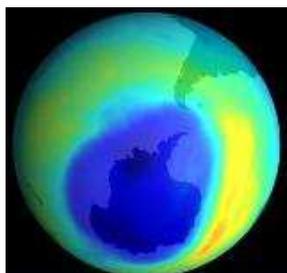


Évaluer l'impact des fluides frigorigènes



Trou d'ozone au pôle sud.

- **L'impact sur l'environnement**
- **L'impact sur la santé et la sécurité**
- **L'impact énergétique**
- **Le repérage des fuites**

En bref !

» L'impact sur l'environnement

En France, il y a déjà 10 ans, une étude a montré que le **taux de fuites annuelles** pouvait atteindre **30 %** de la quantité totale en poids (ou en masse) de fluides frigorigènes présent dans les installations frigorifiques des grandes surfaces.

L'impact sur l'environnement s'articule autour de deux indices principaux :

- **ODP** : *Ozone Depletion Potential* (influence sur la couche d'ozone);
- **GWP** : *Global Warning Potential* (influence sur l'effet de serre).

La prise de conscience de l'effet néfaste des fluides frigorigènes influençant la couche d'ozone et l'effet de serre a démarré :

- en 1987 (protocole de Montréal). Les CFC ont été bannis progressivement (remplacés par des HCFC depuis 2 000);
- en 2 000 et 2 006 , les réglementations européennes entre en vigueur (2 037/2 000 et 842/2 006) :
 - jusqu'en 2 015, remplacement progressif des HCFC à fort et moyen impact sur l'effet de serre (GWP) par des HFC à impact moyen;
 - après 2 015, remplacement des HFC à impact moyen par des HFC à faible Impact GWP.

Le R22 (HCFC) est progressivement remplacé par du R134A (HFC) pour les applications en froid positif. Le R404A (HFC) prend de plus en plus de place au niveau des applications de froid négatif.

La prochaine réglementation wallonne visera à réduire le taux de fuite de fluide frigorigène à 5 % à l'horizon 2 011 par des contrôles de fuite et des maintenances plus fréquents.

» L'Impact sur la santé et la sécurité des usagers

L'utilisation des fluides frigorigènes dans les bâtiments n'est pas sans risque sur la santé et la sécurité des occupants, des équipes de maintenance, ...

En effet, ils peuvent représenter un risque en raison de leur :

- toxicité comme l'Ammoniac (NH₃);
- inflammabilité comme le R-290 et l'Ammoniac (NH₃);
- des pressions utilisées dans les circuits HP (Haute Pression);
- ...

C'est la NBN EN 378-1 traitant des *Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Exigences de sécurité*, ... qui aborde le sujet.

» Impact sur le bilan énergétique

Les différents fluides frigorigènes ne sont pas égaux devant le froid. Certains ont une meilleure efficacité frigorifique que d'autres; c'est pourquoi il est important d'évaluer leurs différences. En comparant, par exemple, le R22, le R134A et le R507, on se rend compte que, toutes choses restant égales (puissance frigorifique, températures d'évaporation et de condensation identiques, ...), le R404A donne des meilleures performances énergétiques que le R22 (-8 %) et le R507 (-23 %).

» Le repérage des fuites

L'idée du futur Arrêté de la Région Wallonne étant de réduire les fuites d'agents frigorigènes, il est nécessaire de savoir quelles sont les méthodes de mise en oeuvre. On retrouve principalement :

- la méthode directe ;
- la méthode indirecte.

L'impact sur l'environnement



Fuites de fluide frigorigène



Depuis quelques décennies, l'impact, entre autres, des fluides frigorigènes sur l'environnement devient un enjeu majeur. En effet, de par la présence de fuites importantes au niveau du circuit frigorifique, la responsabilité de ces fluides dans la destruction de la couche d'ozone et l'augmentation de l'effet de serre n'est plus à démontrer.

Au niveau du froid commercial, on soulignera donc la difficulté du confinement des fluides frigorigènes dans les installations.

Que ce soit en conception, en rénovation ou même en maintenance, les fuites de fluides peuvent être importantes. Elles dépendent essentiellement de la qualité :

- du choix et de la mise en oeuvre des équipements (soudures et connexions des conduites de distribution par exemple);
- de l'optimisation du cycle frigorifique;
- de la maintenance;
- ...

Taux de fuite annuels

En France, il y a déjà 10 ans, une étude a montré que le **taux de fuites annuelles** pouvait atteindre **30 %** de la quantité totale en poids (ou en masse) de fluides frigorigènes présent dans les installations frigorifiques des grandes surfaces (Réf.: *Zéro fuite – Limitation des émissions de fluides frigorigènes*, D. Clodic, Pyc Editions, 1997).

Les fluides frigorigènes bannis

- Suite au protocole de Montréal (1987) les fluides frigorigènes **CFC** (chlorofluorocarbures) ont été définitivement abandonnés en 2000 et remplacés progressivement par les **HCFC**;
- Suite aux **réglementations européennes 2037/2000 et 842/2006** :
 - l'utilisation des HCFC à fort impact sur l'effet de serre (GWP ou global Warming Potential) devrait être définitivement abandonnée à l'horizon 2015;
 - le remplacement progressif des HCFC par des **HFC**;
 - le confinement des installations frigorifiques permettant de réduire la quantité de fluide

- frigorigène;
- dès 2015, l'utilisation des HFC à faible GWP.

Indices d'impact

Pour établir l'impact des fluides frigorigènes sur la couche d'ozone et l'effet de serre, trois indices principaux ont été définis :

- **ODP** : Ozone Depletion Potential;
- **GWP** : Global Warning Potential;
- **TEWI** : Total Equivalent Warning Impact.

ODP (Ozone Depletion Potential)

C'est un indice qui caractérise la participation de la molécule à l'appauvrissement de la couche d'ozone. On calcul la valeur de cet indice par rapport à une molécule de référence, à savoir soit R11 ou R12 qui ont un ODP = 1.

GWP (Global Warning Potential)

C'est un indice qui caractérise la participation de la molécule à l'effet de serre. On calcul la valeur de cet indice par rapport à une molécule de référence, à savoir le CO₂, et pour des durées bien déterminées (20, 100, 500 ans). Le CO₂ à un GWP = 1.

TEWI (Total Equivalent Warning Impact)

Le TEWI est un concept permettant de valoriser le réchauffement planétaire (global warming) durant la vie opérationnelle d'un système de réfrigération par exemple, utilisant un fluide frigorigène déterminé en tenant compte de l'effet direct dû aux émissions de fluide frigorigène et à l'effet indirect dû à l'énergie requise pour faire fonctionner le système.

A titre indicatif, il est donné par la formule :

$$\text{TEWI} = (\text{GWP} \times \text{L} \times \text{n}) + (\text{GWP} \times \text{m}[1-\text{C}]) + \text{n} \times \text{E} \times \beta$$

Où :

- *GWP* : global warming potential;
- *L* : émissions annuelles de fluide en kg;
- *n* : durée de vie du système en années;
- *m* : charge en fluide frigorigène en kg;
- *C* : facteur de récupération / recyclage compris entre 0 et 1;
- *E* : consommation annuelle d'énergie en kWh;
- *β* : émission de CO₂ en kg / kWh.

Synthèse des indices d'impact

L'idée du protocole de Montréal était de réduire l'impact des fuites de fluides frigorigènes sur la couche d'ozone. Dans le tableau qui suit, on voit que :

- la suppression des CFC règle le problème de l'ODP à savoir l'impact négatif sur la couche d'ozone;
- qu'il reste le problème de l'impact tant des HCFC que des HFC à fort GWP sur l'effet de serre.

Nom	Formule et proportion de chaque composant pour les mélanges	GWP (100 ans)	ODP
CFC			
R11	CFCl ₃	4000	1
R12	CF ₂ Cl ₂	8500	1
HCFC			
R22	CF ₂ HCl	1700	0,055
R408A	R125/143a/22 (7/46/47)	(2650)	
R401A	R22/152a/124 (53/13/34)	(970)	
HFC			

R32	CH ₂ F ₂	580	0
R125	CF ₃ CHF ₂	3200	0
R134a	CF ₃ CH ₂ F	1300	0
R143a	CF ₃ CH ₃	4400	0

Mélange HFC

R404A	R125/143a/134a (44/52/4)	3260	0
R407C	R32/125/134a (23/25/52)	1525	-
R410A	R32/125 (50/50)	1730	-
R422A	R125/134a/600a (85,1/11,5/3,4)	2535	-
R422D	R125/134a/600a (65,1/31,5/3,4)	2235	-
R427A	R32/125 /143a/134a (15/25 /10/50)	1830	-
R507A	R125/143a (50/50)	3300	-

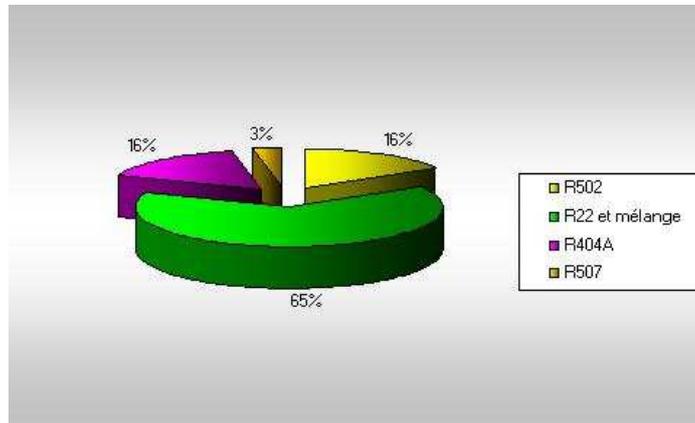
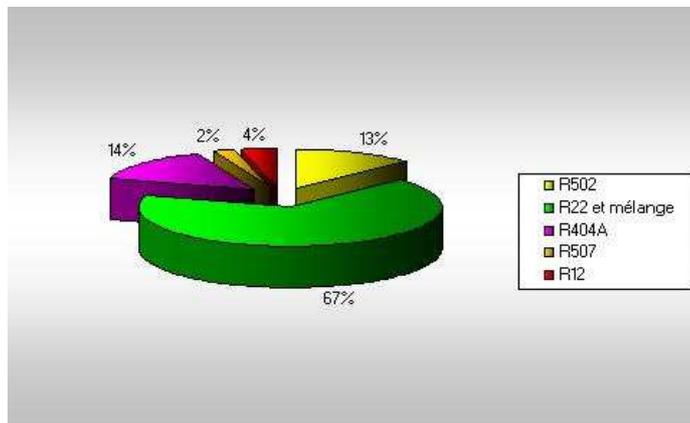
Répartition des fluides frigorigènes par secteur

Pour évaluer l'impact des fuites des fluides frigorigènes sur l'environnement, il était nécessaire d'évaluer la quantité de fluide présent dans les installations de réfrigération commerciale

Etude ADEME

En France, dans un rapport de l'ADEME concernant le *Confinement des fluides frigorigènes dans les installations de froid commercial; (30/09/2002)* un inventaire des fluides frigorigènes dans les moyennes et grandes surfaces met en évidence leur répartition. La constatation est implacable : il était temps de prendre le taureau par les cornes au niveau des CFC.

Type de grande surface	Nombre	Charge moyenne fluide [kg]	Charge totale fluide [tonne]	Fluides frigorigènes	
				Type	Répartition [%]
Hypermarché	1174	1551	1821	R502	16
				R22 et mélange	65
				R404A	16
				R507	3
Supermarché	5908	310	1831	R12	4
				R502	13
				R22 et mélange	67
				R404A	14
				R507	2



Supermarchés.

Hypermarchés.

Etude du centre d'Energétique de l'Ecole des Mines de Paris

Le tableau suivant montre une analyse plus fine des proportions de fluides frigorigènes utilisés dans le cadre :

- de la maintenance des installations (recharge des circuits frigorifiques suite à une fuite ou une dégradation des performances du circuit comme la présence d'huile);
- de la conception de nouvelles installations tenant compte des réglementations en vigueur.

Nom	Formule et proportion de chaque composant pour les mélanges	Application	Utilisation en 2004	
			Neuf	Maintenance
CFC				
R11	CFCl ₃	Plus d'application		
R12	CF ₂ Cl ₂			0,1 %
HCFC				
R22	CF ₂ HCl	Fluide frigorigène encore bien présent dans les installations de froid commercial.		54 %
R408A	R125/143a/22 (7/46/47)			7 %
R401A	R22/152a/124 (53/13/34)			3 %
HFC				
R32	CH ₂ F ₂			
R125	CF ₃ CHF ₂			
R134a	CF ₃ CH ₂ F	Fluide frigorigène qui a remplacé le R-12 en froid domestique et en climatisation automobile. C'est également un composant majeur de la plupart des mélanges de remplacement.	7 %	0,3 %
R143a	CF ₃ CH ₃			
Mélange HFC				
R404A	R125/143a/134a (44/52/4)		81 %	30 %

R407C	R32/125/134a (23/25/52)		
R410A	R32/125 (50/50)		
R422A	R125/134a/600a (85,1/11,5/3,4)		
R422D	R125/134a/600a (65,1/31,5/3,4)		
R427A	R32/125/143a/134a (15/25/10/50)		
R507A	R125/143a (50/50)	12 %	5 %

Source : Centre d'Energétique de l'Ecole des Mines de Paris (2006); complété par d'autres sources.

Réglementations Européenne N° 2037/2000 et 842/2006

Réglementation européenne [2037/2000](#)

Le Règlement 2037/2000 du Parlement européen et du Conseil du 29 juin 2000 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone a pour objectif de réduire les émissions de ces composés. Il vise essentiellement les **CFC** en imposant aux états membres de prendre en charge :

- la récupération des CFC, leur traitement et leur élimination ;
- la mise en place de composés de substitution tels que les HCFC, HFC, .. en rénovation comme en conception de nouvelles installations;
- la mise en place de la formation du personnel technique amené à intervenir sur les installations de froid ;
- la réduction des fuites des substances réglementées dans les installations comprenant plus de 3 kg de gaz réfrigérant.

Réglementation européenne [842/2006](#)

Le Parlement européen et le Conseil ont adopté, en date du 17 mai 2006, le Règlement (CE) n° 842/2006 relatif à certains gaz à effet de serre fluorés, qui vise certains agents réfrigérants non repris dans le Règlement 2037/2000 (à savoir les HFC et les PFC) et de choisir des fluides à faible :

- **ODP** (*Ozone Depletion Potential* ou impact sur la couche d'ozone). L'ODP = 1 pour les fluides frigorigènes de référence, à savoir les R11 et R12;
- **GWP** (*Global Warning Potentiel* ou impact sur le réchauffement dû à l'effet de serre. Il est bien évident que le GWP = 1 de référence est celui du CO₂ (le CO₂ est le principal responsable de l'effet de serre).

Les Arrêtés de la Région Wallonne

A l'heure actuelle, les projets d'Arrêtés sont en cours de 2^{ème} relecture et devraient être disponibles sous peu. Deux projets composent la future Réglementation en matière de maîtrise des installations frigorigènes :

- Avant-projet d'arrêté tendant à prévenir la pollution lors de **l'installation et la mise en service des équipements frigorifiques fixes contenant de l'agent réfrigérant fluoré** ainsi qu'en cas d'intervention sur ces équipements et à assurer la performance énergétique des équipements de climatisation ;
- Avant-projet d'arrêté déterminant les **conditions intégrales et sectorielles** relatives aux installations fixes de production de froid ou de chaleur mettant en œuvre un cycle frigorifique.

Taux de fuite

La mesure intéressante à retirer des futurs Arrêtés est, outre le retrait du marché des HCFC à l'aube 2015 (à l'heure actuelle le retrait des CFC étant considéré comme acquis), la réduction des taux de fuite des installations frigorifiques par la prise de mesures régulières.

Le tableau suivant exprime cette volonté :

Année	Taux de fuite [%]
2008	20
2009	15
2010	10
2011	5

Fréquences de maintenance

Il est clair que pour arriver à l'objectif de réduction des taux de fuite jusqu'à une valeur acceptable, soit 5 %, le contrôle des installations frigorifiques doit aller de pair. L'Arrêté prévoit différents stades de contrôle régulier :

- *Contrôle visuel* : ce contrôle, réalisé sur une série de composants de l'équipement, permettra la mise en évidence de problèmes de fonctionnement pouvant être à l'origine de défauts d'étanchéité. Le tableau suivant montre les mesures prises :

Contrôle visuel

Charge frigorigène [kg]	fréquence des visites du technicien frigoriste [mois]
< 3	-
6	
30	3
300	1,5

- *Contrôle d'étanchéité* : ce contrôle, réalisé par un technicien frigoriste spécialisé selon les modalités définies au sein d'une annexe à l'AGW. Le tableau suivant montre les mesures prises :

Contrôle d'étanchéité

Charge frigorigène [kg]	fréquence des visites du technicien frigoriste [mois]
< 3	-
3	12
30	6
300	3

L'impact sur la santé et la sécurité

L'utilisation des fluides frigorigènes dans les bâtiments n'est pas sans risque sur la santé et la sécurité des occupants, des équipes de maintenance, ...

En effet, ils peuvent représenter un risque en raison de leur :

- toxicité comme l'**Ammoniac** (NH₃);
- inflammabilité comme le **R-290** et l'**Ammoniac** (NH₃);
- des pressions utilisées dans les circuits HP (Haute Pression);
- ...

Norme NBN EN 378-1 (seconde édition en septembre 2000)

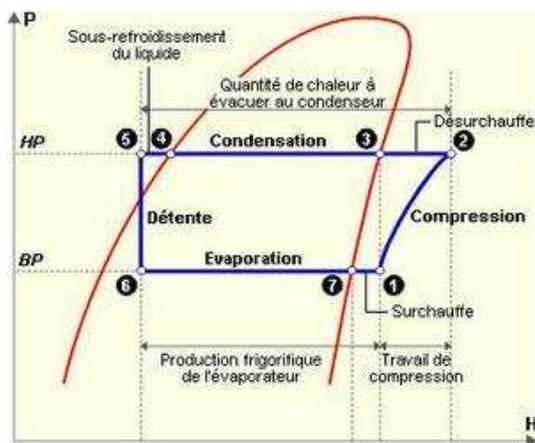
La norme NBN EN 378-1 traitant des *Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Exigences de sécurité et d'environnement - Partie 1: Exigences de base, définitions, classification et critères de choix* est une norme utilisée plutôt pour la conception, la fabrication, l'installation, le fonctionnement et la maintenance des installations frigorifiques. Cependant, elle nous donne aussi une idée précise dans l'évaluation des risques liés à l'utilisation de ces fluides.

L'impact sur le bilan énergétique

Les différents fluides frigorigènes ne sont pas égaux devant le froid. Certains ont une meilleure efficacité frigorifique que d'autres; c'est pourquoi il est important d'évaluer leurs différences.

Principes

Coefficient de performance instantané COP



Cycle frigorifique classique.

L'effet frigorifique ou COP est défini par la relation suivante :

$$\text{COP} = \text{Puissance frigorifique} / \text{Puissance électrique absorbée}$$

Où :

- Puissance frigorifique : puissance utile à l'évaporateur [kWf];
- Puissance électrique absorbée : puissance électrique par le compresseur [kWe].

Production frigorifique spécifique

Le type de fluide frigorigène influence le COP. La recherche d'un fluide frigorigène à forte production frigorifique par volume de gaz aspiré au niveau du compresseur est primordiale. Un fluide frigorigène est d'autant plus performant que sa chaleur latente d'ébullition (ou d'évaporation) à l'évaporateur et un faible volume spécifique des vapeurs à l'aspiration.

La production par m^3 de fluide aspiré sous forme de gaz au compresseur est donnée par la relation suivante :

$$\text{Production frigorifique spécifique} = \text{Chaleur latente d'ébullition} / \text{Volume spécifique des vapeurs à l'aspiration}$$

$$[\text{kJ}/\text{m}^3]$$

Où :

- La chaleur latente d'ébullition est exprimée en kJ/kg ;
- Et le volume spécifique des vapeurs en m^3/kg .

Cette production frigorifique par m^3 de gaz aspiré est donc inversement proportionnelle à la cylindrée des compresseurs et donc de leurs coûts. Il en résulte que les quantités de fluides frigorigènes, pour une même puissance frigorifique, peuvent être plus importantes d'un type à l'autre de fluide.

Comparaison des performances des fluides

L'exercice consiste à comparer plusieurs fluides frigorigènes entre eux afin de déterminer leur production frigorifique spécifique et leur COP.

Pour ce faire, on se propose d'étudier, à travers d'un exemple et succinctement, les fluides suivants :

- Le **R22** ou fluide pur **HCFC** encore présent dans beaucoup d'installations existantes à faible ODP (ODP = 0,055) mais à GWP important (GWP = 1700) ;
- Le **R404A** ou mélange de **HFC** majoritairement utilisé dans les nouvelles installations de froid commercial sans impact sur la couche d'ozone (ODP = 0) mais à GWP important (GWP = 3260) ;
- Le **R507** ou autre mélange de HFC utilisé régulièrement dans les nouvelles installations.

Hypothèses :

- Puissance frigorifique utile nécessaire : $P_{\text{frigorifique}} = 100 \text{ kW}$;
- Température de condensation = 40°C ;
- Température d'évaporation ou d'ébullition -10°C ;
- Sous-refroidissement = 5°C ;
- Surchauffe = 5°C ;

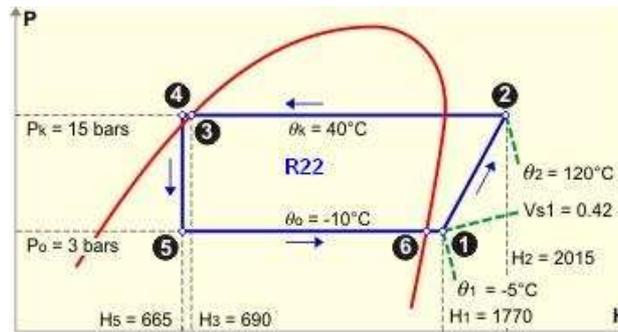
- rendement du compresseur $\eta_{\text{comp}} = 0,85$;
- rendement du moteur électrique $\eta_{\text{moteur_elec}} = 0,85$;
- pas de pertes de charge ni d'échange thermique au niveau des conduites;

Cycle théorique :

R22

En fonction des hypothèses prises, on peut établir le graphique suivant qui permet de déterminer les valeurs :

- d'enthalpie au niveau de l'évaporateur : soit $\Delta h_{\text{évaporateur}} = 405 - 244 = 161 \text{ kJ/kg}$;
- énergie théorique de compression : soit $\Delta h_{\text{compression}} = 443 - 405 = 38 \text{ kJ/kg}$;
- de volume massique à l'aspiration : soit $V_{\text{massique_aspiration}} = 0,067 \text{ m}^3/\text{kg}$.



Calculs :

- Pour une puissance frigorifique demandée de 100 kW, le débit massique de R22 est de :

$$\text{débit}_{\text{massique}} = P_{fr} / h_{\text{évaporateur}} \text{ [kg/s]}$$

$$\text{débit}_{\text{massique}} = 100 \text{ [kJ/kg]} / 161 \text{ [kW]} = \mathbf{0,62 \text{ kg/s}} \text{ ou } \mathbf{2\ 236 \text{ kg/h}}$$

- Le volume réel à aspirer par le compresseur est de :

$$\text{Volume}_{\text{réel}} = \text{débit}_{\text{massique}} / \text{volume}_{\text{massique_aspiration}}$$

$$\text{Volume}_{\text{réel}} = 0,62 \text{ [kg/s]} / 0,067 \text{ [m}^3/\text{kg]} = \mathbf{0,04 \text{ m}^3/\text{s}}$$

soit en une heure un volume aspiré au niveau du compresseur de $0,04 \times 3\ 600 = \mathbf{150 \text{ m}^3/\text{h}}$

- Le rendement volumétrique du compresseur est de :

$$\eta_{\text{Volume}} = 1 - (0,05 \times \tau)$$

Où :

$$\tau = HP / BP \text{ (en pression absolue)}$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 1 - (0,05 \times HP / BP)$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 1 - (0,05 \times 15,3 / 3,55) = \mathbf{0,78}$$

- Le débit théorique nécessaire est de :

$$\text{Débit}_{\text{compresseur}} = \text{Volume}_{\text{réel}} / \eta_{\text{Volume}}$$

$$\text{Débit}_{\text{compresseur}} = 150 / 0,78$$

$$\text{Débit}_{\text{compresseur}} = \mathbf{190 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- La puissance électrique du moteur du compresseur est de :

$$P_{\text{electr_absorbée}} = \text{débit}_{\text{massique}} \times \Delta h_{\text{compression}} \times (1 / (\eta_{\text{comp}} \times \eta_{\text{moteur_elec}} \times \eta_{\text{Volume}}))$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0,62 \times 38 \times (1 / (0,85 \times 0,85 \times 0,785))$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 41 \text{ kW}$$

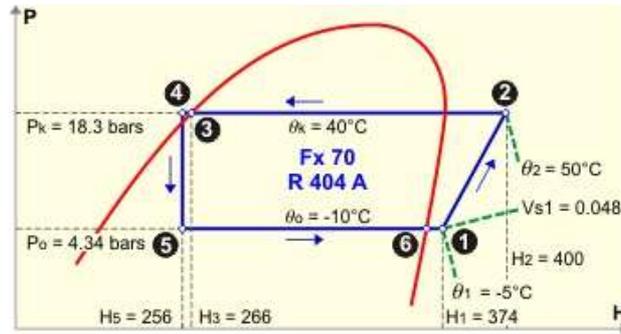
- Enfin, la performance énergétique (ou effet frigorifique) de la machine est de :

$$\text{COP} = P_{\text{frigorifique}} / P_{\text{electr_absorbée}}$$

$$\text{COP} = 100 / 41 = 2,4$$

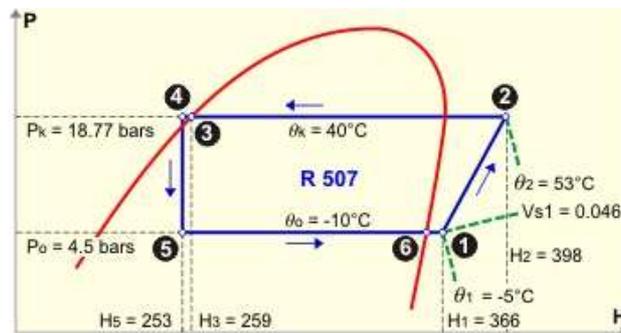
R404A

Comme pour le R22, avec les mêmes hypothèses, on effectue les calculs amenant à déterminer le COP de l'installation. Le tout est consigné dans le tableau de synthèse ci-dessous.



R507

Comme pour le R22, avec les mêmes hypothèses, on effectue les calculs amenant à déterminer le COP de l'installation. Le tout est consigné dans le tableau de synthèse ci-dessous.



Synthèse

Pour les 3 fluides étudiés ci-dessus, on établit un tableau synthétique qui nous permet une comparaison des principales caractéristiques et performances des fluides réfrigérants :

Caractéristiques et performances des fluides frigorigènes	R22	R404A	R507
Haute pression [bar]	15	18,2	18,8
Basse pression [bar]	3,6	4,3	4,5
Taux de compression ($\tau = \text{HP} / \text{BP}$)	4,3	4,2	4,2
Rendement volumétrique η_{Volume}	0,78	0,79	0,79
Température de fin de compression [°C]	70	50	53
Volume spécifique à l'aspiration du compresseur [m³/kg]	0,067	0,048	0,046
Débit massique du fluide réfrigérant [kg/s]	0,62	0,85	0,88
Volume réellement aspiré [m³/s]	0,04	0,04	0,04

Volume théorique [m ³ /h]	191	185,3	185,5
Puissance électrique [kW]	41	39	50
COP	2,4	2,6	2
Diminution des performances	- 8 %		- 23 %

Conclusion

Les fluides frigorigènes étudiés présentent beaucoup de similitudes. On voit néanmoins que le COP du R404A est meilleur; ce qui signifie que dans des conditions idéales et identiques (en régime permanent et stable par exemple), pour une période de temps identique, la consommation d'une machine :

- au R22 est 8 % plus élevée;
- au R507 est 23 % plus élevée.

Le repérage des fuites

L'idée du futur Arrêté de la Région Wallonne étant de réduire les fuites d'agents frigorigènes, il est nécessaire de savoir quelles sont les méthodes de mise en oeuvre. On retrouve principalement :

- la méthode directe ;
- la méthode indirecte.

Méthode directe



Détecteur de fuite R22, R134A, ...

Cette méthode consiste en l'utilisation d'un détecteur de fuite manuel placé devant chaque source potentielle de fuite. Dans les installations existantes, une fuite est souvent difficile à détecter :

- en détente directe (le fluide frigorigène alimente directement les évaporateurs des meubles frigorifiques, des chambres froides, des ateliers de boucherie, ...), les conduites passent régulièrement dans des faux-plafonds, des gaines techniques, ... difficiles d'accès;
- pour les installations à boucle secondaire par fluide caloporteur (le fluide frigorigène alimente les évaporateurs "utiles" via un fluide caloporteur comme l'eau glycolée, le CO₂, ...), les fuites potentielles sont circonscrites au local technique; ce qui en soi, simplifie la détection d'une fuite éventuelle.

L'idéal est de faire appel dans n'importe quel cas à des frigoristes spécialisés.

Méthode indirecte

Cette méthode se base sur une estimation des pertes relatives annuelles. Elle peut être mise en oeuvre par le maître d'ouvrage ou par la société de maintenance sur base de relevés effectués sur le circuit frigorifique par du personnel qualifié (prise de pression, monitoring permanent, ...).

En fonction des Arrêtés du Gouvernement Wallon, il est nécessaire, suivant la **charge frigorifique**, de comptabiliser les relevés intermédiaires imposés.