

II-3 Les frigorigènes

II-3-1 Différentes classes de frigorigènes

(1)

- Fluides naturels

NH_3 , HC (hydrocarbures), CO_2 , SO_2 , H_2O

- CFC : Chloro Fluoro Carburants

Molécules très stables, destructrices d'ozone

(ODP élevé), premiers frigorigènes synthétiques

ODP : Ozone Depletion Potential

- HCFC : Hydro Chloro Fluoro Carburants

Molécules moins stables que les CFC, destructrices

d'ozone (mais ODP plus faible que celui des CFC)

fluides de transition (Protocole de Montréal)

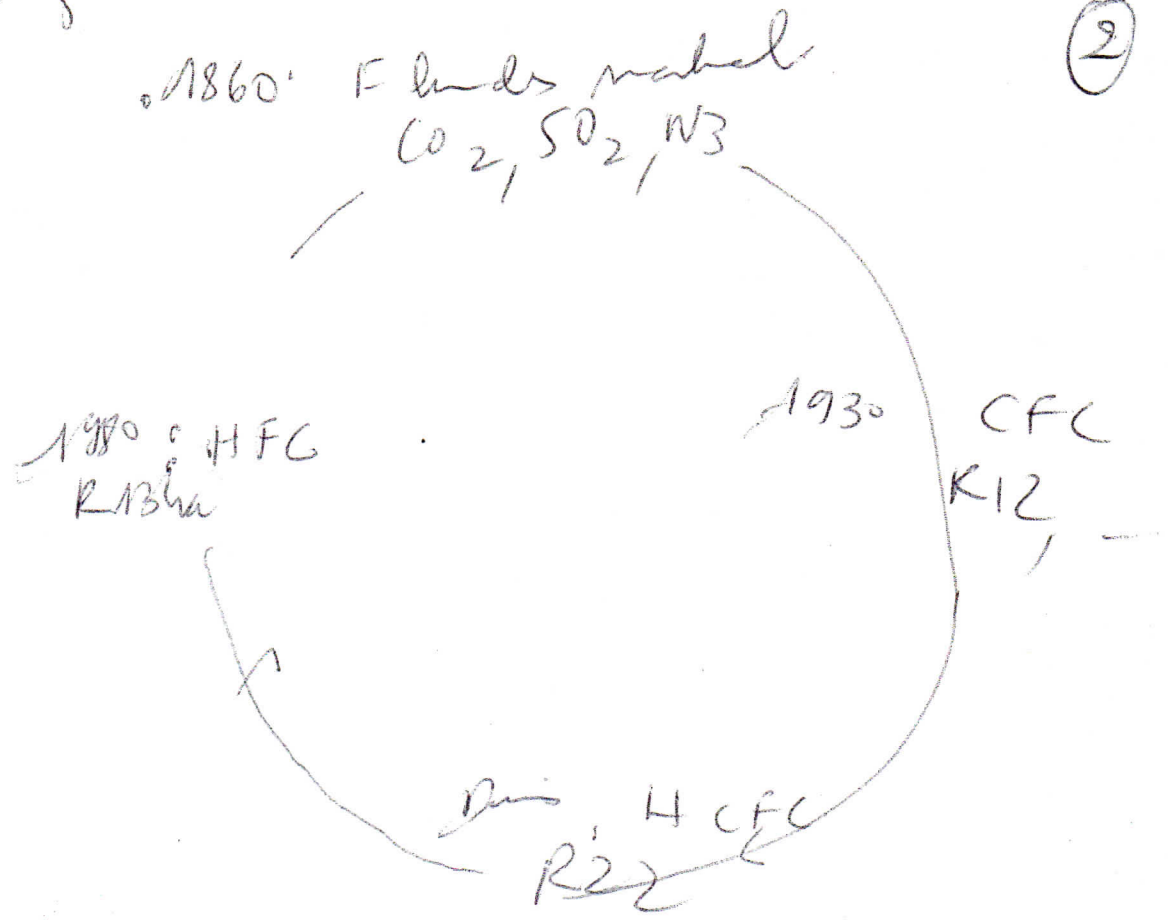
- HFC : Hydro Fluoro Carburants

- ODP = 0, fluides de substitution des CFC et des HCFC

Les CFC, HCFC et HFC participent à l'effet de serre (GWP élevé).

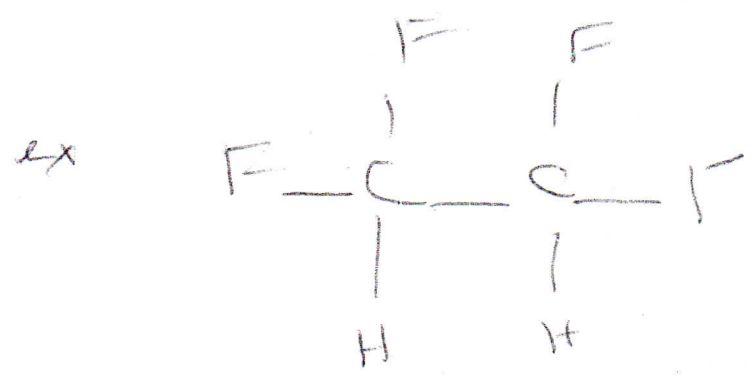
GWP : Global Warming Potential

Ils sont tous soumis à des contraintes réglementaires (protocole de Kyoto)



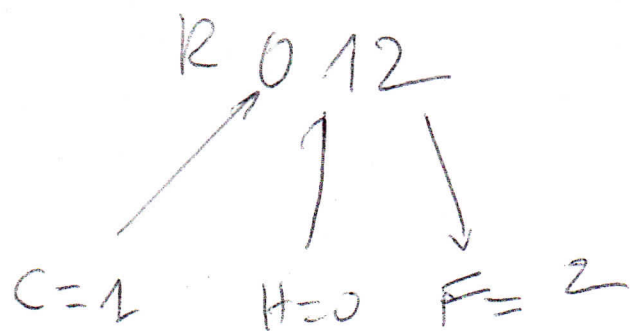
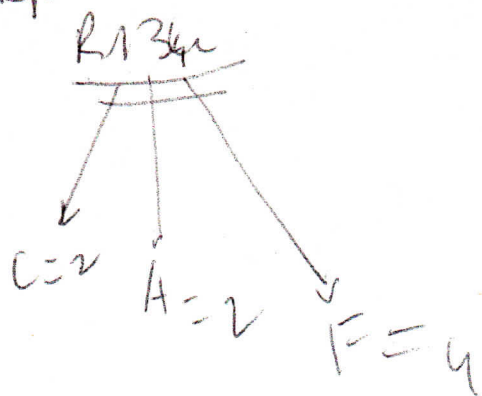
II-3.3 Nomenclature

Atoms: C, H, F, Cl

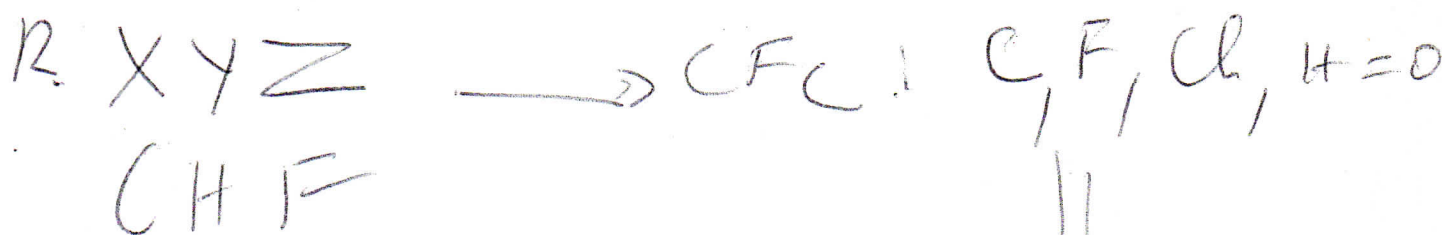


example

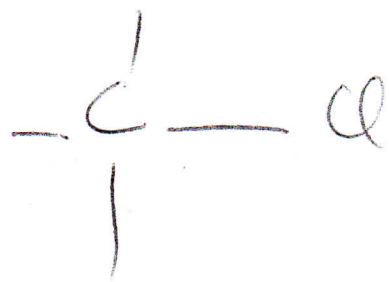
(3)



Identification - der CFC

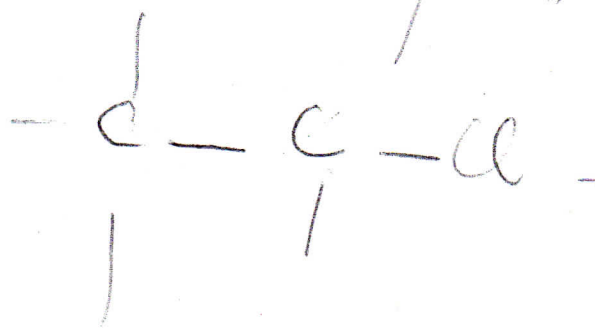


$x=0$



$Z \leq 3$

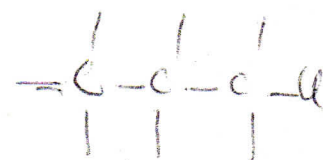
$x=1$



$Z \leq 5$

$x=2$

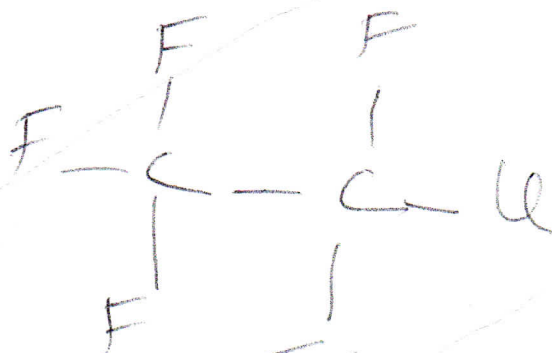
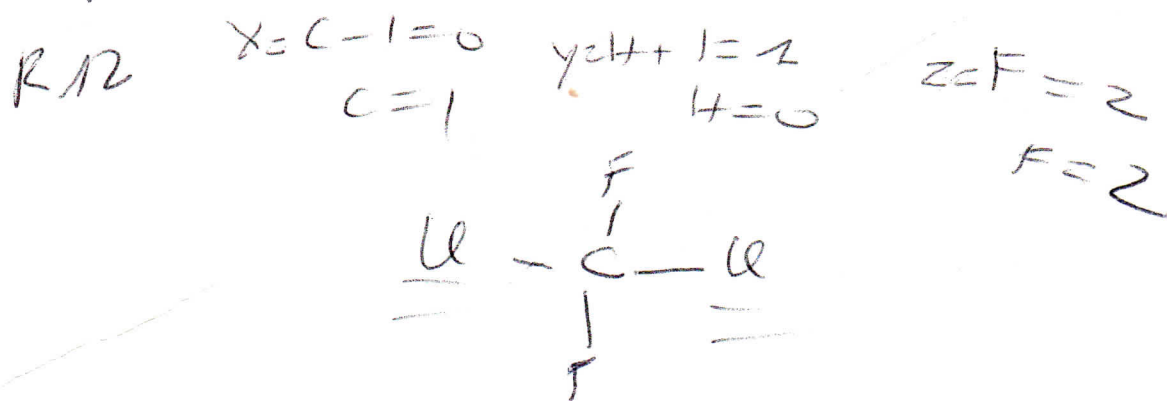
$y=1$



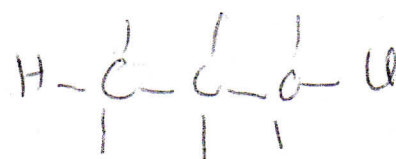
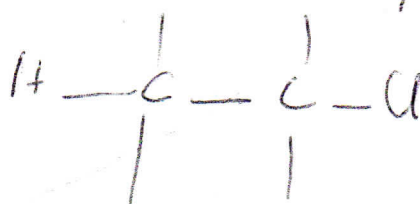
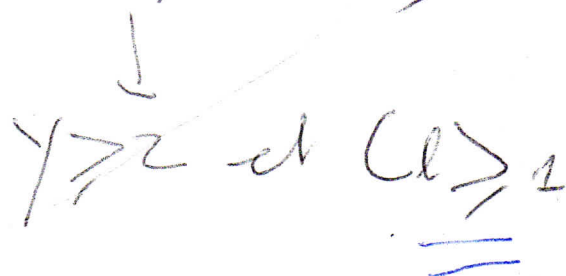
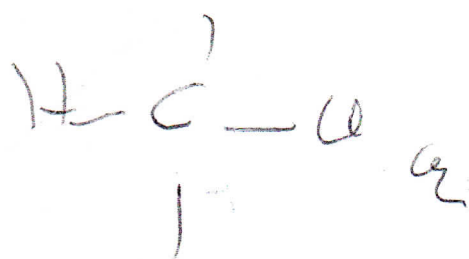
$Z \leq 7$

Examples:

(9)



of dehydrochlorination $\rightarrow$ HCl $CFCl$



$Y+Z \leq 3$

$Y+Z \leq 5$

$Y+Z \leq 7$

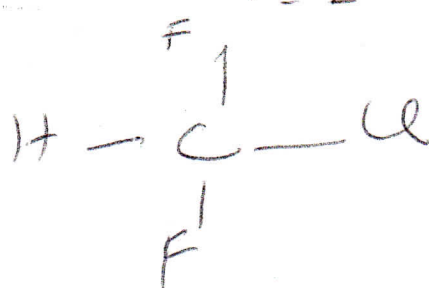
Exerc 1

⑤

R22: $X = C - 1 = 0$
 $C = 1$

$Y = H + 1 = 2$
 $H = 1$

$Z = F - 2$
 $F = 2$

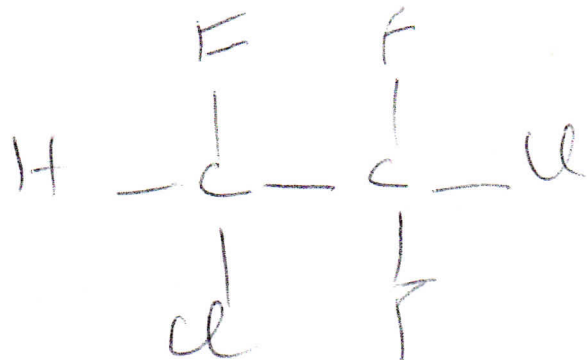


R123

$X = 1$
 $C - 1 = 1 \Rightarrow C = 2$

$Y = 2$
 $H + 1 = 2$
 $H = 1$

$Z = 3$
 $F = 3$



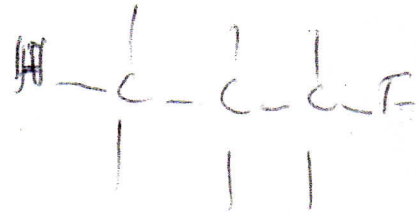
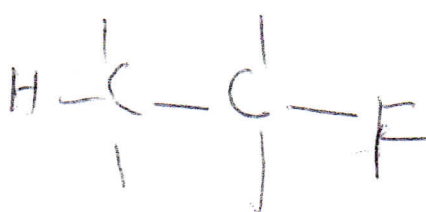
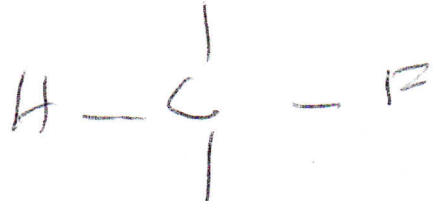
Identification

RXYZ $\rightarrow$ HFC: C, F, H; Cl = 0
 CH F

Si $X = 0 \Rightarrow C = 1$

Si $X = 2$
 $C = 2$

Si $X = 2$
 $C = 3$



$Y + Z = 5$

$Y + Z = 7$

$Y + Z = 9$

R23, R32
 famille de
 Méthane

R134a, R125,
 R410a

R227ea,
 R236fa,
 R218fa

b) Mélange azéotrope / géotrope

(4)

* un mélange azéotrope se comporte comme un corps pur

$$T_{bulle} = T_{rosée}$$

$$P_{bulle} = P_{rosée}$$

$$\text{à } P = \text{cte}$$

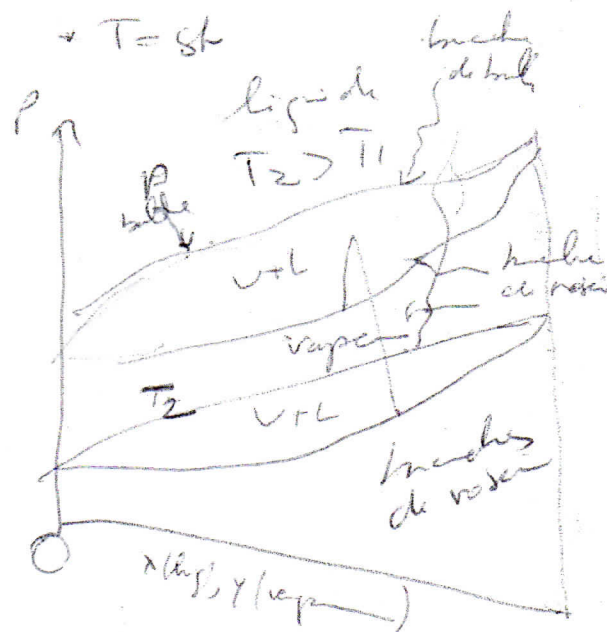
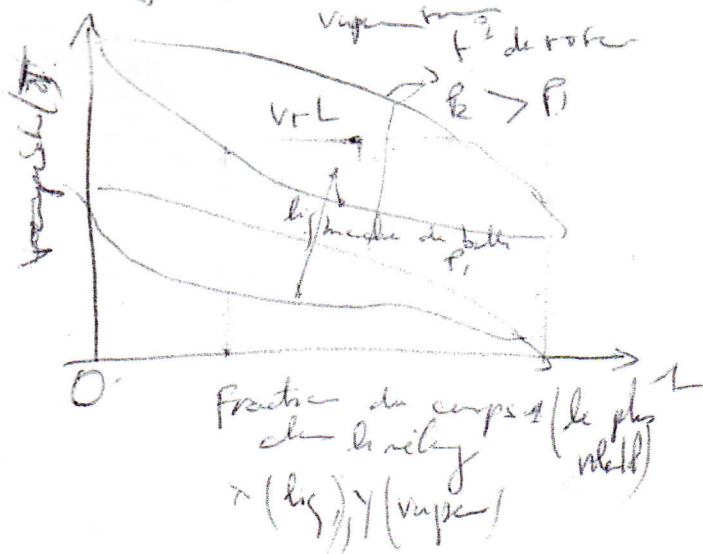
$$\text{à } T = \text{cte}$$

* un mélange géotrope ne se comporte pas comme un corps pur

$$T_{bulle} \neq T_{rosée} \quad \text{à } P = \text{cte}$$

$$P_{bulle} \neq P_{rosée} \quad \text{à } T = \text{cte}$$

$(T_{rosée} - T_{bulle}) = \text{glissement de } t_0 = f(\text{composition}, P)$
 $P_{bulle} - P_{rosée} = \dots$
 à $P = \text{cte}$ de $P_{\text{pure}} = \dots$
 à $T = \text{cte}$



I

Nomenclature - règles
 - mélange azeotrope - Série 500
 - R502 (HFC, 48% R22 + 52% R113)
 - R507A (HFC, 50% R125 + 50% R134a)

+ Mélanges géotrope : Série 400

R404A (HFC, 44% R125 + 52% R134a + 4% R134a)

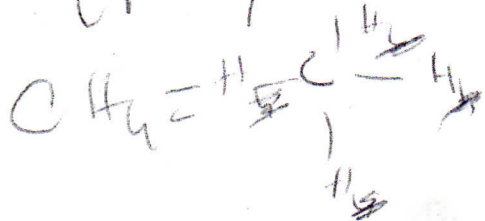
R407C (HFC, 23% R125 + 25% R32 + 52% R134a)

R410A (HFC, 50% R125 + 50% R32)

+ Hydrocarbures, HC : Série 600

Pour un atome nombre d'atomes de carbone égal à 1, 2, 3, la règle des frigorigènes n'est pas utilisée ! Méthane (CH_4) (R5)

(F=0, H+1=5 $\Rightarrow$ H=4, C-1=0 $\Rightarrow$ C=1)



Ethane (C_2H_6) (R170)

C=2
H=6
F=0 $\Rightarrow$ R170

Propane (C_3H_8)

C=3 $\Rightarrow$ C-1=2=x
H=8 $\Rightarrow$ H+1=y=9
F=0 $\Rightarrow$ z=0
R290

Pour un nombre d'atomes ≥ 4 , on utilise la série 600

Butane R600, Isobutane R600a

* Composés Inorganiques, sans Foo
 La règle de Crampton à utiliser la même notation du fluide
 après l'écriture ?

Exemples

Ammoniac NH₃ R717
 CO₂ R744
 Eau H₂O R718
 60% NH₃ + 40% DME → R723

II-3-4 choix des frigorigères

* Critères thermodynamiques

efficacité : $\frac{h_2 - h_1}{h_2 - h_1}$ et chaleur latente élevée (cycle
 thermodynamique)

* Critères de sécurité et d'environnement
 • toxicité (non toxique)
 • inflammabilité (non inflammable ou peu)
 • Effet sur la couche d'ozone (ODP=0)
 • Effet de serre (GWP faible)

* Critères technologiques, opérationnels et économiques
 • masse volumique du liquide élevée = capacité
 • pression de saturation R_s modérée et > P_{amb}
 • conductivité thermique élevée et viscosité faible
 (pour le liquide et le vapeur)
 • compatibilité (huile, matériaux, stabilité chimique)

II-4 Applications Industrielles du froid

9 (X10)

Applications	Remarques	Fluides existants	Fluides alternatifs
Froid domestique	• Nécessité d'élargir les capacités • Mise en place de Nouveaux lubrifiants	R12	R134a R600a (Isobutane)
• Froid Commercial petits et Moyens puissances • Froid positif procédés agro-alimentaires et les autres procédés industriels	problème de surcoût pour lubrification de l'ensemble	R12 502 R22 ammoniac R22 502	R134a, R404A R404A R404A, R134a ammoniac R404A
Groupes frigorifiques d'eau $P < 10 \text{ kW}$ $100 \text{ kW} < P < 1 \text{ MW}$ $P > 1 \text{ MW}$		R22 R22 R22	ammoniac R407C, R410A, R404A pas de remplacement R134a
Chauffage air/air	chauffage des lubrifiants	R22	R410A, R407C R134a

Tableau de synthèse des fluides frigorigènes
alternatifs aux CFC ou HCFC
par application