

SOMMAIRE

Préface	5
Avant-Propos	9
Remerciements	10
Nomenclature	15
Définitions	17
Abréviations et sigles	18
Introduction	19
I ZÉRO FUITE - NOUVEAUX ENJEUX	21
1.1 Indices environnementaux	22
1.2 Limitations des émissions de fluides frigorigènes	24
1.2.1 Les réglementations européenne et française	24
1.2.2 La réglementation américaine	25
1.2.3 La réglementation néerlandaise	26
2 RÉPARTITION DES ÉMISSIONS	31
2.1 Evaluation des consommations de fluides frigorigènes	31
2.1.1 Approche globale	31
2.1.2 Approche par application	32
2.1.3 Bilan des émissions	33
2.2 Nature des émissions	34
2.2.1 Emissions fugitives	34
2.2.2 Dégradations d'étanchéité	35
2.2.3 Ruptures	35
2.2.4 Manipulation des fluides	35
2.2.5 Accidents	36
2.2.6 Fin de vie	36
2.3 Méthodes d'évaluation	37
2.3.1 Utilisation de l'AMDEC	37
2.3.2 Méthodes statistiques	37
2.3.3 Enquêtes et essais	37
2.4 Structure des émissions	38
2.4.1 Systèmes entièrement soudés	38
2.4.2 Systèmes centralisés à caloporteur	38
2.4.3 Systèmes centralisés à détente directe	39
2.4.4 Systèmes embarqués de réfrigération et de climatisation	40
3 GROUPES REFROIDISSEURS D'EAU	43
3.1 Niveau des émissions	43
3.1.1 Consommations de R-11	43
3.1.2 Consommations de R-12	44
3.1.3 Synthèse des émissions de R-11 et R-12	45
3.1.4 Mesures des différents types d'émissions	46
3.2 Réduction des émissions des machines au R-11	47
3.2.1 Méthodes de transfert et récupération poussée	47
3.2.2 Evaluation des méthodes de charge du R-11	50

3.2.3	Contrôle et amélioration de l'étanchéité	51
3.2.4	Modifications des méthodes de maintenance	53
3.2.5	Modifications de l'exploitation des groupes	55
3.3	Confinement des machines au R-12	58
3.3.1	Evaluation des méthodes de transfert	58
3.3.2	Contrôle d'étanchéité de l'installation au R-12	62
3.3.3	Modification de la conception	63
3.3.4	Modifications des méthodes de maintenance	65
3.3.5	Modification de l'exploitation des groupes	66
3.4	Programme de limitation des émissions-Synthèse	67
3.4.1	Etude préalable	67
3.4.2	Généralisation	68
3.4.3	Suivi du programme	69

4 FROID COMMERCIAL CENTRALISÉ

4.1	Caractéristiques des circuits frigorifiques d'un hypermarché	71
4.1.1	Le circuit froid "positif"	72
4.1.2	Le circuit basse température	73
4.1.3	Répartition des charges en fluide et puissance	73
4.2	Mesures globales des consommations de fluides frigorigènes	74
4.2.1	Analyse des pertes de fluide de 29 magasins	74
4.2.2	Analyse de la consommation de 2 magasins sur 5 ans	75
4.3	Mesures des consommations de 14 circuits	76
4.3.1	Méthode	76
4.3.2	Réalisation	76
4.3.3	Résultats	77

4.4	Analyse des composants d'installations de froid commercial	81
4.4.1	Composants manœuvrables	81
4.4.2	Composants raccordables	82
4.4.3	Composants démontables	82
4.4.4	Répartition du nombre de raccords et de joints	83
4.5	Limitation des émissions en froid commercial centralisé	84
4.5.1	Répartition plausible	84
4.5.2	Stratégie de réduction de la consommation	86

5 CLIMATISATION AUTOMOBILE

5.1	Données générales	89
5.2	Caractéristiques du circuit	90
5.3	Fluides frigorigènes et niveaux de consommation	91
5.3.1	"Recharge et roule"	91
5.3.2	La politique menée aux Etats-Unis	92
5.4	Quand recharge-t-on un système de climatisation automobile ?	94
5.5	Enjeux de la récupération	96
5.5.1	Scénarios de recharge de circuits de climatisation	96
5.5.2	Procédures de recharge	97
5.5.3	Récupération, recyclage, régénération	98
5.6	Ruptures et dégradations d'étanchéité	99
5.6.1	Ruptures	99
5.6.2	Dégradations d'étanchéité	100
5.7	Niveaux d'étanchéité des tuyauteries flexibles	101
5.7.1	Les normes de qualification des flexibles SAE J51 et SAE J206	102
5.7.2	Que connaît-on sur les niveaux d'émission des flexibles ?	103
5.8	Limiter les émissions-Stratégies gagnantes	105

6 CALCULS DES DÉBIT DE FUITE	109	8.3 Mesures globales	140
6.1 Nature des écoulements	109	8.3.1 Essai en surpression	141
6.2 Ecoulements laminaires : domaine, calculs	110	8.3.2 Essai en remontée en pression	143
6.2.1 Ecoulement d'un liquide dans un canal	110	8.3.3 Essai en remontée en pression avec gaz traceur	145
6.2.2 Ecoulement d'un gaz dans un canal	111	8.4 Mesures locales	146
6.2.3 Rôle de la tension superficielle	116	8.4.1 Essai en dépression : poche	146
6.2.4 Ecoulements diphasiques	117	8.4.2 Essais en surpression : enveloppements, ventouse	147
6.2.5 Rôle de l'huile dans un écoulement liquide	118	8.5 Localisation et mesures par seuil	149
6.2.6 Rôle de l'huile dans un écoulement gazeux	119	8.5.1 Méthode du bain	150
6.3 Diffusion à travers les membranes	120	8.5.2 Méthodes à l'eau savonneuse	150
6.3.1 Flux gazeux à travers une membrane plane	121	8.5.3 Mesure par gaz traceur	151
6.3.2 Flux gazeux à travers un tuyau poreux	122	8.6 Conclusions générales	151
7 MÉTROLOGIE DU CONTRÔLE D'ÉTANCHÉITÉ - DÉTECTEURS DE FUITE	125	9 BANC DE CONTRÔLE D'ÉTANCHÉITÉ DE COMPOSANTS	155
7.1 Chaîne métrologique hélium	125	9.1 Mesure de débits de fuite	155
7.2 L'étalonnage des détecteurs à halogènes	126	9.2 Le banc de mesure	156
7.3 Les détecteurs d'halogènes	128	9.3 Temps d'accumulation et mesure de concentration	158
7.3.1 Principes de mesures, sensibilité, précision	128	9.4 Etalonnage de l'analyseur	159
7.3.2 Critères de selection de détecteurs	133	9.4.1 Expérience	160
7.3.3 Méthodes d'essais et résultats	133	9.4.2 Mise en équation	160
8 CONTRÔLES D'ÉTANCHÉITÉ DE SYSTÈMES	137	9.5 Mesures du débit de fuite	161
8.1 Contrôle d'émissions sur le terrain : exemple des COV	137	9.6 Premiers résultats	163
8.2 Méthodes de mesures et niveaux d'émissions	140	9.7 Perspectives	165
		9.8 Conclusions	166
		10 POLITIQUES DE LIMITATION DES ÉMISSIONS	169
		10.1 Production du fluide, fractionnement, charge	171
		10.2 Le traitement des fluides récupérés	172
		10.2.1 Régénération ou recyclage	172
		10.2.2 Limitation des émissions lors des traitements	173
		10.3 Conception des installations	174
		10.3.1 Charge minimale	174

10.3.2	Minimisation du nombre de raccords	175	10.5.4	Documents de suivi de l'huile et du fluide	181
10.3.3	Soupape de sécurité	175	10.5.5	Cahier des charges de détecteurs	181
10.3.4	Contrôles d'étanchéité initiaux	177	10.5.6	Contrôle d'étanchéité et étiquetage des composants	181
10.4	Exploitation des installations	178	10.5.7	Récupération	181
10.4.1	Fonctionnement à charge partielle	178	10.5.8	Maintenance conditionnelle	182
10.4.2	Critères de recharge en huile et en frigorigène	178	10.5.9	Gestion de la fin de vie des installations	182
10.4.3	Contrôleurs d'ambiance	179	10.6	Qualification, formations initiale et continue	183
10.5	Maintenance des installations	180		Conclusions	185
10.5.1	Matériels	180			
10.5.2	Procédures qualité	180			
10.5.3	Analyses	180			

ANNEXES

Annexe 1	- Valeurs de l'ODP, du GWP, groupes de sécurité et propriétés physiques de différents fluides frigorigènes	188
Annexe 2	- Calcul du TEWI et impact des émissions de fluides frigorigènes de réfrigérateurs domestiques	190
Annexe 3	- Contrôle d'étanchéité de composants Exemple de liste d'identification de composants	196
Annexe 4	- Statistiques des consommations de fluides frigorigènes dans 29 hypermarchés	197
Annexe 5	- Modèle de "Fiche d'intervention"	200
Annexe 6	- Tableau de conversion	201
Annexe 7	- Facteurs de conversion des unités de flux de fuite	202
Annexe 8	- Propriétés du R-134a à l'état saturé liquide et vapeur - Viscosités de différents frigorigènes à 20 °C.	203