
CONFÉRENCE q

La disparition du HCFC-22 et la recherche du réfrigérant idéal, une occasion à saisir pour l'industrie de la réfrigération

Par Claude Dumas, ing. †

q Souper-Conférence ASHRAE Chapitre de Montréal, le lundi 13 janvier 2003, au Club St-James, situé au 1145, avenue Union, Montréal

† Membre ASHRAE, chargé de projets en énergie pour la Ville de Montréal, Service des ressources matérielles et informatiques, Direction des immeubles, Gestion de l'énergie et du génie climatique

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	3
Problématique	3
Figure 1	4
Figure 1.1 Système de réfrigération en cascade	5
Réglementation qui va éventuellement s'appliquer au Québec	5
Figure 2	6
Index international pour comparer les systèmes de réfrigération	6
L'origine des réfrigérants disponibles sur le marché	7
Figure 3	8
<u>Figure 4a</u>	9
<u>Figure 4b</u>	9
<u>Figure 5a</u>	9
<u>Figure 5b</u>	9
<u>Figure 6a</u>	10
<u>Figure 6b</u>	10
<u>Figure 7a</u>	10
<u>Figure 7b</u>	10
<u>Figure 8</u>	11
<u>Figure 9a</u>	11
<u>Figure 9b</u>	11
Le plan proposé pour saisir l'occasion qui est offerte	12
Contrôler et diminuer les fuites de R-22 sur l'équipement existant	12
Remplacer des systèmes frigorifiques entier pour renouveler l'équipement	13
Préparer le terrain pour la période qui suivra le R-22	13
Conclusion	14
Références	15

Introduction

L'élément déclencheur qui a motivé la tenue de cette conférence est que l'industrie de la réfrigération attend le réfrigérant miracle qui va remplacer le R-22.

De par ce fait, la Direction des immeubles de la Ville de Montréal est dans un processus de recherche du réfrigérant optimal. Il en ressort que l'ammoniac, le CO₂, les hydrocarbures et les réfrigérants-mélanges de la série 400 sont à considérer pour la réfrigération en général et dans les arénas au cours des prochaines années. Aucun d'entre eux n'est idéal. Ceux de la série 400 ont une contribution importante à l'effet de serre et il est impossible de les utiliser dans les systèmes de type noyé.

Le parc immobilier de la Ville comprend 54 glaces, ce qui correspond au ratio 54/435, soit 12% des glaces au Québec. Si on considère le ratio municipal, c'est 54/(435*.8), soit 15.5% des glaces municipales. Le Protocole de Montréal prévoit qu'il y aura élimination graduelle du réfrigérant HCFC-22 à partir de 2004 et il ne s'en fabriquera plus après 2020.

La conférence vous entretiendra sur :

- 1- Les problèmes d'approvisionnement, de la réglementation, de l'index international utilisé pour comparer les systèmes de réfrigération;
- 2- L'origine des réfrigérants disponibles sur le marché et pourquoi l'industrie chimique est incapable de produire le réfrigérant miracle;
- 3- La proposition d'un plan d'action pour saisir l'occasion qui s'offre à nous, soit de contrôler et diminuer les fuites de HCFC-22, remplacer des systèmes frigorifiques en entier et préparer le terrain pour la période qui suivra le HCFC-22.

Problématique

Le Protocole de Montréal, qui est un document des Nations Unies, vise à protéger la couche d'ozone. Il oblige les états signataires à mettre en place les lois et règlements qui sont requis pour contrôler l'usage des substances comme le réfrigérant HCFC-22. Il incombe aux gouvernements fédéral et provinciaux de contrôler les **S**ubstances **A**ppauvrissant la **C**ouche d'**O**zone au Canada (SACO).

Le R-22 devra éventuellement être remplacé et son remplacement (qui serait autre qu'un mélange) n'est pas encore connu, si ce n'est l'ammoniac (R-717). Les réfrigérants de remplacement proposés (mélanges) causent des problèmes avec l'effet de serre, en plus de se fractionner et de perdre les propriétés physiques essentielles lorsqu'ils sont utilisés dans un système de type noyé ou lorsqu'il y a une fuite dans le système frigorifique. La fraction la plus volatile du mélange réfrigérant se sépare de la fraction la plus lourde, la conséquence est que le réfrigérant ne fonctionne plus et doit être remplacé. Un document de DuPont (4) nous informe sur les réfrigérants que propose l'industrie chimique pour remplacer le R-22, qui ne sera plus disponible après 2020.

Le réfrigérant de remplacement idéal pour le R-22, qui serait non toxique, non inflammable, n'affecterait pas la couche d'ozone et ne contribuerait pas à l'effet de serre n'existe pas, *sauf si un miracle survient*. Voir la figure 1 pour la liste des propriétés d'un réfrigérant .

Figure 1

Propriétés d'un réfrigérant(3)

Chimique

Stable et inerte

Santé, Sécurité et Environnement

Non toxique

Non inflammable

Ne dégrade pas l'atmosphère, l'ozone et l'effet de serre

Thermique (Thermodynamique et transport)

Température du point critique et point d'ébullition, soit une température appropriée pour l'application

Basse capacité de la vapeur pour transporter la chaleur

Faible viscosité

Bon coefficient de conductivité

Divers

Bonne solubilité de l'huile

Que la vapeur, soit un bon diélectrique

Bas point de congélation

Le contenant doit être économique et pratique

Facile de tester pour les fuites

Faible coût

L'analyse moléculaire faite en 1987, par McLinden & Didion pour ASHRAE (3), nous informe sur les compromis qui s'imposent à nous. De plus, la lecture des périodiques et des rapports techniques qui sont disponibles sur internet et ailleurs me porte à croire que nous serons très probablement forcés d'envisager l'utilisation de l'ammoniac (R-717) lorsque le R-22 ne sera plus disponible.

Le R-717 est une substance qui affecte ni l'ozone, ni l'effet de serre, voir la figure 2. Étant donné la situation décrite ci-haut, nous allons devoir nous préparer à faire usage de l'ammoniac dans le futur. Le but premier est de remplacer les équipements vétustes et d'assurer une pérennité des équipements tout en protégeant l'environnement. De plus, nous voulons maximiser l'efficacité énergétique des nouveaux équipements et minimiser les investissements.

Les réticences politiques et humaines à l'utilisation du réfrigérant ammoniac en milieu urbain sont nombreuses. La croyance populaire veut que s'il y a un accident et qu'une fuite importante de réfrigérant ammoniac (R-717) se développe sur un système frigorifique, qui en contient une charge substantielle, il faudra évacuer le voisinage de l'aréna. Nous proposons donc un système qui sera efficace, proactif et minimisera les risques pour le public qui habite le voisinage de nos arénas ainsi que pour nos employés qui ont à intervenir sur lesdits systèmes.

Nous avons discuté de l'approvisionnement des réfrigérants avec deux représentants d'Environnement Canada. Les deux intervenants confirment, Environnement Canada a fait un inventaire des utilisateurs des réfrigérants, mais que les résultats de l'étude n'ont pas été publiés. Nous apprenons de fait que la réfrigération utilise $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ de la masse totale du HCFC-22 qui se vend au Canada chaque année, tandis que les mousses isolantes, les solvants et les aérosols en accaparent les $\frac{2}{3}$ ou $\frac{3}{4}$. L'intention du législateur, en vertu de la loi sur l'environnement, est de restreindre l'approvisionnement global de HCFC-22 au Canada à partir de 2004, de privilégier l'approvisionnement de la réfrigération et de restreindre les autres utilisateurs qui devront se trouver rapidement des substances de remplacement. C'est ce qui motive notre optimisme face à la situation et, conséquemment, nous prévoyons pouvoir acheter du R-22 sur le marché jusqu'en 2015-2020. Il est prévu que l'approvisionnement sera beaucoup plus difficile après 2015 et sera interdite après 2020. Par contre, les systèmes qui seront en bon état et ne perdront pas de réfrigérant pourront être rechargés et continuer d'opérer jusqu'en 2030, c'est l'intention du législateur qui nous est exprimée par le porte-parole d'Environnement Québec. Nous ignorons combien le réfrigérant se vendra le kg, dans 10-15 ans.

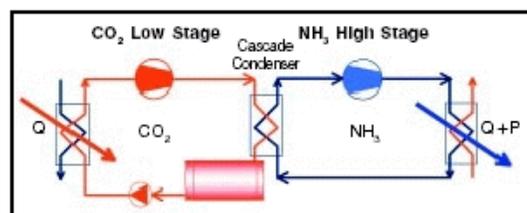
Au début du siècle précédent, il y avait d'autres réfrigérants en usage, ils ont été délaissés au profit des CFC et HCFC. Certains d'entre eux sont l'objet d'un regain de popularité.

Le R-744(CO₂) est maintenant utilisé comme caloporteur et parfois comme réfrigérant dans la partie basse température des systèmes de réfrigération en cascade, voir la figure 1.1. La partie haute température des systèmes en cascade utilise l'ammoniac ou un halocarbure ou un hydrocarbure comme réfrigérant pour condenser ou refroidir le CO₂. Le CO₂ (R-744) a fait l'objet d'un test réalisé par Neslé (6) en Grande-Bretagne, là où un système de réfrigération industriel au R-22 a été remplacé par un nouveau système qui fonctionne avec les réfrigérants R-717 et R-744. Le document mentionne qu'il est dorénavant plus facile de se procurer les composantes, robinets, etc., qui sont requis pour contenir la pression du CO₂ (1070 psig) .

Figure 1.1 Système de réfrigération en cascade (10)

R-744 = CO₂

R-717 = Ammoniac



Les hydrocarbures, sont une famille de réfrigérants. On y trouve les Propane (R-290), Butane (R-600), Isobutane (R-600a). L'AIRAH (7) nous propose, une réflexion sur la sécurité des hydrocarbures lors de l'usage. "Part 4: Hydrocarbons Refrigerants,...Are Hydrocarbons safe to use?...The most important concern regarding the adoption of hydrocarbons as refrigerant is their flammability. It should be remembered that millions of tonnes of hydrocarbons are used safely every year throughout the world for cooking, heating, powering vehicles and as aerosol propellants. In these industries, procedures and standards have been developed and adopted to ensure the safe use of the product. It is essential that the same approach is followed by the refrigeration industry. Hydrocarbons do not spontaneously combust on contact with air. Three elements need to coincide: A release of hydrocarbons. A mixture of hydrocarbon an air with the correct proportion, 2 à 10%. An ignition source with enough power."

Réglementation qui va éventuellement s'appliquer au Québec

Dans le texte du projet de règlement (2) publié dans la Gazette Officielle du Québec en septembre 2002, nous retrouvons les articles suivants :

Art. 2. Le présent règlement a pour objet d'assurer la protection de la couche d'ozone stratosphérique contre l'appauvrissement causé par les émissions dans l'atmosphère des halocarbures utilisés, notamment dans les systèmes de climatisation ou de réfrigération. Il a également pour objet de minimiser l'accroissement de l'effet de serre lié aux émissions de certains halocarbures de substitution et qui est à la source de changements climatiques d'origine anthropique.

Art. 20. Nul ne peut, à compter du 1er janvier 2020, fabriquer, vendre, distribuer ou installer un appareil de réfrigération ou de climatisation conçu pour fonctionner avec HCFC.

Note : Ici HCFC signifie HCFC-22.

Figure 2

Type de réfrigérant	Composition (Formule)	ODP R11=1.0	GWP CO ₂ =1.0
HCFC-22	CHClF ₂	0.05	1700
HFC-134a	CF ₃ CH ₂ F	0	1300
HFC-407C	R32/125/134a	0	1610
HFC-417A (ISCEON 59)	R125/134a/600	0	1950
HFC-410A	R32/125	0	1890
R-717 (Ammoniac)	NH ₃	0	0
HFC-404A	R143a/125/134a	0	3260
R-290 (Propane)	CH ₃ CH ₂ CH ₃	0	3
R-600 (Butane)	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	0	3
R-600a (Isobutane)	CH(CH ₃) ₃	0	3
R-744	CO ₂	0	1

Voir Bitzer, (1), page 28

Ozone Depletion Potential (ODP), gaz qui affecte la couche d'ozone

Global Warming Potential (GWP), gaz qui contribue à l'effet de serre

Index international pour comparer les systèmes de réfrigération

Selon BITZER (1) Page 3 @6.....TEWI = TOTAL EQUIVALENT WARMING IMPACT

TEWI = Fuites + Fuites récupérées + Consommation d'énergie
 Potentiel global de réchauffement direct Potentiel global de réchauffement indirect
 GWP = GLOBAL WARMING POTENTIAL (voir la figure 2)
 ODP = OZONE DEPLETION POTENTIAL

La communauté internationale a proposé un système d'index (TEWI) qui permet de comparer les différents systèmes de réfrigération. Un système de réfrigération et son réfrigérant peuvent ne pas contribuer directement à l'effet de serre mais être très inefficace dans l'utilisation de l'énergie, ce qui peut rendre le système indésirable et même le déclasser sur l'échelle qui combine les deux facteurs. Une étude de Environnement Canada (5) reprend le même concept en page 3, art 1.5, du texte dudit rapport.

Une partie importante de la contribution d'un système de réfrigération à l'effet de serre est de nature indirecte, soit le CO₂ qui est généré par le procédé de génération de l'énergie électrique utilisé par le système de réfrigération pendant sa vie utile (0.6kg de CO₂ par kWh d'énergie électrique).

Certains intervenants affirment que les kWh produits au Québec sont d'origine hydraulique et que cela ne contribue pas à l'effet de serre, c'est une affirmation qui ne tient pas la route. Les kWh qui sont générés au Québec pourront être économisés et exportés aux États-Unis, ce qui va y prévenir la génération de kWh par les centrales thermiques qui brûlent du combustible fossile et contribuer ainsi à réduire l'effet de serre global.

Comme les émissions de CO² indirectes sont très importantes par rapport au total des émissions, il sera nécessaire d'insister pour que l'on utilise des compresseurs, des réfrigérants, des échangeurs et des procédés efficaces, le tout assemblé dans un système frigorifique qui sera le plus performant et le plus étanche possible. L'ARAP(8) propose des solutions qui sont équilibrées et incorporent les principes suivants :

- Utiliser des systèmes qui sont de construction étanche et qui sont fréquemment vérifiés pour détecter les fuites et les réparer, ce qui élimine l'émission directe de réfrigérant;
- Récupérer, recycler et purifier tous les réfrigérants;
- Former tout le personnel qui est impliqué dans la manutention du réfrigérant;
- Observer tous les standards et la réglementation qui régissent la construction et l'entretien des appareils frigorifiques et salles de mécanique;
- Sélectionner les équipements juste assez puissants pour le besoin de façon à minimiser la charge de réfrigérant; concevoir des systèmes efficaces, les installer et les opérer de façon à optimiser l'efficacité énergétique. Nous sommes d'opinion que 56-60 Ton/glacé est la puissance optimale requise, c'est ce qui ressort de notre étude sur le temps de fonctionnement des compresseurs, qui a fait l'objet d'une publication dans le périodique La maîtrise de l'énergie.

L'origine des réfrigérants disponibles sur le marché

L'analyse moléculaire faite en 1987, par McLinden & Didion pour ASHRAE (3), nous informe sur les compromis qui s'imposent à nous. L'étude a considéré 860 fluides industriels et devait choisir ceux qui peuvent servir à transporter la chaleur par changement de phase. Les critères de sélection du filtre sont :

- 1) température de congélation < 40 °F
- 2) température critique > 122 °F
- 3) pression de vapeur @ 176 °F < 735 psia
- 4) chaleur latente x densité de vapeur > 27.8 Btu/pi³.

Les critères 1 et 2 filtrent les fluides qui ne peuvent exister dans les deux phases dans la région de température qui nous intéresse. Le critère 3 filtre les fluides qui requièrent des vaisseaux qui doivent résister à de trop haute pression. Le critère 4 est une mesure de la capacité du réfrigérant dans un système de réfrigération.

Qui est Thomas Midgley Jr 1889-1944? Il a obtenu un doctorat en génie mécanique de l'université Cornell et a fait carrière en chimie. Pendant sa carrière, Midgley est devenu titulaire de 117 brevets, entre autres, il a inventé la gazoline au plomb en 1916 et les CFC en 1928.

Figure 3

Nombre de trous (vacances) dans la couche extérieure de l'atome

Couche	32	8	7	6	5	4	3	2	1	0
I									1 H	2 He
IIa			3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
IIb			11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
IIIa			29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
IIIb			47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
IVa			79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn

ü Métaux, non volatiles

ü Instable et toxique ü

ü Pas de chimie

Éléments qui peuvent former une molécule de réfrigérant

Une portion du tableau périodique des éléments, classée par Midgley selon le nombre des vacances dans la plus éloignée des couches d'électrons qui entourent l'atome (3)

La figure 3 est une portion du tableau périodique des éléments de Dmitriy Mendeleev 1834-1907 et elle se divise en zones :

- Les éléments de la zone verticale à droite n'ont pas de chimie;
- Les éléments de la zone à gauche et dans le bas de la figure sont des métaux qui ne peuvent former des molécules volatiles;
- Dans le bas et dans le milieu de la figure, une zone donne des molécules qui sont instables et toxiques;
- La seule zone qui offre des éléments qui se combinent pour donner des molécules volatiles inclut 8 éléments qui sont : H, C, N, O, F, S, Cl, Br. Lorsque l'on considère le critère environnement, il faut éliminer le brome Br de la liste des éléments car la molécule qui en contient fait plus de dommages à la couche d'ozone que celle qui contient du chlore Cl.

Des 860 fluides dans la liste originale, 51 ont passé le test, dont 15 hydrocarbures (propane et butane ...), 5 composés de l'oxygène (diméthylether, formaldéhyde ...), 5 composés de l'azote (ammoniac, méthylamine ..), 3 composés du soufre (SO₂) D'autre composés peuvent être utilisés comme réfrigérant, soit à très basse température : He, N, CO₂, ... et la vapeur d'eau à haute température.

Figure 4a

		H					
		R50 = méthane=CH ₄				HC	
T ébullition		-161					
	+	R40	R41				
		-24	-78				
		R30	R31	R32		HFC	
		40	-9	-52			
		R20	R21	R22	R23	HCFC	
		61	9	-41	-82		
		R10	R11	R12	R13	R14	CFC
CI		77	24	-30	-81	-128	F

» Augmentation T ébullition

Point d'ébullition normal (°C) pour les réfrigérants de la série Méthane dans un arrangement selon la structure moléculaire. Série **Méthane (CH₄)** un atome de carbone.

Figure 4b

		H							
		R170 = éthane=CH ₃ CH ₃				HC			
T ébullition		-89							
	+	R160	R161						
		13	-37						
		R150a	R151a	R152a		HFC			
		84/57	53/16	31/-25					
		R140a	R141,a,b	R142,a,b	R143,a	HFC			
		114/74	76/32	35/-9	5/-48				
		R130,a	R131,a,b	R132,a,b,c	R133,a,b	R134,a	HFC		
		146/131	103/88	59/47	17/12	-20/-27			
		R120	R121,a	R122,a,b	123,a,b	124,a	R125	HCFC	
		162	117/1	16 72/73	27/28	-12/-10	-48		
		R110	R111	R112,a	R113,a	R114,a	R115	R116	CFC
CI		185	137	93/92	48/47	4/3	-38	-76	F

» Augmentation T ébullition

Point d'ébullition normal (°C) pour les réfrigérants de la série Éthane dans un arrangement selon la structure moléculaire. Série **Éthane (CH₃CH₃)** deux atomes de carbone.

Les figures 4a et 4b couvrent la **température d'ébullition** du réfrigérant dans l'air, pour les réfrigérants de la famille du Méthane CH₄ et de l'Éthane CH₃CH₃. L'arrangement triangulaire, dispose l'élément H au sommet, l'élément F à droite, l'élément CI à gauche. En descendant d'un rang et vers la droite, la molécule méthane ou éthane est modifiée et échange un atome de H pour un de F ou vers la gauche échange un atome de H pour un de CI. Noter que la température d'ébullition augmente vers la gauche de la figure. Dans les molécules qui occupent le rang du bas, tous les élément H sont remplacés, soit par F ou CI, on y trouve les CFC (R-11, R-12 ...) et (R-114a ...) qui sont des molécules halogénées et très stables. Au rang supérieur, on retrouve les HCFC (R-22 ..) et HFC (134a..).

Figure 5a

		H					
		R50				HC	
Inflammabilité		oui					
	+	R40	R41				
		oui	oui				
		R30	R31	R32		HFC	
		oui	oui	oui			
		R20	R21	R22	R23	HCFC	
		non	non	non	non		
		R10	R11	R12	R13	R14	CFC
CI		non	non	non	non	non	F

Inflammabilité d'un réfrigérant de la série **Méthane** dans l'air.

Figure 5b

		H							
		R170				HC			
Inflammabilité		oui							
	+	R160	R161						
		oui	oui						
		R150a	R151a	R152a		HFC			
		oui	oui	oui					
		R140a	R141,a,b	R142,a,b	R143,a	HFC			
		non	oui	oui	oui				
		R130,a	R131,a,b	R132,a,b,c	R133,a,b	R134,a	HFC		
		non	non	non	non	non			
		R120	R121,a	R122,a,b	123,a,b	124,a	R125	HCFC	
		non	non	non	non	non	non		
		R110	R111	R112,a	R113,a	R114,a	R115	R116	CFC
CI		non	non	non	non	non	non	non	F

Inflammabilité d'un réfrigérant de la série **Éthane** dans l'air.

Les figures 5a et 5b couvrent l'**inflammabilité** du réfrigérant dans l'air, pour les réfrigérants de la famille du Méthane et de l'Éthane. Noter l'inflammabilité des molécules qui sont au sommet du triangle et la non inflammabilité des molécules qui sont à sa base.

Figure 6a

	H					
		R50				HC
Toxicité	-	bas				
		R40	R41			
Contient		mod				
Hydrogène	R30	R31	<u>R32</u>			HFC
	mod	mod	bas			
	R20	R21	R22	<u>R23</u>		HCFC
	haut	mod	bas	bas		
<hr/>						
	R10	R11	R12	R13	R14	CFC
CI	Haut	bas	bas	bas	bas	F
		+ Toxicité	-			

Figure 6b

	H					
			<u>R170</u>			HC
			bas			
Toxicité	-					
		R160	R161			
Contient		mod	haut			
Hydrogène	R150a	R151a	<u>R152a</u>			HFC
	mod		bas			
	R140a	R141,a,b	R142,a,b	<u>R143,a</u>		HFC
	mod	bas	bas	bas		
	R130,a	R131,a,b	R132,a,b,c	R133,a,b	<u>R134,a</u>	HFC
	haut		mod	mod	bas?	
	R120	R121,a	R122,a,b	123,a,b	124,a	<u>R125</u>
CI	haut		bas	bas?	bas?	HCFC
<hr/>						
	R110	R111	R112,a	R113,a	R114,a	R115
CI	haut		bas?	bas	bas	bas
						R116
						CFC
						F

Toxicité d'un réfrigérant de la série Méthane.

Toxicité d'un réfrigérant de la série Éthane.

La figure 6a et 6b couvrent la **toxicité** du réfrigérant dans l'air pour les réfrigérants de la famille du Méthane et de l'Éthane. Noter la faible toxicité des molécules qui sont au sommet et sur la droite du triangle. Noter la forte toxicité des molécules qui sont à sa base et sur la gauche du triangle.

Figure 7a

	H					
		R50				HC
		5-10				
		R40	R41			
Contient		1.5				
Hydrogène	R30	R31	<u>R32</u>			HFC
	0.6					
	R20	R21	R22	<u>R23</u>		HCFC
	0.6		20			
<hr/>						
	R10	R11	R12	R13	R14	CFC
CI	50	65	120	400	>500	F
		Pleinement Halogéné				

Figure 7b

	H					
			<u>R170</u>			HC
			0.3			
		R160	R161			
Contient						
Hydrogène	R150a	R151a	<u>R152a</u>			HFC
	R140a	R141,a,b	R142,a,b	<u>R143,a</u>		HFC
	8					
	R130,a	R131,a,b	R132,a,b,c	R133,a,b	<u>R134,a</u>	HFC
					6	
	R120	R121,a	R122,a,b	123,a,b	124,a	<u>R125</u>
CI				1-4		HCFC
<hr/>						
	R110	R111	R112,a	R113,a	R114,a	R115
CI			90	180	380	>500
			Pleinement Halogéné			
						R116
						CFC
						F

Espérance de vie atmosphérique d'un réfrigérant de la série Méthane.

Espérance de vie atmosphérique d'un réfrigérant de la série Éthane.

Les figures 7a et 7b couvrent la **vie atmosphérique** du réfrigérant dans l'air pour les réfrigérants de la famille du Méthane et de l'Éthane. Noter la faible vie atmosphérique des molécules qui sont au sommet et sur la gauche du triangle. Noter la longue vie atmosphérique des molécules qui sont à la base du triangle.

du Méthane, le R-170, R-152a, R-143a, R-134a, R-123a,b et le R-125 sont dérivés de l'Éthane, ce sont les **molécules présentement disponibles** sur le marché des réfrigérants, voir la figure 2 pour la liste des réfrigérants mélangés qui en contiennent. Le HFC-407C est un mélange de R32/125/134a, le HFC-417A est un mélange de R125/134a/600.

Revenons à la figure 1, elle contient les huit éléments qui peuvent donner des molécules volatiles, ils sont : H, C, N, O, F, S, Cl, Br. Lorsque l'on combine lesdits atomes pour former des molécules, on y retrouve le dioxyde de carbone CO₂, l'ammoniac NH₃, l'eau H₂O, l'éthane CH₃CH₃ et ses dérivés, le méthane CH₄ et ses dérivés.

Le plan proposé pour saisir l'occasion qui est offerte (9)

Le plan proposé est en trois volets. Il vise à :

- 1) Contrôler et diminuer les fuites de R-22 sur l'équipement existant;
- 2) Remplacer des systèmes frigorifiques en entier pour renouveler l'équipement, qui est âgé de 30 ans, vétuste, corrodé, fragilisé (métal) et énergivore;
- 3) Préparer le terrain pour la période qui suivra le R-22.

Contrôler et diminuer les fuites de R-22 sur l'équipement existant

- Diminuer le nombre des compresseurs et de systèmes sous pression; ce qui va prévenir plusieurs fuites de réfrigérant, car il y aura moins de tubulures et d'équipements sous pression, qui peuvent développer des fuites et perdre du réfrigérant. Nous avons déjà éliminé deux compresseurs de nos arénas. Comment avons-nous procédé? Nous avons profité de l'occasion offerte par le remplacement de deux évaporateurs (corrosion). Chaque évaporateur de trois circuits a été remplacé par un de deux circuits, nous avons augmenté substantiellement la surface d'échange et les tubes sont en CuNi.
- Le réfrigérant excédentaire devra être retiré des systèmes qui sont inactifs, afin de le purifier, de le recycler, de le mettre en entrepôt, pour usage futur. La mise en entrepôt du réfrigérant sera essentielle pour gérer les stocks et minimiser la consommation.
- Installer un refroidisseur d'huile sur chaque compresseur actif pour prolonger la vie utile du joint autour de son axe et prévenir la dégradation de l'huile par la chaleur excessive.
- Faire de l'entretien préventif à intervalle régulier, rechercher les fuites de réfrigérant, serrer et étancher les joints. Remplacer les robinets et les composantes défectueuses qui laissent fuir le réfrigérant. Faire les travaux de maintenance minimale, tels que prescrits par le B52-99, art. 7.4.
- Les politiciens ont fait des promesses à KYOTO, ils auront grand besoin de notre aide pour les tenir, nous serons en position de négocier des assouplissements de la réglementation MMF, ce qui fera chuter les coûts afférents au remplacement du HCFC-22 par R-717.

Remplacer des systèmes frigorifiques entier pour renouveler l'équipement

- Pour minimiser les possibilités de fuites de réfrigérant, qui contribuent à l'effet de serre et affectent la couche d'ozone, il faudra que la construction du nouveau système frigorifique soit faite en acier car c'est plus étanche et durable qu'une construction en cuivre. De plus, nous préconisons une diminution de la charge de réfrigérant par l'utilisation d'un évaporateur à plaques.
- Confiner l'appareil frigorifique qui contient le réfrigérant dans une salle de réfrigération, là où la construction des séparations sera coupe-feu et étanche. L'appareil de rejet de chaleur à l'atmosphère devra être installé sur la toiture de l'édifice, car il n'existe pas d'emplacement alternatif si on utilise un condenseur à air ou condenseur évaporatif.
- Utiliser beaucoup de surface d'échange de chaleur et une conception de type noyé, c'est plus performant qu'un système DX. Récupérer rationnellement la chaleur rejetée par le système frigorifique pour préchauffer de l'eau et fondre la neige dans le but de diminuer la consommation d'énergie et l'effet de serre. Toujours se souvenir que le but premier de l'appareil frigorifique est de geler l'eau et faire la glace.
- Utiliser le réfrigérant R-22 jusqu'en 2015-2020 et même 2030, ce qui permettra de repousser l'introduction de l'ammoniac et l'augmentation des coûts de main d'oeuvre afférents. Il s'agit de la main d'oeuvre qui sera utilisée pour le traitement d'eau et l'introduction de produits chimiques, sans oublier la surveillance de l'installation par un mécanicien de machines fixes. En supposant que l'usage du R-22 se prolonge jusqu'en l'an 2030, le système frigorifique qui aura été remplacé en 2005 sera usé et devra être remplacé.

Préparer le terrain pour la période qui suivra le R-22

- Construire une salle de réfrigération de classe T dans l'espace mécanique actuel, dont la construction devra être conforme à la norme CSA B52-99, dans le but de réduire les coûts futurs et le dérangement associés au remplacement éventuel du HCFC-22 par l'ammoniac. Nous proposons que les **salles de mécanique soient séparées en trois parties**, soit la **salle de réfrigération classe T**, la **salle de contrôle** et la **salle de mécanique autre**.
- Nous aurons du temps de voir venir l'échéance 2020-2030 et de faire modifier la réglementation sur les Mécaniciens de Machines Fixes (MMF) pour que la surveillance devienne moins exigeante pour le R-717. Si après multiples efforts, nous devons conclure qu'il est impossible de faire modifier la réglementation, il faudra se résigner à investir dans la brique et le béton, pour agrandir les bâtiments et aménager de nouvelles salles de réfrigération plus spacieuses. Mettre suffisamment d'espaces entre les compresseurs va permettre d'éviter la surveillance des MMF dans beaucoup de cas.
- Lors de la transformation à l'ammoniac, il y aura installation d'un gicleur déluge dans le plafond de la salle de réfrigération. Le but du gicleur sera de pouvoir arroser l'appareil frigorifique avec de l'eau et mettre l'ammoniac en solution dans l'eau. En cas de fuite majeure, le gicleur devra être opéré manuellement par le pompier ou par l'intervenant. La mesure vise à permettre un accès sécuritaire et rapide dans la salle de réfrigération pour colmater la fuite et éviter d'évacuer/ventiler de grandes quantités d'ammoniacs dans le voisinage. Les fuites mineures seront étanchées sans que l'on ait besoin de saturer l'appareil frigorifique d'eau.

Conclusion

- Il y aura disponibilité de R-22 nouveau jusqu'en 2020, possibilité d'utiliser le R-22 recyclé jusqu'en 2030 et plus.
- Il n'y aura pas de découverte d'un nouveau réfrigérant, nous allons être obligés d'utiliser l'ammoniac, le CO², et les hydrocarbures dans les systèmes frigorifiques, car la chimie organique a heurté un mur infranchissable (tableau périodique de Mendeleef ou de Midgley).
- L'indice TEWI nous permet d'apprécier la contribution globale du système de réfrigération à l'effet de serre. La consommation d'énergie par le système frigorifique est déterminante.
- Le contrôle des fuites de R-22 sur l'équipement existant assurera une partie importante de l'approvisionnement dans une période de rareté grandissante.
- Le remplacement des systèmes frigorifiques entiers qui utiliseront l'ammoniac permettra de récupérer et recycler la charge de R-22, pour approvisionner les systèmes qui n'ont pas encore été transformés.
- Remplacer des systèmes entiers, dont la construction est en acier, qui sont étanches et qui font usage de grandes surfaces d'échange.
- Construire des systèmes efficaces avant tout, qui ont un seul circuit de réfrigérant et utilisent plusieurs compresseurs.
- La récupération de chaleur ne doit pas se faire à tout prix, le stockage de chaleur devrait se faire dans un réservoir d'eau, et ce, sans pénaliser l'efficacité énergétique du cycle frigorifique.
- Exiger des systèmes frigorifiques transformables à peu de frais qui peuvent fonctionner avec le R-22 et le R-717, construits dans des salles de mécanique de classe T, qui assurent la sécurité des voisins et des intervenants dans l'aréna.
- Que l'on utilise le R-22 ou le R-717, la salle de réfrigération devra être munie de détecteurs de réfrigérant dans l'air, détecteurs qui contrôleront le fonctionnement du système de ventilation.
- Nous proposons que les salles de mécanique soient séparées en trois parties, soit la salle de réfrigération classe T, la salle de contrôle et la salle de mécanique autre.
- Faire modifier la réglementation MMF, car la situation actuelle est intenable pour les utilisateurs de R-717. La réglementation influence les designs au détriment de l'efficacité et du rationnel. De plus, il y aura incessamment une occasion d'influencer les gouvernements suite à la ratification du protocole de Kyoto, car les politiciens, qui ont fait des promesses, auront grand besoin de notre aide pour les réaliser.

Références

- 1- Bitzer International, *REFRIGERANT Report 10th Edition*, A-501-10, Document PDF, 31 pages. <http://www.bitzer.de>
- 2- Gouvernement du Québec, *Projet de règlement modifiant le Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone, (Règlement sur les halocarbures)*, Octobre 2000.
- 3- McLinden, Dr. Mark O., and Dr. David A. Didion, P.E., *CFCs Is the sky falling, Quest for alternatives, A molecular approach demonstrates tradeoffs and limitations are inevitable in seeking refrigerants*, ASHRAE Journal December 1987, p32-42
- 4- DuPont, *General Replacement Guide: CFC to an HCFC; CFC or HCFC to an HFC* <http://www.dupont.com>
- 5- Environment Canada, Commercial Chemicals Branch, *Analysis of alternative technology options in the commercial and automotive sectors*. Final report, December 2000. <http://www.ttc.nrc.ca/>
- 6- IJAR, *Technical Papers, Ammonia refrigeration: Preserving the Harvest*. March 17-20, 2002. Technical Paper #1..... Page, *CO₂/NH₃ Refrigeration Replaces R-22 in Large Freeze-Drying Plant*, <http://www.ijar.org>
- 7- AIRAH, *Air Conditioning and Refrigeration Industry Refrigerant Selection Guide*, Sixth Edition June 1998, <http://www.airah.org.au>
- 8- The Alliance for Responsible Atmospheric Policy, : *Fluorocarbons : Balanced Solution for Society, Commercial Refrigeration....A Working Example..... HFC--- The Balanced Solution*, <http://www.arap.org>
- 9- Dumas Claude, Document de travail: *Remplacement du Système Frigorifique dans les Arénas, Modifications des Salles de Mécanique et Conservation du Réfrigérant (R-22)*, 52 pages. Index B-7617.00, 11 Janvier 2002.
- 10- Taylor Charles R, *Carbon Dioxide-Based Refrigerant Systems*, ASHRAE Journal September 2002, p22-27

C:\ashweb\MontrealerJan2003\conferenceDumas.wpd