R717	R718	R744

Famille des fluides hydrocarbures :

Les fluides de cette famille peuvent être composés :

- de butane
- d'isobutane
- de propane
- de cyclopropane
- le propylène

FLUIDES HYDROCARBURES				
RC270	R290	R600	R600a	R1270

Famille des fluides hydrocarbures halogénés :

Les fluides de cette famille sont très largement utilisés mais font désormais l'objet d'interdictions, notamment pour des raisons de toxicité environnementale.

Cette famille de fluides se divise en trois catégories qui sont les CFC, les HCFC et les HFC.

LES CFC

ChloroFluoroCarbures

Ce sont les plus connus des hydrocarbures halogénés. Complètement substitués par le chlore ou le fluor, ces hydrocarbures ne contiennent plus d'hydrogène. Ils sont dangereux pour la couche d'ozone.

LES HCFC

HydroChloroFluoroCarbures

Il s'agit de la seconde génération d'hydrocarbures halogénés utilisés en tant que fluides frigorigènes. Ce sont des composants chimiques formés de chlore, de fluor, d'hydrogène et de carbone. Ils sont dangereux pour l'environnement et feront l'objet d'une interdiction totale vers 2015.

LES HFC

HydroFluoroCarbures

Il s'agit de la troisième Génération d'hydrocarbures halogénés utilisés en tant que fluides frigorigènes. Les HFC sont composés de fluor, d'hydrogène et de carbone. Ils ne présentent pas de danger pour la couche d'ozone, mais ils peuvent contribuer à l'effet de serre.

CFC	
R11	
R12	
R113	
R115	
R502	

HCFC	
R21	R401A
R22	R402A
R125	R408A
R124	R409A
R142b	

HFC	
R32	R404A
R125	R407C
R134a	R410A
R143a	R507
R152a	

Famille des autres fluides frigorigènes :

Les fluides de cette famille sont utilisés de façon très ponctuelle et rare. Ainsi on pourra trouver:

- Les éthers oxydes
- Les amines aliphatiques
- Les alcools, le méthanol et l'éthanol
- Les composés trihalogénés, fluorés chlorés et bromés (HBCFC, BCFC)

AUTRES FLUIDES			
R630	R631	R12B1	R13B1

Les séries des fluides frigorigènes :

(Pour connaître la classification et les propriétés des fluides frigorigènes, voir la norme AFNOR FD-35-430 1998)

SERIE R400 :

Les fluides de la série 400 sont des **mélanges zéotropiques** ayant donc un **glissement** de température en phase latente. Lorsque le gaz atteint l'ébullition, on parle de point de rosé.

Exemples de mélanges:

le R407A est composé de R32 (20%), R125 (40%), R134a (40%)

le R407B est composé de R32 (10%), R125 (70%), R134a (20%)

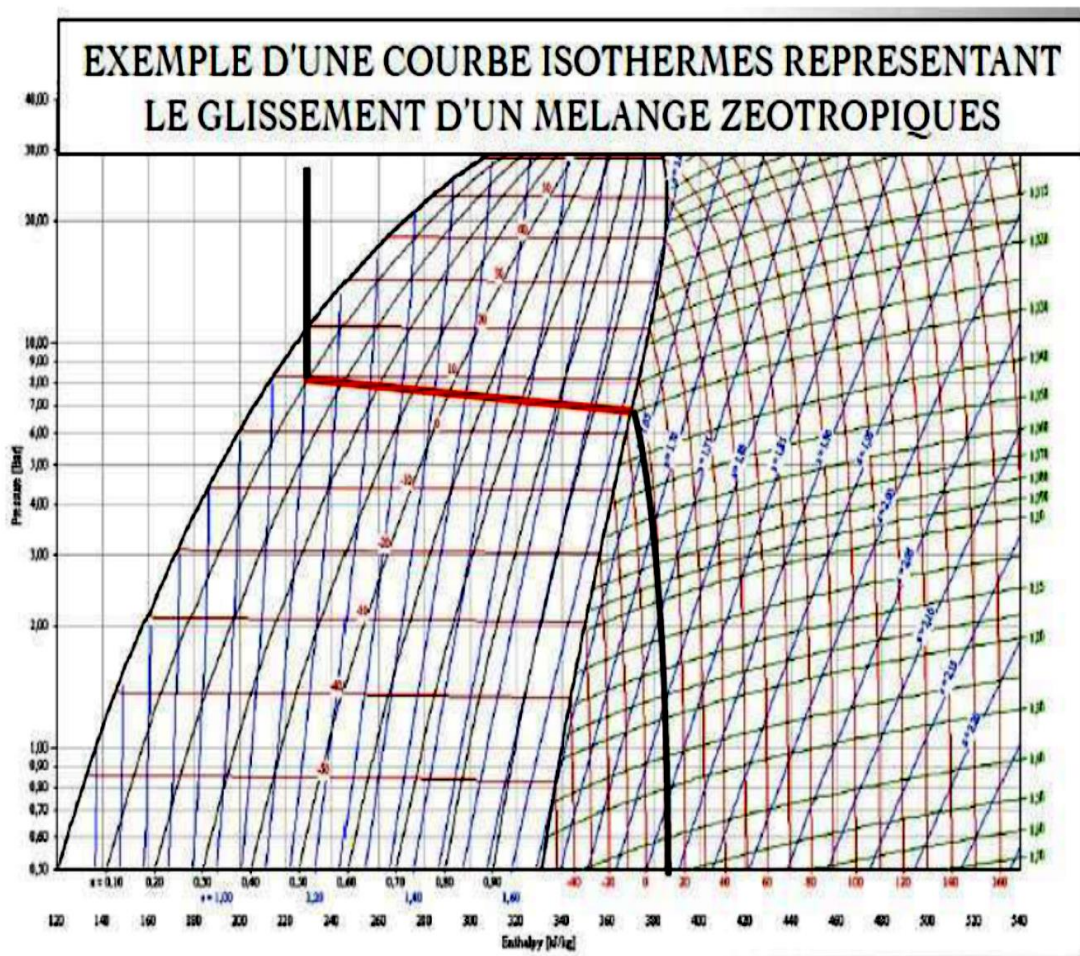
le R422D est composé de R125 (64,1%), de R134a (31,5%) et de R600a (3,4%)

La numérotation est chronologique en fonction de l'acceptation des mélanges par l'ASHRAE.

Pour distinguer des mélanges de même corps purs mais dans des **proportions différentes**, une **lettre majuscule** (A,B,C,D...) est ajoutée à la fin du code. Ex: R407A, R407B, R407C...

La lettre **R** devant la série signifie réfrigérant. Cela nous indique que c'est un fluide frigorigène.

La charge des fluides de la série 400 s'effectue à l'état **liquide** (robinet rouge sur la bouteille).



SERIE R500 :

Les fluides de la série 500 sont des **mélanges azéotropiques**, n'ayant donc pas de glissement de température.

Exemple de mélange : le R507 est composé de R125 (50%) et de R143a (50%)

On **ne** parle **pas** de point de rosé pour les gaz azéotropiques.

Les fluides de la série 500 sont des **mélanges de corps purs** avec des **proportions précises**.

Ils **se comportent comme un nouveau corps pur**, sans glissement.

SERIE R600 :

Un numéro de la série 600 est attribué aux composés organiques, les **hydrocarbures**.

Les numéros sont attribués de façon successive.

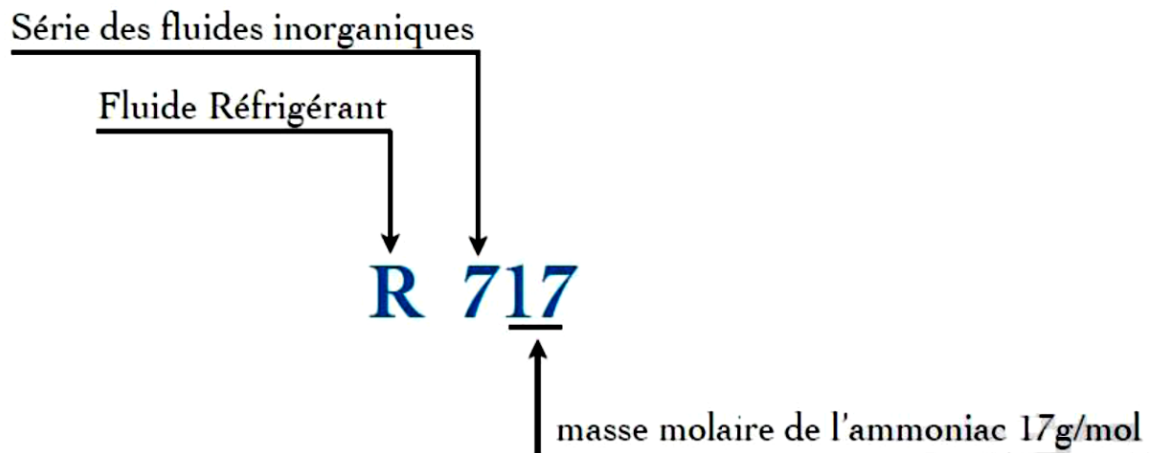
Exemples : R600 (Butane), R600a (iso butane), R610 (éthyle éther), R611 (méthyle formate)

SERIE R700 :

Un numéro de la série 700 est attribué aux composés inorganiques : ammoniac, dioxyde de carbone.

La série commence par le chiffre 7 et les deux derniers chiffres correspondent à la masse molaire du composé.

Exemple : R717 (masse molaire de l'ammoniac 17g/mol), ou encore le fluide R744 (masse molaire du dioxyde de carbone CO₂, 44g/mol).

**Classement de la toxicité des fluides frigorigènes :**

On distingue deux groupes A et B :

Le groupe A pour lequel il n'y a pas de preuve de toxicité des fluides frigorigènes pour des concentrations inférieures ou égales à 400 ppm.

Le groupe B pour lequel il y a des preuves de toxicité pour des concentrations inférieures à 400 ppm

Classement de l'inflammabilité des fluides frigorigènes :

On distingue trois groupes 1, 2 et 3 :

Le groupe 1 : le fluide frigorigène ne permet pas de propagation de la flamme dans l'air à 21°C et 101kPa.

Le groupe 2 : le fluide frigorigène a une limite inférieure d'inflammabilité supérieure à 0,10kg/m³ à 21°C et 101kPa et une chaleur de combustion inférieure à 19 kJ/kg.

Le groupe 3 : le fluide frigorigène est hautement inflammable avec une limite inférieure d'inflammabilité inférieure ou égale à 0,10kg/m³ à 21°C et 101kPa et une chaleur de combustion supérieure ou égale à 19 kJ/kg.

	FAIBLEMENT TOXIQUE	FORTEMENT TOXIQUE
HAUTEMENT INFLAMMABLE	A3	B3
INFLAMMABLE	A2	B2
NON INFLAMMABLE	A1	B1

COMPOSES INORGANIQUES

R717	AMMONIAC	B2
R718	EAU	A1
R744	DIOXYDE DE CARBONE	A1

COMPOSES ORGANIQUES**HYDROCARBURES**

R170	ETHANE	A3
R290	PROPANE	A3
R600a	ISO BUTANE	A3

HYDROCARBURES HALOGENES

R11	CFC	TRICHLOROFUOROMETHANE	A1
R12	CFC	DICHLORODIFLUOROMETHANE	A1
R22	HCFC	CHLORODIFLUOROMETHANE	A1
R141b	HCFC	1,1 DICHLORO - 1 - FLUOROETHANE	A2
R142b	HCFC	1 - CHLORO - 1,1 - DIFLUOROETHANE	A2
R32	HFC	DIFLUOROMETHANE	A2
R125	HFC	PENTAFLUROETHANE	A1
R134a	HFC	1,1,1,2 - TETRAFLUROETHANE	A1
R143a	HFC	1,1,1 - TRIFLUOROETHANE	A2
R152a	HFC	1,1- DIFLUOROETHANE	A2
R502	HFC	MELANGES AZEOTROPIQUE	A1
R507	HFC	MELANGES AZEOTROPIQUE	A1
R404A	HFC	MELANGES ZEOTROPIQUES	A1
R410A	HFC	MELANGES ZEOTROPIQUES	A1