



Promouvoir  
une attitude  
responsable



**COSTIC**  
Comité Scientifique et Technique  
des Industries Climatiques

Soutenu par



# Etude sur la mise en œuvre pratique des fluides frigorigènes inflammables et légèrement inflammables

Mars 2021

FORMATION  
ÉTUDES & RECHERCHES  
TRANSMISSION DU SAVOIR

Créateur d'horizons du Génie Climatique

**Document établi par le COSTIC**

> Droits de reproduction réservés



**COSTIC**

Comité Scientifique et Technique  
des Industries Climatiques

**Créateur d'horizons du Génie Climatique**

**Domaine de Saint-Paul**

Bâtiment 16 • 102, route de Limours  
78 470 Saint Rémy lès Chevreuse

Tél : 01 30 85 20 10 • E-mail : [contact@costic.com](mailto:contact@costic.com)

**[www.costic.com](http://www.costic.com)**

# Mise en œuvre pratique de fluides inflammables et légèrement inflammables

RAPPORT FINAL

Mars 2021

Etude réalisée par :

**COSTIC**

Domaine de Saint Paul  
102, route de Limours  
78470 Saint Rémy lès Chevreuse  
Tél. : 01 30 85 20 10  
[www.costic.com](http://www.costic.com)

Muriel BARBAT

[m.barbat@costic.com](mailto:m.barbat@costic.com)

Cédric BEAUMONT

[c.beaumont@costic.com](mailto:c.beaumont@costic.com)

Référence COSTIC : E0052

Etude réalisée pour :

**AFCE**

2 rue du Phare de la Vieille  
44300 NANTES

François HEYNDRICKX  
Bernard PHILIPPE  
[dg@afce.asso.fr](mailto:dg@afce.asso.fr)

**ADEME**

500 route des Lucioles  
06560 VALBONNE

Céline LARUELLE

[Celine.laruelle@ademe.fr](mailto:Celine.laruelle@ademe.fr)



# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
<b>1. LES FLUIDES INFLAMMABLES : DEFINITION ET CARACTERISTIQUES</b> .....	<b>8</b>
<b>2. QUELS FLUIDES POUR QUELLES APPLICATIONS ?</b> .....	<b>13</b>
<b>3. LA RECONVERSION D'UNE INSTALLATION AVEC UN FLUIDE INFLAMMABLE</b> ...	<b>15</b>
<b>4. LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF</b> .....	<b>16</b>
4.1. INTRODUCTION .....	16
4.2. QUELLES OBLIGATIONS EN MATIERE DE FORMATION ? .....	18
4.3. LA REGLEMENTATION F-GAS.....	18
4.4. DIRECTIVES MACHINES ET BASSE TENSION .....	19
4.5. CONTROLE D'ETANCHEITE POUR LES FLUIDES NON SOUMIS A LA F-GAS (HYDROCARBURES, HFO) .....	20
4.6. UTILISATION DES FLUIDES FRIGORIGENES INFLAMMABLES POUR LES BESOINS DE « CONFORT » DANS LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP) DE CATEGORIES 1 A 4 20	
4.7. UTILISATION DES FLUIDES FRIGORIGENES INFLAMMABLES POUR LES BESOINS DE « CONFORT » DANS LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP) DE CATEGORIES 5....	22
4.8. UTILISATION DES FLUIDES FRIGORIGENES INFLAMMABLES DANS LES IMMEUBLES DE GRANDE HAUTEUR (IGH).....	22
4.9. UTILISATION DES FLUIDES FRIGORIGENES INFLAMMABLES DANS LES MEUBLES FRIGORIFIQUES DE VENTE EN GROUPES LOGES INSTALLEES DANS L'ESPACE PUBLIC DES MAGASINS ET CENTRES COMMERCIAUX .....	23
4.10. LA NF EN 378 « SYSTEMES DE REFRIGERATION ET POMPES A CHALEUR – EXIGENCES DE SECURITE ET D'ENVIRONNEMENT » .....	24
4.10.1. Généralités.....	24
4.10.2. Détermination des charges limites de fluide frigorigène.....	25
4.10.3. Analyse des exigences relatives à la NF EN 378-2 .....	39
4.10.4. Analyse des exigences relatives à la NF EN 378-3 .....	40
4.11. LES EQUIPEMENTS SOUS PRESSION .....	41
4.12. REGLEMENTATION ATEX .....	43
4.12.1. Exigences générales.....	43
4.12.2. Applications aux systèmes frigorifiques.....	46
4.13. NORMES PRODUITS.....	46
4.13.1. IEC 60335-2-40.....	46
4.13.2. IEC 60335-2-89.....	52
4.14. SYNTHESE.....	54
<b>5. CONDITIONS GENERALES DE TRANSPORT ET DE STOCKAGE</b> .....	<b>60</b>
5.1. LE TRANSPORT .....	60
5.2. LE STOCKAGE.....	62
<b>6. EVALUATION DES RISQUES ET DISPOSITIONS SPECIFIQUES</b> .....	<b>63</b>

6.1.	LES TYPES DE SINISTRES ENREGISTRES COTE ASSURANCE .....	63
6.2.	EVALUER LES RISQUES .....	63
6.2.1.	<i>Inventaire des produits combustibles</i> .....	64
6.2.2.	<i>Analyse du système frigorifique</i> .....	64
6.2.3.	<i>Analyse des causes amenant au risque</i> .....	65
6.2.4.	<i>Identification des sources d'inflammation</i> .....	65
6.3.	DEFINIR LES MESURES DE PREVENTION .....	66
<b>7.</b>	<b>PROCEDURES D'INTERVENTION APPLIQUEES AUX FLUIDES A3 .....</b>	<b>69</b>
7.1.	OUTILLAGES ET PRECAUTIONS DE MANIPULATION AVANT INTERVENTION .....	69
7.2.	PROCEDURE DE CHARGE D'UNE INSTALLATION.....	70
7.2.1.	<i>Tirage au vide</i> .....	70
7.2.2.	<i>Charge en fluide</i> .....	72
7.3.	PROCEDURE DE VIDANGE D'UNE INSTALLATION .....	74
7.3.1.	<i>Rejet du fluide vers l'extérieur</i> .....	74
7.3.2.	<i>Récupération du fluide</i> .....	75
<b>8.</b>	<b>PROCEDURES D'INTERVENTION APPLIQUEES AUX FLUIDES A2L .....</b>	<b>77</b>
8.1.	OUTILLAGE ET PRECAUTIONS DE MANIPULATION.....	77
8.2.	PROCEDURE DE CHARGE D'UNE INSTALLATION.....	79
8.2.1.	<i>Tirage au vide</i> .....	79
8.2.2.	<i>Charge en fluide</i> .....	80
8.3.	PROCEDURE DE RECUPERATION DU FLUIDE .....	82
<b>9.</b>	<b>GESTION DES FLUIDES POST RECUPERATION.....</b>	<b>84</b>
<b>10.</b>	<b>ASPECTS ECONOMIQUES.....</b>	<b>85</b>
<b>11.</b>	<b>ETAT DES LIEUX SUR LES FORMATIONS DISPENSEES RELATIVES AUX FLUIDES INFLAMMABLES.....</b>	<b>87</b>
<b>12.</b>	<b>RETOURS D'EXPERIENCE.....</b>	<b>90</b>
	<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>94</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>95</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>97</b>
	<b>ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES THERMODYNAMIQUES DE FLUIDES.....</b>	<b>99</b>
	<b>ANNEXE 2 : EXEMPLES DE POINTS A VERIFIER ET DE RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>102</b>
	<b>ANNEXE 3 : EXEMPLES DE LOGIGRAMMES : CAS GENERAL ET CAS D'APPLICATION .....</b>	<b>106</b>
	<b>ANNEXE 4 : EXEMPLE D'UNE ANALYSE DE RISQUES.....</b>	<b>117</b>
	<b>ANNEXE 5 : PROCEDURES SUR UN SPLIT AU R-32.....</b>	<b>119</b>
	<b>ANNEXE 6 : FICHE INTERVENTION – BORDEREAU DE SUIVI DE DECHET .....</b>	<b>124</b>
	<b>ANNEXE 7 : FORMATIONS RELATIVES AUX FLUIDES INFLAMMABLES.....</b>	<b>131</b>
	<b>ANNEXE 8 : ENQUETE AUPRES DES PROFESSIONNELS .....</b>	<b>136</b>

# INTRODUCTION

Les exigences réglementaires, via notamment le règlement UE 517/2014 relatif aux gaz à effet de serre (appelé Règlement F-Gas), visent à réduire progressivement la quantité de fluides frigorigènes ayant un impact sur l'effet de serre. Dans ces conditions, la diminution ou l'interdiction programmée de certains équipements et fluides, et le renforcement des contrôles d'étanchéité, favorisent le remplacement de ces fluides par d'autres fluides « plus neutres » vis-à-vis de l'environnement. Toutefois, certains fluides ayant un faible impact environnemental présentent d'autres risques tels que l'inflammabilité. La classification des fluides a été mise à jour pour inclure une nouvelle sous-classe d'inflammabilité « 2L » pour les fluides inflammables dont la combustion est très lente.

Pour intégrer cette nouvelle catégorie, la norme NF EN 378 relative aux exigences de sécurité et d'environnement sur les systèmes frigorifiques et pompes à chaleur a évolué. Cette évolution a ainsi permis d'ajouter la nouvelle classe d'inflammabilité « 2L » et toutes les implications qui en découlent pour la conception, le calcul de charge ou encore l'exploitation. Cette présente étude vise à caractériser au mieux ces fluides inflammables lors des différentes phases de vie d'une installation.

## 1. Les fluides inflammables : définition et caractéristiques

Un fluide frigorigène est une substance (ou mélange de substance) permettant d'assurer les transferts d'énergie dans un système thermodynamique. Selon la norme ISO 817 (2014), un fluide frigorigène est classé selon 2 critères : sa toxicité (A ou B) et son inflammabilité (1 à 3).

**L'inflammabilité d'un fluide est définie par sa capacité à propager une flamme à partir d'une source d'inflammation.**

La combustion est une réaction chimique exotherme entre un corps comburant (air, oxygène) et un combustible. Un corps est dit inflammable lorsqu'il brûle avec production de flammes.

Classe inflammabilité	Limite inférieure inflammabilité (kg/m <sup>3</sup> )	Chaleur de combustion (MJ/kg)	Vitesse de propagation de flamme (cm/s)	Risques associés
1 Non inflammable	Pas de propagation de flamme			
2L Légèrement inflammable	≥ 0,1 kg/m <sup>3</sup>	≤ 19 MJ/kg	≤ 10 cm/s	Effet thermique Pas d'effet de surpression
2 Inflammable	≥ 0,1 kg/m <sup>3</sup>	≤ 19 MJ/kg	Pas de limite	Effet thermique Possible effet de surpression
3 Hautement inflammable	< 0,1 kg/m <sup>3</sup>	> 19 MJ/kg	-	Effet thermique et effet de surpression (explosion)

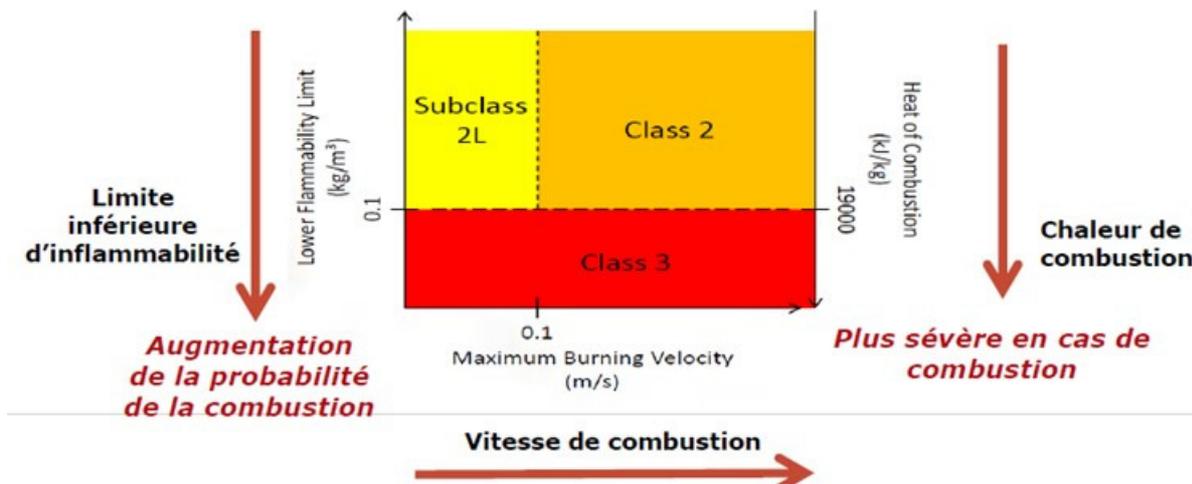
**Figure 1 : Caractéristiques liées à l'inflammabilité des fluides**

Quelques termes sont explicités ci-après.

Terminologie	Définition
Limite inférieure d'inflammabilité (LII) (kg/m <sup>3</sup> )	Concentration minimale de fluide frigorigène capable de propager une flamme dans un mélange homogène de fluide frigorigène et d'air (peut aussi être indiquée en % de volume dans l'air)
Chaleur de combustion (MJ/kg)	Quantité de chaleur dégagée par la combustion d'une unité de masse de fluide
Vitesse de propagation de flamme (cm/s)	Vitesse à laquelle la flamme progresse par rapport au comburant (air frais)
Température d'inflammation (ou point éclair) (°C)	Température à partir de laquelle un fluide peut s'enflammer en présence d'une flamme
Energie minimale d'inflammation (MJ)	Energie minimale requise pour enflammer un mélange « air/gaz » inflammable. Toute source d'inflammation dont le niveau d'énergie est inférieur à cette valeur ne provoquera pas d'inflammation
Point d'auto-inflammation (°C)	Température où un fluide s'enflamme spontanément sans apport de chaleur

**Figure 2 : Terminologie**

Les trois critères, à savoir, la limite inférieure d'inflammabilité, la chaleur de combustion et la vitesse de combustion, caractérisent les différentes classes de fluides inflammables.



**Figure 3 : Niveau de risque des fluides frigorigènes inflammables**

Quelques exemples de fluides avec leurs caractéristiques associées sont présentés ci-après.

Fluide frigorigène	Température auto-inflammation (°C)	Vitesse de combustion à 23°C air sec (cm/s)	Limite inférieure d'inflammabilité à 23°C, 50%HR (kg/m <sup>3</sup> )	Chaleur de combustion (MJ/kg)	Energie minimale d'inflammation à 23°C, 50%HR (MJ)
R-32 (A2L)	648	6.7	0,307	9.4	30-100
R-452B (A2L)	-	4.2	0,309	-	100-300
R-454A (A2L)	-	2.4	0,278	10.04	300-1000
R-454B (A2L)	-	3.7	0,307	-	30-100
R-454C (A2L)	-	1.6	0,293	-	300-1000
R-1234yf (A2L)	405	1.5	0,289	10.7	5000 - 10000
R-1234ze (A2L)	368	1.2	0.303	-	61000 - 64000
R-455A (A2L)	473	< 1.5	0,431	10.2	317
R-152a (A2)	455	23	0.130	16.5	0.38
R-290 (A3)	470	46	0,038	50.3	0.25

Fluide frigorigène	Température auto-inflammation (°C)	Température ignition sur surface chaude (°C)	Température de surface maximale admise (°C)
R-32 (A2L)	648	> 800	700
R-452B (A2L)	-	> 800	700
R-454A (A2L)	-	> 800	700
R-454B (A2L)	-	> 800	700
R-454C (A2L)	-	> 800	700
R-1234yf (A2L)	405	> 800	700
R-1234ze (A2L)	368	> 800	700
R-455A (A2L)	473	-	-
R-152a (A2)	455	-	355
R-290 (A3)	470	-	370

**Figure 4 : Caractéristiques de quelques fluides inflammables (selon NF EN 378, IEC 60335-2-40)**

En cas de fuite de fluide frigorigène, deux phénomènes dangereux peuvent se produire : **risque d'incendie et risque d'explosion.**

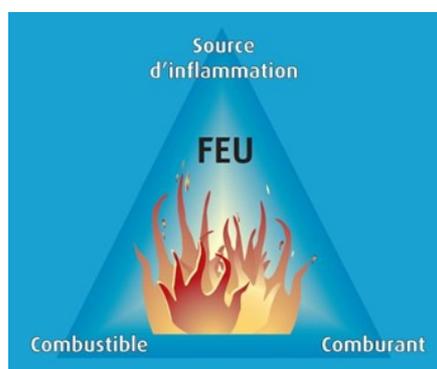
**L'incendie** est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant (combustion) nécessitant une source d'énergie pour initier cette réaction. Ce phénomène prend naissance sous forme d'une flamme de diffusion lorsqu'un jet liquide ou gazeux issu d'une fuite accidentelle s'enflamme au contact d'une source d'inflammation.

Ce risque peut survenir si 3 conditions sont simultanément remplies :

- La présence d'un combustible, d'un matériau inflammable
- La présence d'un comburant (oxygène)

- Une source d'inflammation (source d'énergie nécessaire au démarrage de la combustion (flamme, étincelle...))

Ce phénomène est schématisé par le « triangle du feu ».



**Figure 5 : Triangle du feu (selon INRS)**

Une **explosion** est une combustion quasi instantanée provoquant une déflagration (effet de souffle) accompagnée de flammes et de chaleur. La flamme peut se propager à une vitesse de plusieurs m/s.

L'explosion est le rejet dans l'atmosphère d'un produit inflammable qui, après s'être mélangé avec l'oxygène de l'air ambiant pour former un mélange inflammable, rencontre une source d'inflammation d'énergie suffisante : la source d'inflammation doit présenter une énergie  $\geq$  à l'énergie minimale d'inflammation du mélange considéré ou bien la température doit être  $>$  à la température d'auto-inflammation du fluide.

Ce phénomène dangereux peut survenir en plusieurs endroits selon la localisation du point de fuite :

- Dans le jet lui-même : le fluide frigorigène étant à l'état pur dans le système frigorifique, sa concentration va donc varier de 100% au point de fuite à 0% dans le champ lointain. Entre les deux, il y aura une zone où le champ de concentration sera dans la plage d'explosivité.
- Dans le local : si la fuite survient dans un local et que ce dernier n'est pas bien ventilé, le réfrigérant pourra s'accumuler dans le local et former de nouveau un mélange inflammable.

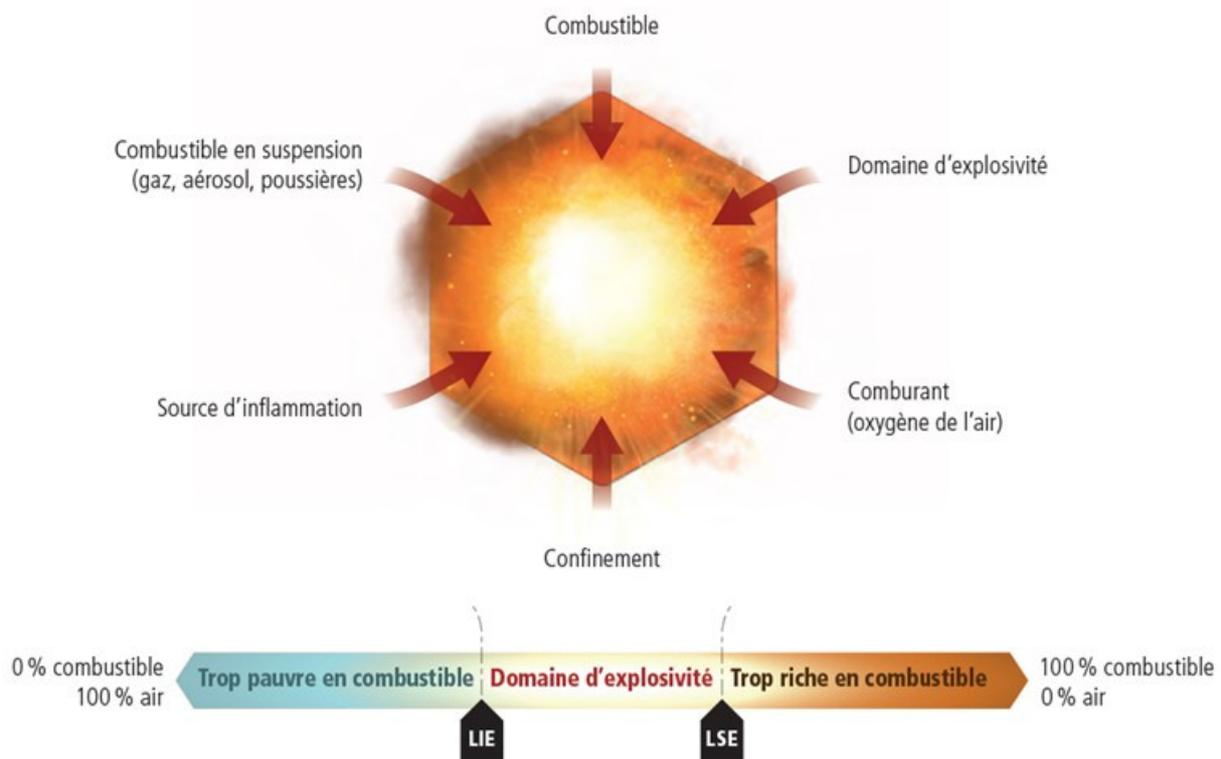
En plus des 3 conditions précédentes nécessaires à la naissance d'un incendie, 3 autres conditions doivent être présentes pour déclencher une explosion :

- Présence d'un combustible
- Etat du combustible en suspension dans l'air sous forme de gaz/vapeur, aérosol, poussière
- Présence d'un comburant (oxygène)
- Présence d'une source d'inflammation
- Concentration du combustible dans son domaine d'inflammabilité (ou explosivité)
- Confinement « suffisant » (local non ou mal ventilé par exemple).

Le domaine d'explosivité est le domaine de concentration du combustible dans l'air, à l'intérieur duquel le mélange est susceptible d'exploser en présence d'une source

d'inflammation. Ce domaine est compris entre la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE), aussi appelées limites d'inflammabilité. Sous la limite inférieure, la présence du combustible dans l'air est trop faible et au-dessus de la limite supérieure, la concentration est trop importante et l'air insuffisant pour que la combustion puisse avoir lieu.

**Plus la limite inférieure d'inflammabilité est élevée et plus il est nécessaire d'avoir une quantité de fluide importante dans l'air ambiant pour déclencher la combustion : les fluides A2L ont une limite inférieure d'inflammabilité supérieure aux fluides A3.**



**Figure 6 : Hexagone de l'explosion (selon INRS – ED6337)**

A ces risques spécifiques à l'inflammabilité du fluide, notons également **le risque d'anoxie**. Ce risque existe pour tous les fluides. Il est lié à une teneur trop faible en oxygène dans un espace confiné lié, notamment, au remplacement de l'oxygène par un autre gaz lors d'une fuite au niveau d'une installation.

## 2. Quels fluides pour quelles applications ?

Indépendamment de la nature du fluide, les principaux fluides inflammables et légèrement inflammables disponibles actuellement sur le marché sont définis ci-après.

Nature du fluides	Classes d'inflammabilité (GWP*)		
	A2L	A2	A3
Fluides hydrocarbures (non soumis à F-Gas)			R-290 (GWP : 3/3) R-600 (GWP : 4/4) R-600a (GWP : 3/3) R-1270 (GWP : 2/2)
HFC (soumis à F-Gas)	R-32 (GWP : 675/677) R-143a (GWP : 4470/4800)	R-152a (GWP : 124/138)	
HFO (non soumis à F-Gas sauf à déclaration)	R-1234yf (GWP : 4/<1) R-1234ze(E) (GWP : 7/<1)		
Mélanges HFC-HFO (soumis à F-Gas)	R-413A (GWP : 2053/1950) R-452B (GWP : 698/676) R-454A (GWP : 239/238) R-454B (GWP : 468/466) R-454C (GWP : 148/146) R-455A (GWP : 148/146) R-457A (GWP : 137/139) R-516A (GWP : 139/131)	R-465A (GWP : 144/143)	

\* : la première valeur du GWP correspond à celle du rapport d'évaluation N°4 du GIEC (AR4) qui est la valeur prise en compte dans le Règlement F-GAS N°517/2014 du 16 avril 2014 ; la seconde valeur correspond à celle du rapport d'évaluation N°5 du GIEC (AR5)

\* GWP : Global Warming Potential. Cette notion donnée dans la NF EN 378 est « équivalente » au « PRP » (Potentiel de Réchauffement Planétaire). Ces « indicateurs » mesurent l'impact d'un fluide sur le réchauffement climatique.

### Figure 7 : Principaux fluides inflammables disponibles

En complément des fluides illustrés en figure précédente, notons le R-717 (ammoniac) qui est classé comme fluide « toxique » (B) et « légèrement inflammable » (2L). Ce fluide inorganique a un GWP nul. En raison de son caractère toxique, ce fluide n'est pas traité dans le cadre de cette étude.

Les hydrocarbures présentent un faible impact environnemental mais se caractérisent par leur haute inflammabilité.

Les fluides HFO (dernière génération de fluides) présentent un faible impact environnemental (proche des fluides naturels) et une inflammabilité « légère ».

Les mélanges constitués de « HFC et HFO » sont destinés à remplacer à plus ou moins long terme les fluides HFC dont certains présentent un impact environnemental important (GWP > 2500). Les fluides HFC classés A2L sont considérés comme des solutions à moyen terme notamment pour la climatisation de confort (GWP < 750).

Le tableau suivant synthétise, pour chaque secteur et solutions techniques, les fluides utilisés depuis quelques années et les fluides frigorigènes inflammables potentiels pour ces prochaines années. La liste de ces fluides n'est pas exhaustive.

Les fluides inflammables mentionnés dans le tableau sont généralement dédiés aux équipements neufs spécialement conçus pour fonctionner de façon optimale avec ces fluides.

En annexe, sont rappelées les caractéristiques thermodynamiques de quelques fluides.

Secteur	Solution technique	Fluides usuels	Exemple de fluides inflammables de remplacement présents sur le marché
Résidentiel	Chauffe-eau thermodynamique	R-410A R-134a	R-290
	Pompe à chaleur air-air, climatisation (split)	R-410A	R-32 R-290
	Pompe à chaleur air-eau	R-410A	R-32 R-454C R-290
	Pompe à chaleur eau-eau	R-410A R-407C	R-32 R-290
	PAC + ECS	R-410A	R-290
Tertiaire et industrie	PAC air-air	R-410A	R-32
	Système DRV, multi-split	R-410A R-407C	R-32 R-452B R-454B
	Roof top	R-410A	R-32
	Groupe eau glacée et PAC (petite et moyenne puissance) (compresseur spiro-orbital)	R-410A	R-32 R-454C R-454B R-455A
	Groupe eau glacée et PAC (forte puissance – compresseur volumétrique à vis)	R-410A R-407C R-134a	R-1234ze R-452B
	Groupe eau glacée et PAC (forte puissance – compresseur centrifuge)	R-134a	R-1234ze
Alimentaire, réfrigération commerciale	Unité de condensation (froid positif)	R-410A R-134a R-404A	R-455A R-454A R-1234ze R-1234yf R-454C Hydrocarbures
	Unité de condensation (froid négatif)	R-410A R-404A R-744	R-455A R-454A R-454C
	Groupes logés	R-290	R-290

**Figure 8 : Fluides actuels et potentiels selon le champ d'application**

### 3. La reconversion d'une installation avec un fluide inflammable

L'objectif d'une opération de reconversion est de garder les éléments coûteux d'une installation (compresseur par exemple), de procéder aux autres changements d'éléments tout en maintenant des performances satisfaisantes. La reconversion d'une installation doit ainsi permettre de prolonger la durée de vie de l'installation en remplaçant son fluide d'origine par un fluide « plus vertueux » mais inflammable.

Cette opération a un sens lorsque les systèmes et puissances mis en jeu sont importants et que ces machines présentent des durées de vie de plusieurs dizaines d'années. En revanche, la problématique de reconversion ne concerne pas vraiment les installations de petite climatisation destinées au résidentiel. En effet, dans ces applications où la fabrication est effectuée en grande série, il est généralement plus intéressant économiquement de changer de systèmes plutôt que de convertir une installation existante.

La possibilité de convertir une installation se pose pour tous les fluides. Elle est beaucoup plus contraignante avec des fluides inflammables.

**La reconversion d'une installation existante avec un fluide légèrement ou hautement inflammable n'est pas encouragée mais n'est pas interdite réglementairement.**

**La prise en compte du caractère inflammable du fluide doit conduire à vérifier la conformité vis-à-vis des directives et règlements liés à la sécurité (équipements sous pression, Machines...). En complément, la compatibilité avec les matériaux est à vérifier et une analyse de risques est à mener.**

## 4. Le contexte réglementaire et normatif

### 4.1. Introduction

Les textes réglementaires et para-réglementaires pouvant s'appliquer aux fluides inflammables peuvent être différents et complémentaires selon le type de bâtiment ou encore la classe d'inflammabilité du fluide.

Le tableau ci-après synthétise quelques textes essentiels en fonction du champ d'application et du type de bâtiment. Ces textes traitent notamment des spécificités de conception (calcul de charge de fluide, mesures de sécurité), d'installation ou encore d'exploitation.

En fonction des fluides, d'autres textes ou normes sont également à considérer, tels que :

- La réglementation F-Gas (règlement européen N°517/2014 du 16 avril 2014) : contrôle d'étanchéité pour certains fluides (HFC purs ou en mélange) ;
- Les directives ATEX (directive 1999/92/CE du 16 décembre 1999 et directive 2014/34/CE du 26 février 2014) et la norme NF EN 60079-10-1 : caractéristiques des appareils selon la zone, détermination de l'étendue de zone de fuite, dispositifs de protection à destination des travailleurs, appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosive ;
- La directive DESP (directive 2014/68/UE du 15 mai 2014), l'arrêté du 20 novembre 2017, le Cahier Technique Professionnel pour le suivi en service des systèmes frigorifiques sous pression du 23 juillet 2020 : groupe de fluides et exigences associées, suivi en service.

L'ensemble de ces textes est décrit dans tout ce chapitre.

	Application de confort					Application réfrigération commerciale et industrielle		
	Résidentiel	ERP- cat 5	ERP – cat 1 à 4	Autres bâtiments (tertiaire-industrie)	IGH	Groupes logés (plug in)	Meubles vente, stockage	Autres (chambres froides, systèmes réfrigération industrielle...)
Documents de référence pour mise en œuvre, calcul de charge, dispositifs de sécurité	NF EN 378	NF EN 378	Arrêté 10 mai 2019 (modification CH35)	NF EN 378	Article GH37	Guide M (Ministère Intérieur)	NF EN 378	NF EN 378
Autres documents possibles	IEC 60335-2-40	IEC 60335-2-40 (selon la tension assignée)		IEC 60335-2-40 (selon la tension assignée)			IEC 60335-2-89	
Application obligatoire des documents de référence pour mise en œuvre, calcul de charge, dispositifs de sécurité	Non	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Non
Utilisation possible de fluides inflammables (A2L, A2, A3)	Oui	Oui	Oui sous conditions (cf. paragraphe 4.6)	Oui	Non	Oui sous conditions (cf. paragraphe 4.9)	Oui	Oui

## 4.2. Quelles obligations en matière de formation ?

L'article L6321-1 du Code du Travail précise les obligations de l'employeur vis-à-vis des actions de formation.

L'employeur doit ainsi veiller à maintenir la capacité du salarié à occuper un emploi au regard des évolutions de l'emploi, des technologies ou des organisations. Les évolutions de fluide avec leurs spécificités entrent dans ces catégories, impliquant ainsi une mise à jour des connaissances et pratiques des opérateurs.

Conformément à l'article L6312-1, l'accès à des actions de formation professionnelle est notamment assuré à l'initiative de l'employeur dans le cadre d'un plan de développement de compétences.

## 4.3. La réglementation F-Gas

Le règlement européen N°517/2014 du 16 avril 2014 relatif aux gaz à effet de serre fluorés définit 3 actions principales:

- La **prévention des fuites de fluide avec notamment un renforcement des contrôles d'étanchéité**
- Le calendrier de **réduction des quantités de gaz à effet de serre**
- Les **interdictions progressives de mise sur le marché**

Les fluides concernés par ces exigences sont les hydrofluorocarbones : par définition, les hydrofluorocarbones représentent les fluides HFC ainsi que les mélanges contenant l'une de ces substances. Les fluides concernés par ces exigences sont des fluides A2L.

Fluides	
R-32 (HFC)	Soumis à la F-Gas
R-452B (mélange HFC-HFO)	
R-454A (mélange HFC-HFO)	
R-454B (mélange HFC-HFO)	
R-454C (mélange HFC-HFO)	
R-455A (mélange HFC-HFO)	
R-1234ze(E) (HFO) R-1234zd(E) (HFO) R-1234yf (HFO) R-1233zd (HFO)	Non soumis à F-Gas sauf à déclaration
R-290 (hydrocarbure)	Non soumis à F-Gas

**Figure 9 : Exemple de fluides soumis ou non à la F-Gas**

Les personnes qui effectuent l'installation, l'entretien, la maintenance, la réparation ou la mise en et hors service des équipements doivent être certifiées pour les fluides concernés.

#### 4.4. Directives Machines et Basse Tension

La « nouvelle approche normative européenne » repose sur l'articulation entre d'une part, la réglementation, qui peut prendre la forme de Directives / Règlement Européen, et d'autre part, certaines normes européennes (dites normes harmonisées) qui viennent en appui de la réglementation.

**Les Directives fixent les exigences essentielles afin d'assurer la sécurité d'un produit vis-à-vis de son utilisation, de son environnement.... Les normes dites harmonisées décrivent les solutions techniques permettant d'atteindre les objectifs de la Directive. Parmi les normes harmonisées avec ces deux directives, notons, entre autres, la norme NF EN 378-2 « Systèmes frigorifiques et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d'environnement – Partie 2 : Conception, construction, essais, marquage et documentation ».**

**Les Directives « Machines » et « Basse Tension » permettent d'encadrer la conception des équipements afin qu'ils ne présentent pas de risque de sécurité électrique ou mécanique.**

La directive basse tension s'applique aux matériels électriques destinés à être employés à une tension nominale comprise entre 50 V et 1000 V en courant alternatif et 75 V à 1500 V en courant continu. Cette directive a été transposée en droit français via le décret N°2015-1083 du 27 août 2015.

La directive Machines s'applique à tout équipement contenant un élément en mouvement.

Selon les champs d'application, les équipements sont soumis à la directive BT ou à la directive Machines. Le respect d'exigences en termes de sécurité, environnement permet aux produits de bénéficier du marquage CE.

**Au titre de ces directives, le fabricant doit fournir une notice d'instructions couvrant toutes les phases de vie du produit (montage, mise en service, maintenance, utilisation). Pour chaque phase, les bonnes pratiques et recommandations par rapport à la prévention des risques sont indiquées.**

L'assemblage sur site d'un système se fera par un professionnel selon les recommandations et documents techniques de chaque élément du système (unités, liaisons frigorifiques...). Cet assemblage sera sous la responsabilité de l'installateur qui apposera le marquage CE.

Les différents composants et installations dédiés pour un fonctionnement avec des fluides inflammables sont spécifiquement conçus pour cette application. Ainsi, la conception est telle que la partie électrique est totalement dissociée de la tuyauterie ou de tout élément où il y a un risque de fuite (soupape de sécurité par exemple). Également, le boîtier électrique est conçu pour éviter toute concentration dangereuse de fluide en cas de fuite.

#### **4.5. Contrôle d'étanchéité pour les fluides non soumis à la F-Gas (hydrocarbures, HFO)**

L'Arrêté du 24 juillet 2020 relatif à l'entretien des **systèmes thermodynamiques dont la puissance nominale est comprise entre 4 kW et 70 KW inclus**, stipule l'obligation d'assurer un entretien des systèmes avec notamment **la réalisation d'un contrôle d'étanchéité du circuit de fluide frigorigène et ce, pour tout fluide frigorigène non concerné par le règlement UE N°517/2014 du 16 avril 2014. Cette exigence d'entretien s'applique donc :**

- **Aux hydrocarbures : R-290, R-600a...**
- **Aux fluides HFO : R-1234ze, R-1234yf...**

A l'issue de la prestation, le professionnel fournit, à titre informatif, des conseils sur le système, sa régulation...mais également sur le fluide frigorigène.

Le premier entretien d'un système thermodynamique est effectué au plus tard deux ans après son installation ou son remplacement. Ainsi, par exemple, le premier entretien des systèmes existants au 1er juillet 2020 est effectué au plus tard le 1er juillet 2022. **La période séparant deux contrôles d'étanchéité (deux entretiens) est  $\leq 2$  ans et ce, quelle que soit la charge de fluide dans l'installation.**

A noter que les systèmes thermodynamiques destinés uniquement à la production d'eau chaude pour un seul logement ne sont pas soumis à ces dispositions.

#### **4.6. Utilisation des fluides frigorigènes inflammables pour les besoins de « confort » dans les Etablissements Recevant du Public (ERP) de catégories 1 à 4**

L'arrêté du 10 mai 2019 modifie les **dispositions relatives à l'utilisation de fluides inflammables dans les établissements recevant du public de catégories 1 à 4**. Cet arrêté, entré en vigueur depuis le 18 mai 2019, vient modifier l'article CH35 de l'arrêté du 25 juin 80 modifié.

**Il autorise l'utilisation de fluides inflammables (A2L, A2 et A3) dans les ERP sous réserve de la mise en œuvre de toutes les mesures suivantes :**

- Pas de raccords démontables sur les tuyauteries sauf pour le raccordement des unités
- Protection des tuyauteries contre tout risque de rupture : installation des tuyauteries à 2m mini du sol ou mise en place d'une protection mécanique
- Diamètre intérieur  $\leq 50$  mm pour les tuyauteries faisant circuler le fluide sous forme liquide
- Tuyauteries métalliques
- Isolation des unités intérieures avec matériau de classe M1 (ou B-s3,d0)
- Etablissement de zone d'exclusion autour des raccords démontables
- Quantité de charge maximale autorisée sauf cas spécifiques.

Toutes ces mesures ne s'appliquent pas pour les équipements hermétiquement scellés faisant l'objet d'un marquage CE.

La **zone d'exclusion** est une zone dans laquelle tout risque d'inflammation doit être évité (afin de pallier un problème éventuel de fuite de fluide au niveau des raccords). Dans cette zone (exprimée en mètres), est interdite toute source d'inflammation : flamme, appareil susceptible de produire une étincelle.... Le rayon de cette zone d'exclusion est défini comme suit. Une distinction est faite selon la classe d'inflammabilité du fluide : 2L, 2 ou 3.

**Pour les installations extérieures, aucune « zone de sécurité » n'est à considérer en présence d'un fluide de type A2L.**

Diamètre intérieur D de la tuyauterie faisant circuler la phase liquide (mm)	Rayon (m)		
	Installations extérieures avec fluides A2 ou A3 (vitesse de propagation flamme > 10 cm/s)	Installations intérieures avec fluides A2L ou A2 (LII ≥ 0.10 kg/m³)	Installations intérieures avec fluides A3 (LII < 0.10 kg/m³)
D ≤ 10	2	1	2
10 < D ≤ 20	4	2	4
20 < D ≤ 50	10	4	10

**Figure 10 : Rayon des zones d'exclusion (m) à considérer à proximité des raccords selon le diamètre de la tuyauterie, la nature de l'installation et du fluide**

La **quantité totale de fluide inflammable** «  $m_{max}$  » circulant dans une installation est limitée afin d'éviter tout risque d'incendie en cas de fuite. Cette quantité est déterminée selon la formule suivante, formule définie également dans la NF EN 378-1.

$$m_{max} = 2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{(1/2)}$$

avec :

LII : limite inférieure d'inflammabilité du fluide (kg/m³)

A : surface du local (m²)

$h_0$  : coefficient lié à la hauteur de l'équipement situé le plus bas dans le local, dont la valeur est égale à :

0.6 pour un emplacement au sol

1.1 pour un montage sur fenêtre (1 selon la NF EN 378-1)

1.8 pour un emplacement au mur

2.2 pour un montage au plafond,

**hauteur du raccordement le plus bas dans le local si celle-ci est supérieure à 2,2 m.**

Aucune restriction de charge n'est imposée dans les deux cas suivants :

- Présence d'une **vanne de fermeture sur le circuit frigorifique** et d'un **système de ventilation asservi à un détecteur pour maintenir une concentration dans le local < limite inférieure inflammabilité** du fluide
- Installation du système dans une **salle des machines équipée** de :
  - o Un dispositif de détection (centrale de détection et deux capteurs) déclenchant l'extraction d'air mécanique et arrêtant la circulation du fluide

- Un extracteur d'air mécanique de catégorie 3 (selon Directive 2014/34/UE) assurant, à l'extraction, une **concentration < limite inférieure d'inflammabilité du fluide**.

L'installation du système est effectuée selon les préconisations du fabricant. **Cette installation sera soumise à l'élaboration d'un document, tenu à disposition des autorités administratives et de toute entreprise intervenant sur l'installation, et regroupant les éléments suivants :**

- Un plan du réseau de canalisations
- Un synoptique de l'installation
- Un calcul détaillé et justifié de la quantité maximale de fluide frigorigène dans le système
- Un plan d'implantation des dispositifs de sécurité (détecteurs, électrovanne, ventilation...)
- Les débits théoriques des ventilations en cas de dépassement de la quantité maximale calculée
- La démonstration de la fiabilité et du calibrage du dispositif de détection et du taux de renouvellement d'air de l'extracteur d'air mécanique
- Un tableau de corrélation des différents dispositifs de sécurité en cas de dépassement de la quantité maximale calculée.

Ce document doit être mis à jour après chaque modification de l'installation ou du local. L'installation est à vérifier annuellement, indépendamment de la charge en fluide. Il est notamment indiqué le résultat de la recherche de fuites (directes ou indirectes). Chaque année, au moins 20% des dispositifs de sécurité et asservissement doivent être vérifiés pour que la totalité de ceux-ci soit vérifiée sur une période de 5 ans.

#### **4.7. Utilisation des fluides frigorigènes inflammables pour les besoins de « confort » dans les Etablissements Recevant du Public (ERP) de catégories 5**

Les exigences relatives aux ERP de catégories 5 sont définies par les articles PE de l'arrêté du 25 juin 80 modifié. Aucune indication ni restriction concernant l'utilisation de fluides inflammables pour des besoins de confort ne sont mentionnées dans ces articles. A défaut, le concepteur, l'installateur, pourront se référer à la NF EN 378, qui reste d'application volontaire.

#### **4.8. Utilisation des fluides frigorigènes inflammables dans les Immeubles de Grande Hauteur (IGH)**

Est considéré comme IGH, tout bâtiment dont le plancher bas du dernier niveau est situé, par rapport au niveau du sol le plus haut utilisable pour les engins de services publics de secours et de lutte contre l'incendie à plus de :

- 50 m pour les immeubles à usage d'habitation
- 28 m pour tous les autres immeubles
- 200 m pour les ITGH (Immeubles de Très Grande Hauteur)

Le règlement de sécurité contre l'incendie dans les ERP a été modifié (article CH 35) pour permettre l'utilisation de fluides inflammables dans ce type de bâtiment (paragraphe précédent). Or, l'article GH 37 relatif à l'arrêté du 30 décembre 2011 portant règlement de sécurité pour la construction des IGH et leur protection contre les risques d'incendie et de panique, renvoie aux dispositions de l'article CH 35.

**A ce jour, la restriction d'emploi des fluides inflammables dans les IGH est maintenue.** Pour éviter toute confusion, l'arrêté du 10 mai 2019 modifiant l'arrêté du 30 décembre 2011 a ainsi modifié l'article GH 37 comme suit :

« seuls sont autorisés...les appareils électriques de production de froid, **n'utilisant pas de fluides frigorigènes inflammables**, conformes à l'article CH35 ».

#### **4.9. Utilisation des fluides frigorigènes inflammables dans les meubles frigorifiques de vente en groupes logés installés dans l'espace public des magasins et centres commerciaux**

L'article CH35 du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP concerne la ventilation de confort et n'est pas applicable au froid alimentaire. Les conditions d'emploi de fluides frigorigènes inflammables (A2L, A2 et A3) dans les **meubles frigorifiques de vente en groupes logés** sont traitées dans le « Guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les magasins de vente et les centres commerciaux » (Ministère de l'Intérieur). Ce guide se réfère notamment à la NF EN 378.

**La maîtrise du risque (inflammation) dans l'environnement du meuble frigorifique est sous la responsabilité de l'exploitant.** Les conditions d'installations, d'exploitations doivent permettre de maîtriser ce risque : pas de source possible d'inflammation, pas de stockage de matière inflammables à proximité.... En complément, **la charge maximale autorisée en fluide frigorigène de classe A2L, A2 et A3 est celle préconisée dans la NF EN 378-1 pour les fluides A3. Elle est particulièrement contraignante pour les fluides 2L et 2.** La charge doit respecter les deux conditions suivantes :

- Charge par circuit [en kg] < 20% de la LII × volume de la salle
- Charge par circuit < 1,5 kg si le circuit est en RdC ou étages et 1 kg si le circuit est en sous-sol accessible au public.

Exemple :

Type de bâtiment	Nature du fluide (et LII kg/m <sup>3</sup> )	Charge maximale autorisée (kg)
Magasin de 2000 m <sup>3</sup> en RdC	R-290 (0.038 kg/m <sup>3</sup> )	1.5 kg
	R-32 (0.307 kg/m <sup>3</sup> )	
	R-455A (0.431 kg/m <sup>3</sup> )	

## 4.10. La NF EN 378 « Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d’environnement »

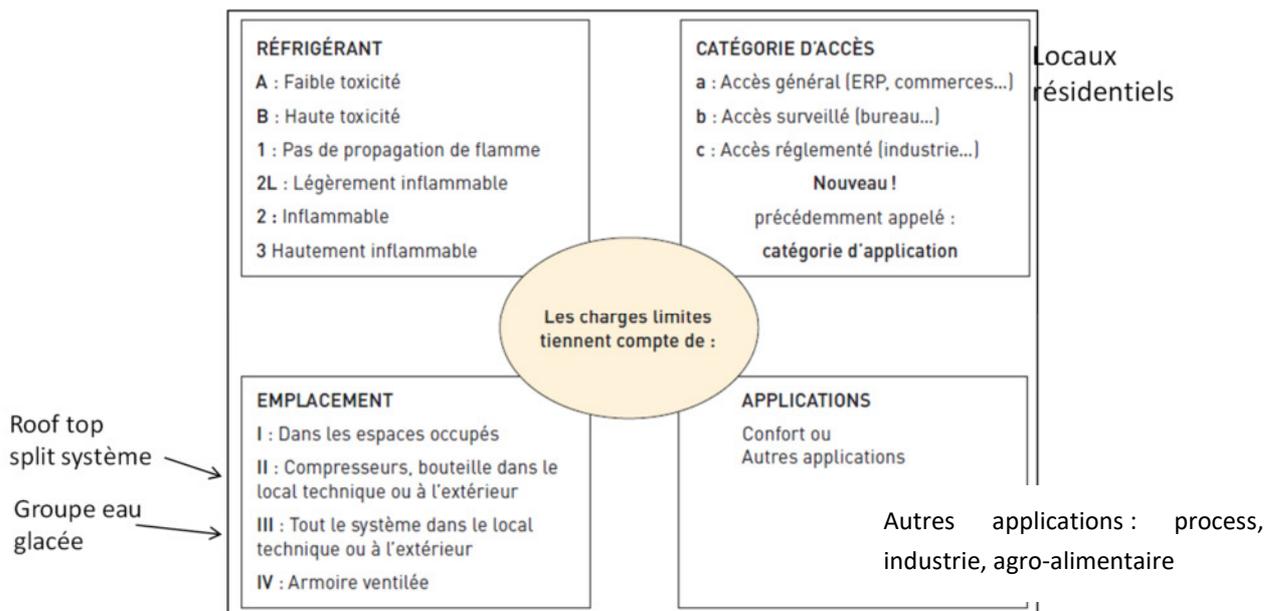
### 4.10.1. Généralités

La NF EN 318 est une norme à visée environnementale et de sécurité. **Elle vise à réduire les dangers possibles des systèmes frigorifiques pour les personnes (installateurs, utilisateurs et techniciens), les biens et l’environnement.** Elle se décompose selon 4 parties :

- NF EN 378-1 : Exigences de base, définitions, classification et critères de choix
- **NF EN 378-2 (norme harmonisée avec les Directives Machines, BT et DESP) :** Conception, construction, essais, marquage et documentation
- NF EN 378-3 : Installation in situ et protection des personnes
- NF EN 378-4 : Fonctionnement, maintenance, réparation et récupération

A noter que cette norme n’est pas d’application obligatoire. Toutefois, elle définit des règles professionnelles largement suivies par la profession et exigées par les bureaux de contrôle. Cette norme, version 2017, apporte des éléments complémentaires par rapport à la version précédente, notamment concernant l’ajout d’une nouvelle catégorie de fluide (A2L) ou encore les limites de charge de fluide.

En cas d’incident, la quantité de fluide dans un système frigorifique est déterminante. C’est pour cela que des restrictions de charge sont prévues en fonction notamment de la combinaison entre tous les critères mentionnés dans le tableau suivant. L’objectif étant d’éviter une accumulation de concentration pouvant entraîner des risques d’incendie et d’explosion.



**Figure 11 : Contraintes des charges limites**

La détermination de la charge limite à considérer est fonction des caractéristiques de toxicité et d'inflammabilité du fluide selon le schéma suivant.

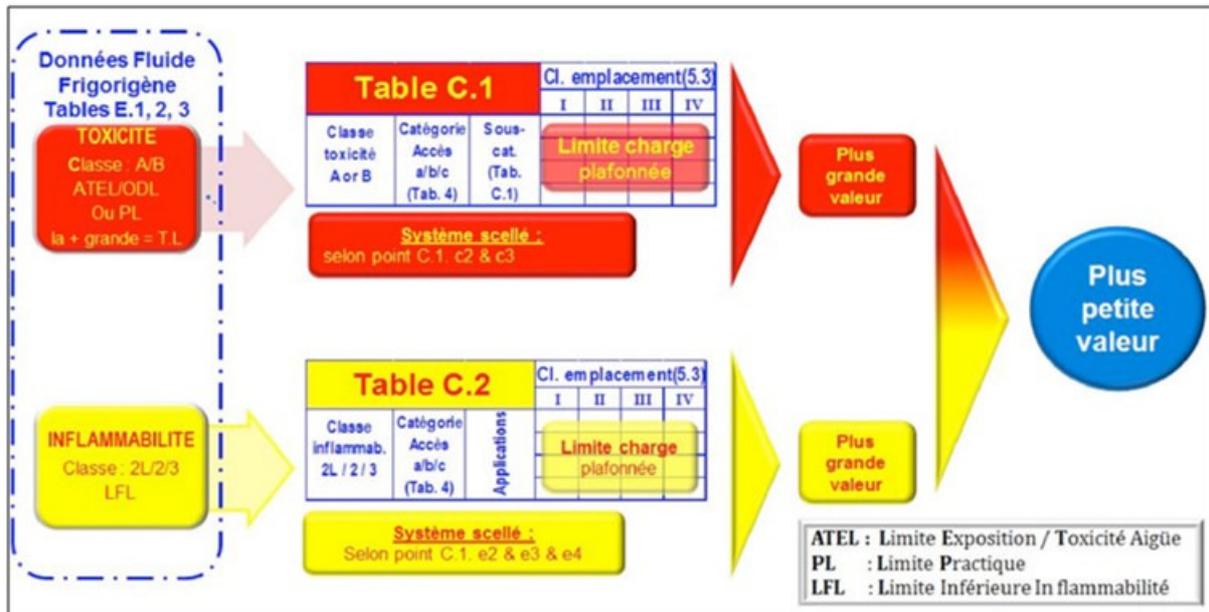


Figure 12 : Synthèse pour définir la charge limite de fluide (selon NF EN 378-1)

#### 4.10.2. Détermination des charges limites de fluide frigorigène

Pour les fluides inflammables A2L, A2 et A3, **la charge limite retenue est déterminée par rapport à son inflammabilité** (et non sa toxicité).

**Il n'y a aucune restriction de charge pour les systèmes frigorifiques situés en classe III (salle des machines ou air libre) avec un fluide classé 2L ou 2.**

Par exemple, un groupe d'eau glacée au HFO 1234ze installé en terrasse (air libre) et alimentant un bâtiment de bureaux n'est soumis à aucune limite de charge de fluide.

**En revanche, un système frigorifique alimenté en fluide « 2L » ou « 2 » et implanté en classe II (compresseur en extérieur et autres éléments en espace occupé) (split, roof top par exemple) sera soumis à une limite de charge.**

Les catégories d'accès, divisées en trois groupes se caractérisent comme suit.

Catégorie accès	Descriptif	Exemples
Accès général « a »	Bâtiments, parties de bâtiments avec nombre incontrôlé de personnes. Accès libre à toutes personnes n'ayant pas nécessairement une connaissance des mesures de sécurité. Lieux recevant du public	Habitations Etablissements scolaires Supermarchés, espaces de vente Théâtres, salles de réunions Hôtels Restaurants
Accès surveillé « b »	Bâtiments, parties de bâtiments avec nombre limité de personnes pouvant se rassembler et dont certaines connaissent les dispositions de sécurité	Locaux professionnels (bureaux) Laboratoire « général » Chambre froide (si occupation pendant période significative)
Accès restreint « c »	Bâtiments, parties de bâtiments où l'accès est limité uniquement aux personnes autorisées connaissant les dispositions de sécurité	Zones des supermarchés non accessibles au public Locaux de fabrication alimentaire, pharmaceutique, Entrepôts frigorifiques, Salles des machines (occupées pendant périodes prolongées pour maintenance)

Le tableau ci-après synthétise les configurations.

Fluide	Catégorie accès	Restriction sur la masse de fluide selon emplacement système		
		I (système dans espace occupé)	II (compresseur en extérieur ou local technique)	III (système complet en extérieur ou local technique)
A2L	Accès général	Oui	Oui Oui sauf si faible densité pour « autre application » (< 1 personne par 10 m <sup>2</sup> )	Non
	Accès surveillé			
	Accès réglementé			
A2	Accès général	Oui	Oui	Non
	Accès surveillé			
	Accès réglementé			
A3	Accès général	Oui	Oui	Oui (5 kg max) (application confort)
	Accès surveillé			Oui (10 kg max) (application confort)
	Accès réglementé			Non (application confort)

**Figure 13 : Synthèse des configurations**

Pour une **application de confort**, les exigences à considérer pour le **calcul de charge limite** font intervenir 3 critères :

- la **LII (Limité Inférieure d'Inflammabilité) du fluide**
- la **surface de la pièce (A en m<sup>2</sup>)**
- la **hauteur d'installation de l'appareil** définie via un coefficient de hauteur « h<sub>0</sub> » :
  - o h<sub>0</sub> : 0,6 (pour emplacement au sol)
  - o h<sub>0</sub> : 1 (pour montage sur fenêtre)

- $h_0$  : 1,8 (pour montage au mur)
- $h_0$  : 2,2 (pour montage au plafond)

**Pour les fluides A2L (classe emplacement I et II) de quantité  $\leq$  à «  $1,5 \times 4 \times LII$  », il n'existe aucune exigence particulière concernant la surface du local ou encore l'emplacement de l'unité intérieure.** La charge maximale à considérer sans exigence particulière est rappelée ci-après pour quelques fluides.

Charge maximale de fluide sans exigence (=1,5 x 4 x LII) (kg)				
R-32 (LII : 0.307 kg/m <sup>3</sup> )	R-452B (LII : 0.309 kg/m <sup>3</sup> )	R-1234yf (LII : 0.289 kg/m <sup>3</sup> )	R-1234ze(E) (LII : 0.303 kg/m <sup>3</sup> )	R-455A (LII : 0.431 kg/m <sup>3</sup> )
1.84	1.85	1.73	1.81	2.58

**Figure 14 : Charge maximale de fluide sans exigence spécifique**

**Charge d'un système frigorifique en fluide A2L - application de confort - emplacement I (espace occupé) – catégorie accès : a, b, c**

Système frigorifique avec fluide A2L (application de confort) – emplacement I (espace occupé) – catégories accès : a, b, c		
Général	Exemples	Exigences
Charge $\leq 1.5 \times 4 \times LII$	Charge R-32 $\leq 1.84$ kg Charge R-455A $\leq 2.58$ kg	Pas d'exigence spécifique
$1.5 \times 4 \times LII < \text{charge} \leq 1.5 \times 26 \times LII$	$1.84 < \text{Charge R-32} \leq 11.9$ kg $2.58 < \text{Charge R-455A} \leq 16.8$ kg	Charge max selon (LII, Surface local A et hauteur de l'appareil $h_0$ ) $2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{1/2}$ $h_0$ : 4 valeurs possibles uniquement (0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2)
Charge $> 1.5 \times 26 \times LII$	Charge R-32 $> 11.9$ kg Charge R-455A $> 16.8$ kg	Non autorisé

**Charge d'un système frigorifique en fluide A2L - application de confort - emplacement II - catégorie accès : a, b, c**

**Pour un fluide A2L – emplacement du système II**, il est possible de dépasser la charge maximale relative à l'inflammabilité (formule liée à LII, A,  $h_0$ ) moyennant le respect de quelques conditions parmi lesquelles :

- une charge maximale égale à «  $1.5 \times 130 \times LII$  » (59 kg de R-32, 84 kg de R-455A)
- un emplacement du système en classe II
- un système avec joint non démontable dans l'espace occupé (à l'exception des joints reliant directement l'unité intérieure à la tuyauterie)
- une protection des parties intérieures contenant du fluide frigorigène.

Dans ce cas-là, il est considéré les valeurs suivantes ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) ; la concentration limite avec ventilation minimale (QLMV) et la concentration limite avec ventilation supplémentaire (QLAV). Les valeurs « RCL », « QLMV » et « QLAV » sont définies ci-après.

Valeurs	Caractéristiques
RCL (Limite de concentration du fluide) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Concentration maximale de fluide dans l'air pour réduire les risques d'inflammation
QLMV (Quantité limite avec ventilation minimale) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Densité de charge qui aboutirait à une concentration égale à RCL en cas de fuite modérément sévère
QLAV (Quantité limite avec ventilation supplémentaire) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Densité de charge de fluide qui peut entraîner une situation dangereuse

**Système frigorifique avec fluide A2L (application de confort) – emplacement II (compresseur à l'extérieur) – catégories accès : a, b, c**

Détermination calcul de charge	Général	Exemples	Exigences
Limite de charge selon inflammabilité (C2 de la NF EN 378-1)	Charge $\leq 1.5 \times 4 \times \text{LII}$	Charge R-32 $\leq 1.84$ kg Charge R-455A $\leq 2.58$ kg	Pas d'exigence spécifique
	$1.5 \times 4 \times \text{LII} < \text{charge} \leq 1.5 \times 26 \times \text{LII}$	$1.84 < \text{Charge R-32} \leq 11.9$ kg $2.58 < \text{Charge R-455A} \leq 16.8$ kg	Charge max selon (LII, Surface local A et hauteur de l'appareil $h_0$ ) $2.5 \times \text{LII}^{(5/4)} \times h_0 \times A^{1/2}$ $h_0$ : 4 valeurs possibles uniquement (0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2)
	Charge $> 1.5 \times 26 \times \text{LII}$	Charge R-32 $> 11.9$ kg Charge R-455A $> 16.8$ kg	Non autorisé
Autre solution : limite de charge selon quantité limite de fluide avec ventilation (C3 de la NF EN 378-1)  Tout étage sauf étage le plus bas en sous-sol	(Charge totale/volume salle) $\leq \text{QLMV}$ et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	(Charge R-32/volume) $\leq 0.063$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  (Charge R-455A/volume) $\leq 0.092$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Pas d'exigence complémentaire
	$\text{QLMV} < (\text{Charge totale/volume salle}) \leq \text{QLAV}$ et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	$0.063 < \text{Charge R-32/volume} \leq 0.15$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  $0.092 < \text{Charge R-455A/volume} \leq 0.216$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Au moins 1 mesure de sécurité à appliquer : Ventilation continue ou asservie à détecteur, vannes isolement asservies à détecteur, alarme asservie à détecteur (action détecteur pour niveau $\leq 25\%$ LII) ( $< \text{QLMV}$ )
	(Charge totale/volume salle) $> \text{QLAV}$ et Charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	(Charge R-32/volume) $> 0.15$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  (Charge R-455A/volume) $> 0.216$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Au moins 2 mesures complémentaires à appliquer : Ventilation continue ou asservie à détecteur, vannes isolement asservies à détecteur, alarme asservie à détecteur (action détecteur pour niveau $\leq 25\%$ LII)
Autre solution : limite de charge selon quantité limite de fluide avec ventilation (C3 de la NF EN 378-1) :  Occupation de l'étage le plus bas en sous-sol	(Charge totale/volume salle) $\leq \text{RCL}$ et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	(Charge R-32/volume) $\leq 0.061$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  (Charge R-455A/volume) $\leq 0.086$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Pas d'exigence complémentaire
	$\text{RCL} < (\text{Charge totale/volume salle}) \leq \text{QLMV}$ et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	$0.061 < \text{Charge R-32/volume} \leq 0.063$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  $0.086 < \text{Charge R-455A/volume} \leq 0.092$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Au moins 1 mesure complémentaire à appliquer : Ventilation vannes isolement, alarme, détecteur (concentration $< \text{RCL}$ )
	$\text{QLMV} < (\text{Charge totale/volume salle}) \leq \text{QLAV}$ et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	$0.063 < \text{Charge R-32/volume} \leq 0.15$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg	Au moins 2 mesures complémentaires à appliquer : Ventilation vannes isolement, alarme, détecteur

		0.092 < Charge R-455A/volume ≤ 0.216 kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A ≤ 84kg	
Limite de charge	Charge > 1.5x130xLII	Charge R-32 > 59 kg Charge R-455A > 84 kg	Non autorisé

### Exemple :

Soit un mono split desservant **une chambre d'hôtel de surface « A » : 30 m<sup>2</sup>**. En considérant les critères « LII », « A », la charge maximale autorisée, pour quelques fluides et hauteurs disponibles, est définie ci-dessous, selon la formule  $2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{1/2}$  :

Hauteur installation split	Charge maximale en fluide selon installation de l'appareil (surface chambre A : 30 m <sup>2</sup> )	
	R-32 (A2L)	R-455A (A2L)
Sol (h <sub>0</sub> : 0,6)	1.8	2.9
Fenêtre (h <sub>0</sub> : 1)	3.1	4.8
Mur (h <sub>0</sub> : 1,8)	5.6	8.6
Plafond (h <sub>0</sub> : 2,2)	6.8	10.5

**Figure 15 : Exemple de charge limite pour un split desservant une chambre**

**La charge maximale possible (et donc la puissance délivrée) est d'autant plus importante que l'appareil est placé en hauteur.** Également, plus la surface de la pièce est importante et plus la charge maximale de fluide peut être importante. Dans tous les cas, la charge maximale qui peut être mise en place selon ces conditions est égale à « 1.5 x 26 x LII » : 11,9 kg (R-32) et 16,8kg (R-455A).

En considérant les critères « volume local » et « ventilation », **la charge limite à considérer pour un appareil au R-32 dans la chambre d'hôtel de volume 90 m<sup>3</sup>** (surface de 30 m<sup>2</sup>) serait égale à 5,6 kg.

Des conditions de sécurité seraient nécessaires pour avoir une charge de fluide R-32 :

5.6 < charge fluide ≤ 13.5 kg (1 mesure de sécurité)

13 < Charge fluide > 13.5 kg (et ≤ 59 kg) (2 mesures de sécurité).

**Plus le volume du local est important, plus le phénomène de dilution d'une éventuelle fuite de fluide est important et donc plus la charge possible sera importante.**

**Charge d'un système frigorifique en fluide A2L – autres applications - emplacement I (espace occupé) - catégorie accès : a, b, c**

<b>Système frigorifique avec fluide A2L (autres applications) – emplacement I (espace occupé) – catégories accès : a, b, c</b>		
<b>Général</b>	<b>Exemples</b>	<b>Exigences</b>
Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 1.5 \times 26 \times \text{LII}$	Charge R-32 $\leq 0.061 \times \text{Volume salle}$ et $\leq 11.9$ kg Charge R-455A $\leq 0.086 \times \text{Volume salle}$ et $\leq 16.8$ kg	Pas d'exigence spécifique
Pour application avec faible densité de personnes ( $< 1 \text{ pers}/10 \text{ m}^2$ ) Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 50$ kg	Charge R-32 $\leq 0.061 \times \text{Volume salle}$ et $\leq 50$ kg Charge R-455A $\leq 0.086 \times \text{Volume salle}$ et $\leq 50$ kg	Pas d'exigence spécifique

**Charge d'un système frigorifique en fluide A2L – autres applications - emplacement II - catégorie accès : a**

<b>Système frigorifique avec fluide A2L (autres applications) – emplacement II (compresseur à l'extérieur) – catégories accès : a (accès général)</b>			
<b>Détermination calcul de charge</b>	<b>Général</b>	<b>Exemples</b>	<b>Exigences</b>
Limite de charge selon inflammabilité	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 1.5 \times 26 \times \text{LII}$	Charge R-32 $\leq 0.061 \times \text{Volume salle}$ et $\leq 11.9 \text{ kg}$  Charge R-455A $\leq 0.086 \times \text{Volume salle}$ et $\leq 16.8 \text{ kg}$	Pas d'exigence complémentaire
Autre solution : limite de charge selon quantité limite de fluide avec ventilation (C3 de la NF EN 378-1)	(Charge totale/volume salle) $\leq \text{QLMV}$ et $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	(Charge R-32/volume) $\leq 0.063 \text{ kg/m}^3$ et charge R-32 $\leq 59 \text{ kg}$  (Charge R-455A/volume) $\leq 0.092 \text{ kg/m}^3$ et charge R-455A $\leq 84 \text{ kg}$	Pas d'exigence complémentaire
Tout étage sauf étage le plus bas en sous-sol	QLMV < (Charge totale/volume salle) $\leq \text{QLAV}$ et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	$0.063 < \text{Charge R-32/volume} \leq 0.15 \text{ kg/m}^3$ et charge R-32 $\leq 59 \text{ kg}$  $0.092 < \text{Charge R-455A/volume} \leq 0.216 \text{ kg/m}^3$ et charge R-455A $\leq 84 \text{ kg}$	Au moins 1 mesure de sécurité complémentaire à appliquer : Ventilation continue ou asservie à détecteur, vannes isolement asservies à détecteur, alarme asservie à détecteur (action détecteur pour niveau $\leq 25\%$ LII) (concentration < QLMV)
	(Charge totale/volume salle) > QLAV et Charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	(Charge R-32/volume) > $0.15 \text{ kg/m}^3$ et charge R-32 $\leq 59 \text{ kg}$  (Charge R-455A/volume) > $0.216 \text{ kg/m}^3$ et charge R-455A $\leq 84 \text{ kg}$	Au moins 2 mesures complémentaires à appliquer : Ventilation continue ou asservie à détecteur, vannes isolement asservies à détecteur, alarme asservie à détecteur (action détecteur pour niveau $\leq 25\%$ LII)
Autre solution : limite de charge selon quantité limite de fluide avec ventilation (C3 de la NF EN 378-1) :	(Charge totale/volume salle) $\leq \text{RCL}$ Et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	(Charge R-32/volume) $\leq 0.061 \text{ kg/m}^3$ et charge R-32 $\leq 59 \text{ kg}$  (Charge R-455A/volume) $\leq 0.086 \text{ kg/m}^3$ et charge R-455A $\leq 84 \text{ kg}$	Pas d'exigence complémentaire
Occupation de l'étage le plus bas en sous-sol	RCL < (Charge totale/volume salle) $\leq \text{QLMV}$ Et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	$0.061 < \text{Charge R-32/volume} \leq 0.063 \text{ kg/m}^3$ et charge R-32 $\leq 59 \text{ kg}$  $0.086 < \text{Charge R-455A/volume} \leq 0.092 \text{ kg/m}^3$ et charge R-455A $\leq 84 \text{ kg}$	Au moins 1 mesure complémentaire à appliquer : Ventilation vannes isolement, alarme, détecteur (concentration < RCL)
	QLMV < (Charge totale/volume salle) $\leq \text{QLAV}$ Et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	$0.063 < \text{Charge R-32/volume} \leq 0.15 \text{ kg/m}^3$ et charge R-32 $\leq 59 \text{ kg}$  $0.092 < \text{Charge R-455A/volume} \leq 0.216 \text{ kg/m}^3$ et charge R-455A $\leq 84 \text{ kg}$	Au moins 2 mesures complémentaires à appliquer : Ventilation vannes isolement, alarme, détecteur



**Charge d'un système frigorifique en fluide A2L – autres applications - emplacement II - catégorie accès : b, c**

<b>Système frigorifique avec fluide A2L (autres applications) – emplacement II (compresseur à l'extérieur) – catégories accès : b, c (accès surveillé, accès restreint)</b>			
<b>Détermination calcul de charge</b>	<b>Général</b>	<b>Exemples</b>	<b>Exigences</b>
Limite de charge selon inflammabilité	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 25$ kg (pour tout fluide A2L)	Charge R-32 $\leq 0.061$ x Volume salle et $\leq 25$ kg  Charge R-455A $\leq 0.086$ x Volume salle et $\leq 25$ kg	Pas d'exigence complémentaire
Autre solution : limite de charge selon quantité limite de fluide avec ventilation (C3 de la NF EN 378-1)  Tout étage sauf étage le plus bas en sous-sol	(Charge totale/volume salle) $\leq$ QLMV et $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	(Charge R-32/volume) $\leq 0.063$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  (Charge R-455A/volume) $\leq 0.092$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Pas d'exigence complémentaire
	QLMV < (Charge totale/volume salle) $\leq$ QLAV et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	$0.063 < \text{Charge R-32/volume} \leq 0.15$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  $0.092 < \text{Charge R-455A/volume} \leq 0.216$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Au moins 1 mesure de sécurité complémentaire à appliquer : Ventilation continue ou asservie à détecteur, vannes isolement asservies à détecteur, alarme asservie à détecteur (action détecteur pour niveau $\leq 25\%$ LII)
	(Charge totale/volume salle) > QLAV et Charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	(Charge R-32/volume) > $0.15$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  (Charge R-455A/volume) > $0.216$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Au moins 2 mesures complémentaires à appliquer : Ventilation continue ou asservie à détecteur, vannes isolement asservies à détecteur, alarme asservie à détecteur (action détecteur pour niveau $\leq 25\%$ LII)
Autre solution : limite de charge selon quantité limite de fluide avec ventilation (C3 de la NF EN 378-1) :  Occupation de l'étage le plus bas en sous-sol	(Charge totale/volume salle) $\leq$ RCL Et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	(Charge R-32/volume) $\leq 0.061$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  (Charge R-455A/volume) $\leq 0.086$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Pas d'exigence complémentaire
	RCL < (Charge totale/volume salle) $\leq$ QLMV Et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	$0.061 < \text{Charge R-32/volume} \leq 0.063$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  $0.086 < \text{Charge R-455A/volume} \leq 0.092$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Au moins 1 mesure complémentaire à appliquer : Ventilation vannes isolement, alarme, détecteur
	QLMV < (Charge totale/volume salle) $\leq$ QLAV Et charge $\leq 1.5 \times 130 \times \text{LII}$	$0.063 < \text{Charge R-32/volume} \leq 0.15$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-32 $\leq 59$ kg  $0.092 < \text{Charge R-455A/volume} \leq 0.216$ kg/m <sup>3</sup> et charge R-455A $\leq 84$ kg	Au moins 2 mesures complémentaires à appliquer : Ventilation vannes isolement, alarme, détecteur

**Exemple :**

Soit un groupe de condensation relié à l'évaporateur d'une chambre froide de volume 150 m<sup>3</sup> (emplacement II, catégorie accès : b). La charge limite à considérer selon le critère inflammabilité est égale à :

12.9 kg de fluide R-455A

8.5 kg de fluide R-454C

9 kg de R-1234ze

**Dans une zone à accès restreint (accès « c ») et pour une application autre que le confort, il n'y a pas de restriction de charge lorsque le système frigorifique est en emplacement II et que la densité de personne dans le local est faible (< 1 personne/10m<sup>2</sup>).**

Quelle que soit la mesure de sécurité adoptée, **le détecteur de fluide doit permettre, pour une valeur  $\leq 25\%$  LII, d'activer au choix, une alarme, un système de ventilation mécanique ou les vannes d'isolement du circuit.**

Également, pour assurer la dilution du fluide en cas de fuite au niveau de l'unité intérieure installée à une hauteur < 1.8m dans un « espace occupé », il est à prévoir un ventilateur, circulateur ou autre système fonctionnant en continu ou asservi à un détecteur.

**Charge d'un système frigorifique en fluide A2L ou A2 – application confort et autres - emplacement III - catégorie accès : b, c**

<b>Système frigorifique avec fluide A2L ou A2 – applications « confort » et « autres applications » catégories accès : a, b, c</b>	
<b>Emplacement III : salle des machines</b>	<b>Emplacement III : air libre</b>
Aucune restriction de charge	Aucune restriction de charge
Si charge de fluide > limite pratique, nécessité d'avoir une porte sur l'extérieur (ou dans pièce spécifique avec porte étanche à fermeture automatique)	Mesures de prévention pour empêcher toute fuite de fluide d'entrer ou stagner dans le bâtiment
Température de surfaces chaudes maximale ≤ Température auto-inflammation – 100 [K]	Si problème de stagnation de fluide en dessous du niveau du sol, disposer d'un système de détection de fluide, d'alarme, ventilation
	S'assurer qu'aucune source d'inflammation ne soit présente dans la zone où le fluide peut s'accumuler

**Charge d'un système frigorifique en fluide A2 – application de confort – emplacements I et II - catégorie accès : a, b, c**

<b>Système frigorifique avec fluide A2 – application « confort » - emplacements I et II – catégories accès : a, b, c</b>		
<b>Général</b>	<b>Exemples</b>	<b>Exigences</b>
Charge ≤ 4xLII	Charge R-152a ≤ 0.520 kg	Pas d'exigence spécifique
4xLII < charge ≤ 26xLII	0.52 < Charge R-152a ≤ 3.38 kg	Charge max selon (LII, Surface local A et hauteur de l'appareil h <sub>0</sub> ) $2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{1/2}$ h <sub>0</sub> : 4 valeurs possibles uniquement (0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2)
Charge > 26xLII	Charge R-152a > 3.38 kg	Non autorisé

**Charge d'un système frigorifique en fluide A2 – autres applications – emplacements I et II - catégorie accès : a, b, c**

Système frigorifique avec fluide A2 - Autres applications – emplacements I et II – catégories accès : a, b, c			
Détermination selon catégorie accès	Général	Exemples	Exigences
Catégories accès : a et b (accès général et surveillé)	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 26 \times \text{LII}$	Charge R-152a $\leq 0.026 \times \text{Volume salle}$ et $\leq 3.38 \text{ kg}$	Pas d'exigence complémentaire
Catégorie accès « c » (accès restreint) Au-dessous du niveau du sol	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 26 \times \text{LII}$	Charge R-152a $\leq 0.026 \times \text{Volume salle}$ et $\leq 3.38 \text{ kg}$	Pas d'exigence complémentaire
Catégories accès « c » (accès restreint) Au-dessus du niveau du sol	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 10 \text{ kg}$ (emplacement I)  Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 25 \text{ kg}$ (emplacement II)	Charge R-152a $\leq 0.026 \times \text{Volume salle}$ et $\leq 10 \text{ kg}$ (I) ou $25 \text{ kg}$ (II)	Pas d'exigence complémentaire

**Charge d'un système frigorifique en fluide A3 – application de confort – emplacements I et II - catégorie accès : a, b, c**

Système frigorifique avec fluide A3 – application « confort » - emplacements I et II – catégories accès : a, b, c		
Général	Exemples	Exigences
Charge $\leq 4 \times \text{LII}$	Charge R-290 $\leq 0.152 \text{ kg}$	Pas d'exigence spécifique
$4 \times \text{LII} < \text{charge} \leq \text{max}(26 \times \text{LII} ; 1.5 \text{ kg})$	$0.152 < \text{Charge R-290} \leq 1.5 \text{ kg}$	Charge max selon (LII, Surface local A et hauteur de l'appareil $h_0$ ) $2.5 \times \text{LII}^{(5/4)} \times h_0 \times A^{1/2}$ $h_0$ : 4 valeurs possibles uniquement (0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2)
Charge $> \text{max}(26 \times \text{LII} ; 1.5 \text{ kg})$	Charge R-290 $> 1.5 \text{ kg}$	Non autorisé

**Exemple :**

Soit un mono split desservant une chambre d'hôtel de surface  $30 \text{ m}^2$ . La charge maximale autorisée est définie ci-dessous, selon la formule  $2.5 \times \text{LII}^{(5/4)} \times h_0 \times A^{1/2}$  :

Hauteur installation split	Charge maximale en fluide R-290 selon installation de l'appareil (surface « A » : $30 \text{ m}^2$ )
Sol ( $h_0$ : 0,6)	0.138
Fenêtre ( $h_0$ : 1)	0.230
Mur ( $h_0$ : 1,8)	0.414
Plafond ( $h_0$ : 2,2)	0.505

**Figure 16 : Exemple de charge limite pour un split desservant une chambre**

Pour une installation chargée avec 400 g de fluide R-290, la surface minimale de la salle est définie selon la hauteur d'installation de l'équipement comme suit :

253 m<sup>2</sup> pour une hauteur d'installation à 0.6 m

91 m<sup>2</sup> pour une hauteur d'installation à 1 m

28 m<sup>2</sup> pour une hauteur d'installation à 1.8 m

19 m<sup>2</sup> pour une hauteur d'installation à 2.2 m

**Charge d'un système frigorifique en fluide A3 – autres applications – emplacements I et II - catégorie accès : a, b, c**

Système frigorifique avec fluide A3 – Autres applications - emplacements I et II – catégories accès : a, b, c				
Catégorie accès		Général	Exemples	Exigences
Catégories accès : a (accès général)	Au-dessous du niveau du sol	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 1\text{kg}$	Charge R-290 $\leq 0.0076$ x volume salle et $\leq 1\text{kg}$	Systèmes scellés
	Au-dessus du niveau du sol	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 1.5\text{kg}$	Charge R-290 $\leq 0.0076$ x volume salle et $\leq 1.5\text{kg}$	
Catégories accès : b (accès surveillé)	Au-dessous du niveau du sol	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 1\text{kg}$	Charge R-290 $\leq 0.0076$ x volume salle et $\leq 1\text{kg}$	
	Au-dessus du niveau du sol	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 2.5\text{kg}$	Charge R-290 $\leq 0.0076$ x volume salle et $\leq 2.5\text{kg}$	
Catégories accès : c (accès restreint)	Au-dessous du niveau du sol	Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 1\text{kg}$	Charge R-290 $\leq 0.0076$ x volume salle et $\leq 1\text{kg}$	
	Au-dessus du niveau du sol	Emplacement I : Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 10\text{kg}$  Emplacement II : Charge $\leq 20\%$ LII x volume salle et $\leq 25\text{kg}$	Charge R-290 $\leq 0.0076$ x volume salle et $\leq 10\text{kg}$ (I) ou $25\text{kg}$ (II)	

Pour **les systèmes scellés chargés avec un fluide inflammable**, il existe une charge limite maxi en dessous de laquelle, il n'y a pas d'exigence particulière notamment par rapport à la surface du local et l'emplacement de l'appareil.

Fluide	R-32 (A2L)	R-1234yf (A2L)	R-452B (A2L)	R-455A (A2L)	R-290 (A3)
Limite inférieure inflammabilité (LII) (kg/m <sup>3</sup> )	0.307	0.289	0.309	0.431	0.038
Charge maxi (kg)	1.8	1.7	1.8	2.5	0.15

**Figure 17 : Charge maximale sans condition de superficie minimale de la pièce (système scellé)**

#### 4.10.3. Analyse des exigences relatives à la NF EN 378-2

La norme NF EN 378-2 « Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d’environnement : Conception, construction, essais, marquage et documentation » est une norme harmonisée au titre des Directives « Machines », « Basse Tension » (et « DESP »). Elle vient en soutien de ces directives ; en établissant des spécifications techniques considérées comme adaptées et suffisantes pour respecter la législation européenne. L’application de la NF EN 378-2 (application non obligatoire) permet de donner présomption de conformité aux exigences essentielles de ces Directives.

Sont récapitulées ci-après les exigences spécifiques relatives à l’utilisation de fluides inflammables.

Points particuliers	Type de fluide concerné	Exigences - précisions
Tuyauterie/raccord	A2, A3	Système à éléments séparés : joint non démontable en espace occupé sauf pour raccordement direct aux unités intérieures.
Installation tuyauterie	A2L, A2, A3	Evacuation du fluide du système pendant opération de brasage ou soudage
Dispositif de protection	A2L	Pour systèmes avec charge < 30 kg : un limiteur de pression est suffisant (vérifier que réarmement auto n’engendre pas de risque accru). Sinon, pressostat requis pour chaque compresseur.
	A2, A3	Systèmes avec charge < 5 kg : un limiteur de pression est suffisant (vérifier que réarmement auto n’engendre pas de risque accru). Sinon, pressostat requis pour chaque compresseur.
Système indirect avec charge > 500kg	A2L, A2, A3	Conception de sorte qu’une fuite de fluide ne se retrouve pas dans le fluide caloporteur
Indicateur de niveau de liquide	A2L, A2	Présence d’un indicateur de liquide pour tout système dont la charge > 25 kg
	A3	Présence d’un indicateur de liquide pour tout système dont la charge > 2.5 kg
Protection contre risques incendie et explosion	A2L, A2, A3	Pas de fuite de fluide frigorigène pouvant se répandre ou stagner dans une zone potentiellement inflammable (zone avec présence composants, matériels pouvant être source d’inflammation)*
Sources d’inflammation pertinentes	A2L, A2, A3	Surfaces chaudes (radiateurs) Flammes – gaz chauds (chauffe-eaux gaz) Étincelles d’origine mécanique Appareil électrique susceptible de produire une étincelle ou un arc Électricité statique (vêtements, matière plastique)
Protection contre les surfaces chaudes (général)	A2L, A2, A3	Température des surfaces exposées à des fuites de fluide < Température auto-inflammation fluide – 100 [K]
Zone de sécurité autour de l’équipement	A2L, A2, A3	Se référer à la notice d’instruction pour connaître la zone potentiellement inflammable identifiée sur le pourtour de l’équipement (opération de maintenance)
Points accès au système pour entretien	A2L, A2, A3	Marquage des points d’accès avec symbole « flamme » 
Avertissement en salle des machines	A2L, A2, A3	Présence d’une notice d’avertissement en entrée de la salle
Avertissement pour système à l’air libre	A3	Notice d’avertissement à l’entrée de la zone pour tout système dont la charge est > 10 kg

Enceintes ventilées	A2L, A2, A3	Aucune source d'inflammation dans le conduit de ventilation. Débit de ventilation $\geq 2 \text{ m}^3/\text{h}$ Fonctionnement permanent et surveillé de la ventilation ou fonctionnement déclenché par un détecteur de fluide à une concentration $< 25\%$ LII. Emplacement du détecteur selon masse volumique de fluide.
Marquage du système frigorifique	A2L, A2, A3	Marquage obligatoire avec le symbole « flamme »

**\* Un composant ou matériel ne sera pas considéré comme une source d'inflammation s'il satisfait au moins à une des conditions suivantes :**

- être en dehors de la zone potentiellement inflammable où la fuite de fluide pourrait se répandre ou stagner
- être ventilé en permanence (ou avant sa mise sous tension) de sorte que la concentration de fluide au niveau de ce composant soit  $\leq 50\%$  LII (Limite Inférieure Inflammabilité du fluide)
- être conforme aux exigences des équipements adaptés aux emplacements « zone 2, zone 1 ou zone 0 »
- pour un équipement électrique, le niveau d'énergie maximal d'une étincelle ou d'un arc dans son circuit n'entraîne pas l'inflammation du fluide.

#### 4.10.4. Analyse des exigences relatives à la NF EN 378-3

La partie 3 de la NF EN 378 définit les mesures de protection à considérer selon la nature des locaux ou encore en cas de dépassement de charge de fluide. Les exigences essentielles propres aux fluides inflammables sont récapitulées ci-après.

Points particuliers	Type de fluide concerné	Exigences
Equipement dans un espace inoccupé (non affecté comme salle des machines)	A2L, A2, A3	Si ventilation mécanique : asservissement de la ventilation mécanique à un système de détection de fluide. Déclenchement de la ventilation à un niveau de concentration = 25% x LII.
Equipement dans salle des machines au-dessous du niveau du sol	A3	Si charge de fluide > 26 x LII (> 0.988 kg R-290) : présence d'un détecteur de gaz supplémentaire et/ou alarme.
Salles des machines - classement	A2L, A2, A3	Evaluation de la zone en termes d'inflammabilité et classement relatif aux zones dangereuses L'étendue de la zone dangereuse est considérée négligeable
Salle des machines – températures de surface	A2L, A2, A3	Température de surfaces chaudes maximale ≤ maximum (0.8 x Température auto-inflammation ; Température auto-inflammation – 100 [K])
Salle des machines – ventilation mécanique	A2L, A2, A3	Ventilation en condition normale de fonctionnement ou pendant occupation : renouvellement air ≥ 4 vol/h
		Ventilation mécanique d'urgence par refoulement asservie à un détecteur qui agit pour un niveau ≤ 25% LII. Renouvellement air de 15 vol/h suffisant
Salle des machines – flammes nues	A2L, A2, A3	Les flammes nues ne sont pas autorisées. Sauf pour les opérations de soudage, brasage ou autres et uniquement si la concentration en fluide est surveillée (détecteur de fuite) et une ventilation est assurée.
Salle des machines – tous les équipements électriques	A2L	Alimentation électrique est isolée lorsque concentration ≤ 25% LII. Tout équipement devant fonctionner au-delà de ces valeurs doit être adapté au risque.
Salle des machines - stockage	A2L, A2, A3	Pas de stockage de fluides ou matériaux inflammables
Détecteur	A2L, A2, A3	1 détecteur minimum dans chaque salle des machines ou espace occupé et/ou dans salle souterraine la plus basse.

#### 4.11. Les équipements sous pression

La directive 2014/68/UE relative aux équipements sous pression (DESP) a été reprise au niveau national via :

- Le Code de l'Environnement (section 9 relative à la conformité des équipements – art. R.557-9-1 à R.557-9-10 ; section 14 relative au suivi en service des équipements)
- L'arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et entré en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2018
- Le Cahier Technique Professionnel pour le suivi en service des systèmes frigorifiques sous pression (juillet 2020) approuvé par la décision BSERR N°20-037 du 19 août 2020

A noter également, le « Guidelines related to the Pressure Equipment Directive 2014/68/EU », document élaboré et approuvé au sein du GT de la Commission Européenne « Equipements sous pression » et qui permet, via des questions-réponses, l'application uniforme de cette directive.

**Cette réglementation concerne les équipements sous pression et ensembles dont la pression maximale admissible est > à 0.5 bar. Elle s'applique aux phases de conception, fabrication et évaluation de la conformité des équipements : elle concerne les fabricants et les exploitants.**

**La pression maximale admissible est spécifiée par le fabricant.** Elle correspond à la pression maximale pour laquelle l'équipement sous pression est conçu.

Tous les éléments d'une installation sont concernés et entrent dans les catégories : récipient, tuyauterie, accessoires de sécurité, accessoires sous pression.

Terminologie	Exemples d'éléments
Récipient	Bouteille, réservoir
	Compresseur hermétique*
	Echangeur thermique
Tuyauterie	Tubes, coudes, tés
	Echangeur thermique constitué de tubes et vérifiant les 3 conditions : air comme fluide secondaire, utilisation dans système de réfrigération/conditionnement/pompe à chaleur, prédominance de la tuyauterie
	Tuyauterie de décharge des accessoires de sécurité (y compris avec extrémité ouverte à l'atmosphère)
Accessoires de sécurité	Soupapes
	Pressostats
Accessoires sous pression	Régulateur de pression
	Manomètres
	Filtres
	Robinets, vannes

\* : un compresseur hermétique ou semi hermétique de catégorie ≤ I et entrant dans le champ d'application de la directive « Machine », « Basse Tension » ou « ATEX » est exclu de la DESP

### **Figure 18 : Exemple d'éléments associés aux différentes terminologies de la DESP**

La classification d'un équipement sous pression est fonction des paramètres suivants :

- Le type d'équipement (récipient, tuyauterie, accessoire sous pression, accessoire de sécurité),
- Le type de fluide : gaz ou liquide,
- Le groupe de fluide : groupe 1 ou groupe 2.

**Les fluides légèrement inflammables et inflammables sont dans le groupe 1. Une exception pour le fluide R-1234ze qui est dans le groupe 2 alors que sa classe de sécurité est A2L.**

Les récipients et tuyauteries seront soumis aux exigences des appareils sous pression lorsque leurs caractéristiques vont vérifier les conditions suivantes :

Fluides du groupe 1 (2L, 2 et 3 : R-32, R-290, R-1234yf...)		Fluide du groupe 2 : R-1234ze	
Réceptif (bouteille de liquide...)	Tuyauteries de fluides	Réceptif (bouteille de liquide...)	Tuyauteries de fluides
V > 1 l et PS x V > 25 bars.l	DN (dimension nominale) > 25	V > 1 l et PS x V > 50 bars.l	DN > 32 et PS x DN > 1000 bars
PS > 200 bars		PS > 1000 bars	

**Figure 19 : Caractéristiques des composants au-delà desquelles ils sont soumis aux exigences des équipements sous pression**

Les équipements sous pression sont classés en 4 catégories (I à IV) en fonction des risques croissants.

Les accessoires de sécurité sont classés dans la catégorie IV.

Les équipements et ensembles dont les caractéristiques sont inférieures à celles précisées sur la figure ci-dessus appartiennent à la catégorie 0 : pas d'exigences spécifiques requises, ni de marquage CE conformément à l'article 4.3 de la Directive.

## 4.12. Réglementation ATEX

### 4.12.1. Exigences générales

La réglementation concernant les atmosphères explosives (dite « réglementation ATEX ») se base sur deux directives européennes :

- Directive 1999/92/CE du 16 décembre 1999 relative à la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives. Cette directive a été transposée en droit français par les textes suivants : art. R.4227-42 à 4227-54 du Code du Travail, arrêté du 4 novembre 1993 modifié relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail, arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la protection des travailleurs, arrêté du 28 juillet 2003 relatif aux conditions d'installations des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter.
- Directive 2014/34/CE du 26 février 2014 concernant les appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosive. Cette directive a été transposée en droit français via le décret 2015-799 du 1<sup>er</sup> juillet 2015 relatif aux produits et équipements à risques.

Au sens des directives, une « atmosphère explosive » (ATEX) résulte d'un mélange d'air et de substances inflammables dans des proportions telles qu'une source d'inflammation d'énergie suffisante produise son explosion.

Toute substance inflammable est considérée comme une substance pouvant donner lieu à la formation d'une atmosphère explosive.

Réglementairement, **l'employeur ou le responsable du site prend toutes les mesures nécessaires à prévenir les risques d'explosion et la protection contre ceux-ci.** Par ordre de priorité décroissant, Il s'agit dans tous les cas de :

- **Empêcher la formation d'atmosphères explosives**
- **Eviter l'inflammation d'atmosphère explosive**
- **Atténuer les effets nuisibles** d'une explosion.

Les dispositions du Code de Travail imposent à l'employeur plusieurs obligations vis-à-vis du risque d'explosion :

- **Evaluer les risques** susceptibles d'être créés en tenant compte de la probabilité d'occurrence d'atmosphères explosives, de la probabilité d'apparition des sources d'inflammation
- **Réaliser un zonage** des différents emplacements pour lesquels une atmosphère explosive peut se créer
- **Signaler** les locaux ou les emplacements susceptibles de présenter une zone

ATEX via le pictogramme 

**Le classement des lieux en zones ATEX vise à délimiter et hiérarchiser les zones où peuvent se former des atmosphères explosives. Ce zonage permet d'aider au choix du matériel et des dispositifs de sécurité selon le type de zone.**

Les emplacements où une atmosphère explosive peut se former sont classés en 3 zones selon la nature, la fréquence et la durée de présence de cette ATEX.

**Tous les matériels et systèmes de protection (électriques et non électriques) utilisés dans ces zones à risques doivent satisfaire à des niveaux de sécurité adaptés à la zone.** Considérant **la substance inflammable sous forme de gaz ou de vapeur**, ces trois zones (avec la catégorie de matériel adaptée à ces zones) sont :

Définition de la zone en fonction de la fréquence et de la durée de présence d'une ATEX	Zone (substance inflammable sous forme de gaz, vapeur)	Caractéristiques des appareils à utiliser selon la zone	
		Catégorie	Marquage réglementaire
Emplacement dans lequel une atmosphère explosive est présente en permanence ou pendant de longue période en fonctionnement normal : Risque permanent	Zone 0	Catégorie 1	CE  II 1 G
Emplacement dans lequel une atmosphère explosive est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal : Risque occasionnel	Zone 1	Catégorie 2 (ou 1)	CE  II 2 G (ou 1 G)
Emplacement dans lequel un atmosphère explosive n'est pas susceptible de se présenter normalement mais si c'est le cas, peut exister uniquement sur une durée courte : Risque potentiel	Zone 2	Catégorie 3 (ou 2 ou 1)	CE  II 3 G (ou 2 G ou 1 G)

## Figure 20 : Classification des zones et des catégories d'appareils pour les substances inflammables sous forme de gaz et de vapeur

Le marquage réglementaire des appareils tel que défini dans le décret 2015-799 est composé du marquage CE, du marquage spécifique de protection contre les explosions , du groupe d'appareils (groupe II) suivi de la catégorie de matériel destiné à être utilisé par rapport à la zone (1, 2 ou 3). Toute ce matériel doit être conçu, vérifié et entretenu pour une utilisation dans ces différentes zones.

L'arrêté du 8 juillet 2003 relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive, stipule l'obligation de prévoir, à destination de toute personne travaillant dans des zones où une ATEX peut se présenter, une formation appropriée pour la protection contre les explosions.

Les mesures de protection visent principalement à :

- Pouvoir évacuer tout dégagement (accidentel ou non) de fluide inflammable hors de la zone de danger
- Limiter toute source d'inflammation dans la zone
- Disposer de système d'alerte pour permettre l'évacuation du personnel avant tout risque d'explosion
- Permettre le fonctionnement en toute sécurité des appareils et systèmes de protection en cas de coupure d'énergie.

**Les informations et mesures de prévention à considérer sont consignées dans le Document Relatif à la Protection Contre les Explosions (DRPCE)**, document qui formalise l'évaluation des risques et leurs préventions.

Conformément à l'article R.4227-52 du Code du Travail, le DRPCE comporte a minima les éléments de synthèse suivants :

- Détermination des risques (et évaluation)
- Classification des emplacements ATEX en zones 0, 1 ou 2
- Nature des mesures prises pour assurer une protection contre ces risques
- Modalités selon lesquelles les lieux et les équipements sont conçus, utilisés et entretenus en tenant compte de la sécurité
- Contenu des formations à destination du personnel pouvant travailler dans ces zones à risques.

Ce document est à intégrer à un document plus général, le Document d'Evaluation des Risques (DUER), également rédigé par l'employeur.

Enfin, il est à noter que l'Arrêté du 20 décembre 1988 « fixant la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications » stipule que la **vérification des installations électriques doit être renouvelée au moins 1 fois/an pour les locaux et emplacements de travail où existent des risques de dégradation, d'incendie ou d'explosion** (article 4).

#### 4.12.2. Applications aux systèmes frigorifiques

---

La méthodologie de classement des zones en Atmosphères Explosives (ATEX) est définie par la NF EN 60079-10-1. Dans la dernière version de cette norme (2016), l'évaluation des zones dangereuses (zones 0, 1, 2 vues précédemment) associe 3 facteurs :

- Le degré de dégagement de la substance inflammable (fluide)
- L'efficacité de la ventilation et sa capacité à favoriser la dilution du fluide
- La « disponibilité » de la ventilation.

#### **Moyennant une ventilation efficace, le niveau de risque peut être fortement réduit.**

Le degré de dégagement du fluide peut être assimilé à un dégagement « secondaire » (dégagement qui ne se produit pas en fonctionnement normal et qui est de courte durée).

A noter que dans la NF EN 378-3, il est considéré que, pour la salle des machines en présence de fluides inflammables, l'étendue de la zone dangereuse est négligeable.

L'étendue de la zone est la distance à partir de la source de dégagement du fluide jusqu'au point où le mélange air/fluide est dilué à une concentration  $< LII$  ce qui élimine tout risque d'inflammation ou d'explosion. Cette zone peut être déterminée à partir de la NF EN 60079-10-1.

Les risques d'avoir une atmosphère inflammable pendant une intervention sur un circuit frigorifique existent et sont à considérer. Toutefois, le recours à une ventilation adaptée asservie à un système de détection de fuite pour maintenir un niveau  $< LII$  permettent d'assurer une dilution suffisante pour ne pas avoir un risque d'explosion ou d'inflammation.

Toutes les mesures de sécurité exigées dans les normes (NF EN 378, IEC 60335-2-40) et dans les textes réglementaires (arrêté du 10 mai 2019 modifié) vont en ce sens, réduire au maximum le degré de dangerosité de l'environnement proche du système. Ainsi, selon les configurations, un équipement frigorifique pourra ne pas être concerné par une zone ATEX voire sera classé en zone 2.

Les notices des fabricants informent l'installateur des contraintes de mise en place des unités (distance entre unités, distance par rapport à un mur...). En présence de fluides inflammables, il peut également être mentionné le positionnement de zones ATEX (zone 2) autour de l'unité, imposant dans ce périmètre l'utilisation de matériel de détection, d'outillage adaptés à la zone.

En revanche, l'installation d'un équipement frigorifique dans une zone ATEX devra répondre à l'ensemble des exigences des Directives ATEX et ceci, indépendamment de la nature du fluide. C'est la conception entière du système qui sera à adapter par rapport à la zone.

### **4.13. Normes produits**

#### 4.13.1. IEC 60335-2-40

---

Cette norme traite de la sécurité des appareils électrodomestiques suivants : **pompe à chaleur électrique, climatiseurs et déshumidificateurs équipés de motocompresseurs hermétiques ou semi-hermétiques**. Il n'y a pas de limitation de puissance mais une limitation

de tension pour définir le champ d'application couvert par la norme. La tension assignée maximale n'est pas supérieure à 250V pour les appareils monophasés et à 600V pour les appareils triphasés. Ces tensions entrent dans le champ de la Directive Basse Tension. Cela peut concerner autant le résidentiel que le tertiaire.

Les équipements contenant des fluides inflammables doivent avoir le symbole suivant, différent selon l'inflammabilité du fluide.

Marquage sur les équipements contenant des fluides inflammables	
Fluide A2L	Fluide A2 ou A3
	

Cette norme détaille certains points précisés notamment dans la NF EN 378 tels que :

- Les sources d'inflammation possibles avec les fluides A2L ;
- Les détecteurs de fuite, leurs localisations (dans l'unité ou en déporté), les caractéristiques (détection activée pour un niveau < 25% LII)
- Les essais de simulation de fuite de fluide avec comme critère de ne pas avoir une concentration > 25% LII
- Les exigences requises pour les phases de mise en service, réparation, maintenance.

En présence d'un équipement non fixe utilisant un fluide inflammable, un « avertissement » est précisé sur l'appareil avec la surface minimale du local où peut être installé, utilisé cet équipement. Cette information est exigée dès lors que la charge est :

- > 4 x LII\* pour les fluides A2 et A3 (\* Limite inférieure inflammabilité)
- > 6 x LII pour les fluides A2L

Classe du fluide	Nature du fluide (Limite inférieure inflammabilité)	Charge de fluide obligeant à la mention « surface minimale de la pièce où l'appareil va être installé »
A2L	R-32 (LII : 0,307 kg/m <sup>3</sup> )	> 1.84 kg
	R-452B (LII : 0,309 kg/m <sup>3</sup> )	> 1.85 kg
	R-455A (LII : 0,431 kg/m <sup>3</sup> )	> 2.58 kg
A3	R-290 (LII : 0,038 kg/m <sup>3</sup> )	> 0.152 kg

**Figure 21 : Charge de fluide impliquant la mention de « surface minimale de la pièce » où peut être installé l'appareil**

En dessous de ces charges limites, il n'y a pas de restriction sur la superficie de la pièce. Ces charges minimales sont en accord avec celles définies dans la NF EN 378-1.

Au-delà de ces quantités, des charges limites vont s'appliquer moyennant des dispositions spécifiques. Le calcul de la charge limite est déterminé en fonction :

- De l'inflammabilité du fluide

- De la localisation de l'appareil dans la pièce
- De la présence d'une ventilation intégrée à l'appareil et de l'orientation du soufflage
- Du type de ventilation dans la pièce.

Il est à noter que ces **dispositions de charge limite s'appliquent pour des systèmes à détente directe** : PAC air/air, climatiseur (mono, multi-split) ; système pour lesquels une « rupture » de tuyauterie entraînerait une possible fuite de fluide dans l'espace occupé.

Ainsi, pour les système à détente indirecte, aucune restriction n'est définie tant sur la charge de fluide que sur la superficie de la pièce desservie par le système. A noter également que les recommandations visent principalement les fluides A2L.

Soient LII, la limite inférieure d'inflammabilité des fluides ( $\text{kg/m}^3$ ) et «  $m_c$  » la charge maximale de fluide.

Les charges minimales et maximales pour lesquelles la norme ne définit aucune exigence particulière ou ne les traite pas sont rappelées ci-après.

Limite de charge – systèmes directs		Exigences
Général	Exemple	
$m_c \leq 6$ LII (A2L) $m_c \leq 4$ LII (A2, A3) A2L, A2, A3	$\leq 1.84$ kg R-32 $\leq 2.58$ kg R-455A $\leq 0.152$ kg R-290	Pas d'exigences particulières
$m_c > 260$ LII (A2L) $m_c > 130$ LII (A2, A3) A2L, A2, A3	$> 79.8$ kg de R-32 $> 112$ kg de R-455A $> 4.94$ kg de R-290	Non considéré par la norme

**Figure 22 : Valeurs minimales et maximales de charge**

Les charges limites non considérées par cette norme sont supérieures à celles définies dans la NF EN 378-1.

Les charges admissibles de fluide suivant les surfaces et volumes des pièces dans lesquelles ces produits sont installés sont récapitulées ci-après.

**Globalement, il pourra être possible d'augmenter la charge de fluide du système ou de réduire la surface disponible nécessaire à l'installation à condition d'avoir des mesures complémentaires de protection (étanchéité) et/ou de sécurité : ventilation intégrée, ventilation additionnelle, vannes d'isolement, alarme liées à un système de détection de fuite de fluide.**

Limite de charge		Exigences
Général	Exemple	
Fluides A2L, A2, A3 Application spécifique : unité scellée non fixée en usine  6 LII < m <sub>c</sub> ≤ 12 LII (A2L) 4 LII < m <sub>c</sub> ≤ 8 LII (A2, A3)	1.84 < R-32 ≤ 3.68 kg 2.58 < R-455A ≤ 5.17 kg  0.152 < R-290 ≤ 0.304 kg	Charge max selon (LII, surface du local A) m <sub>c</sub> : 0.25 x LII x A x 2.2  Surface mini : m <sub>c</sub> / (0.25 x LII x 2.2)  + essais divers (vibrations, chute...)
Fluides A2L, A2, A3  6 LII < m <sub>c</sub> ≤ 52 LII (A2L) 4 LII < m <sub>c</sub> ≤ 26 LII (A2, A3)	1.84 < R-32 ≤ 15.9 kg 2.58 < R-455A ≤ 22.4 kg  0.152 < R-290 ≤ 0.98 kg	Zone non ventilée. Charge selon (LII, surface du local A, hauteur de la fuite h <sub>0</sub> ). Présence de garde-fou sur charge et surface du local.  Charge max « m <sub>c</sub> » : 2.5 x LII <sup>(5/4)</sup> x h <sub>0</sub> x A <sup>1/2</sup> et m <sub>c</sub> ≤ 0.75 x LII x h <sub>0</sub> x A  Surface min A <sub>min</sub> : (m <sub>c</sub> / (2.5 x LII <sup>(5/4)</sup> x h <sub>0</sub> )) <sup>2</sup> Et A <sub>min</sub> ≥ (m <sub>c</sub> / 0.75 x LII x h <sub>0</sub> )  Possibilité d'avoir h <sub>0</sub> > 2.2 m
Fluides A2L  6 LII < m <sub>c</sub> ≤ 52 LII (A2L)	1.84 < R-32 ≤ 15.9 kg 2.58 < R-455A ≤ 22.4 kg	Ventilateur intégré à l'unité avec fonctionnement en continu ou asservi à un système de détection de fuite activé à niveau < 25% LII. Minimum de débit d'air (30x m <sub>c</sub> /LII) Charge max selon (LII, surface du local A, hauteur atteinte par flux air du système « h <sub>ra</sub> ») (h <sub>ra</sub> ≤ 2.2m) Charge max « m <sub>c</sub> » : 0.75 x LII x h <sub>ra</sub> x A et Surface min A <sub>min</sub> : m <sub>c</sub> / (0.75 x LII x h <sub>ra</sub> )
Fluides A2L Application : système direct à conduit (gainable)  6 LII < m <sub>c</sub> ≤ 260 LII	1.84 < R-32 ≤ 79.8 kg 2.58 < R-455A ≤ 112 kg	Charge selon (LII, surface totale traitée TA) Charge max « m <sub>c</sub> » : 0.5 x LII x 2.2 x TA  Espace mini TA : m <sub>c</sub> / (0.5 x 2.2 x LII) Appareil avec système de détection de fuite agissant sur le compresseur, les registres de « zonage », la ventilation ou avec fonctionnement continu ventilateur et mesure du débit. débit d'air mini : 60xm <sub>c</sub> / LII

<p>Fluides A2L Application : système direct avec étanchéité améliorée (joints permanents sauf raccords unités, protection tuyauteries, test étanchéité...)</p> <p>6 LII &lt; m<sub>c</sub> ≤ 208 LII</p>	<p>1.84 &lt; R-32 ≤ 63.8 kg 2.58 &lt; R-455A ≤ 89.6 kg</p>	<p>Charge selon (LII, surface du local A, hauteur du local H)</p> <p>Charge max « m<sub>c</sub> » ≤ 0.25 x LII x H x A</p> <p>m<sub>c</sub> R-32 ≤ 0.076 x H x A m<sub>c</sub> R-455A ≤ 0.107 x H x A</p> <p>possibilité de H &gt; 2.2 m selon hauteur de la fuite h<sub>0</sub></p>
<p>Fluides A2L Application : système direct avec étanchéité améliorée (joints permanents sauf raccords unités, protection tuyauteries, test étanchéité...)</p> <p>6 LII &lt; m<sub>c</sub> ≤ 208 LII Tout niveau sauf étage le plus bas en sous-sol</p>		<p>Charge selon (LII, surface du local A, hauteur du local H) + des mesures de sécurité à ajouter (ventilation, vannes isolement, alarme liées avec système de détection de fuite)</p> <p>0.25 x LII x H x A &lt; « m<sub>c</sub> » ≤ 0.5 x LII x H x A + 1 mesure de sécurité</p> <p>m<sub>c</sub> &gt; 0.5 x LII x H x A + 2 mesures de sécurité</p> <p>m<sub>c</sub> R-32 &gt; 0.153 x H x A m<sub>c</sub> R-455A &gt; 0.215 x H x A</p>
<p>Fluides A2L Application : système direct avec étanchéité améliorée (joints permanents sauf raccords unités, protection tuyauteries, test étanchéité...)</p> <p>6 LII &lt; m<sub>c</sub> ≤ 208 LII</p> <p>Occupation de l'étage le plus bas en sous-sol</p>		<p>Charge selon (LII, surface du local A, hauteur du local H) + des mesures de sécurité à ajouter (ventilation, vannes isolement, alarme liées avec système de détection de fuite)</p> <p>0.25 x LII x H x A &lt; « m<sub>c</sub> » ≤ 0.5 x LII x H x A + 2 mesures de sécurité</p>
<p>Fluides A2L, A2, A3 Système direct fixe 6 LII &lt; m<sub>c</sub> ≤ 260 LII (A2L) 4 LII &lt; m<sub>c</sub> ≤ 130 LII (A2, A3)</p>	<p>1.84 &lt; R-32 ≤ 79.8 kg 2.58 &lt; R-455A ≤ 112 kg 0.152 &lt; R-290 ≤ 4.94 kg</p>	<p>Système de ventilation additionnel (naturel ou mécanique). Charge max fonction ouverture naturelle (m<sup>2</sup>) ou débit air volumique (m<sup>3</sup>/h)</p>

**Figure 23 : Synthèse des dispositions à considérer selon la charge de fluide**



#### 4.13.2. IEC 60335-2-89

Cette norme traite des exigences de sécurité concernant les appareils de réfrigération et fabriques de glace à usage commercial avec une unité de fluide frigorigène ou un motocompresseur intégré ou à distance.

**Les meubles frigorifiques de vente et de stockage entrent dans ce champ d'application.**

En revanche, les chambres froides et systèmes de réfrigération industriels ne sont pas concernés.

**Pour être dans le champ d'application de cette norme, la charge maximale de fluide frigorigène ne doit pas dépasser les valeurs suivantes.**

Appareil	Charge maximale de fluide (en accord avec IEC 60335-2-89)	
	Charge maximale	Exemple
Appareil avec unité de fluide frigorigène ou motocompresseur incorporé	Minimum entre (13xLII ; 1.2)/circuit de réfrigération (et masse molaire du fluide $\geq 30$ kg/kmol)	$\leq 1.2$ kg R-32 $\leq 494$ g R-290
Appareil avec unité de fluide frigorigène ou motocompresseur à distance (split système)	150 g (tout fluide)/circuit de fluide	

**Figure 24 : Charge maximale de fluide considérée (selon IEC 60335-2-89)**

Globalement, la charge maximale correspondra à :

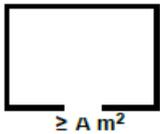
- 1.2 kg pour les fluides A2L et A2
- 13 x LII pour les fluides A3.

Au-dessus de ces charges, la présente norme ne s'applique pas. On peut alors se référer à la NF EN 378.

Les appareils de réfrigération contenant des fluides inflammables doivent avoir le signal d'avertissement ci-contre. Ce signal, placé au niveau de la plaque signalétique doit être visible après installation.



Des marquages complémentaires sont utilisés selon les configurations.

Appareil	Marquage	
	Marque / symbole	Exemple
Appareil dont la charge est > 150 g (appareil avec unité de fluide frigorigène ou motocompresseur incorporé)	Pression maximale admissible à laquelle le système est conçu	> 150g pour tous les fluides
Appareil dont la charge est > à : (appareil avec unité de fluide frigorigène ou motocompresseur incorporé)	Charge > 6 LII (Fluides A2L)	 (surface minimale du sol de la chambre d'essai)
	Charge > 4 LII (Fluides A2-A3)	

**Figure 25 : Marquage à considérer (selon IEC 60335-2-89)**

La valeur du « A » doit être  $\geq$  à  $A_{lim} = \text{Masse de fluide (kg)} / (2.2 \times (0.25 \times LII))$

En complément du marquage distinctif pour les appareils avec fluide inflammable, il est également nécessaire de disposer d'instructions, de notices spécifiant entre autres des messages d'avertissement :

« maintenir dégagées toutes les ouvertures de ventilation dans l'enceinte de l'appareil ou dans la structure d'encastrement de celui-ci » ;

« ne pas utiliser de dispositif mécanique ou autres pour accélérer le dégivrage, sauf ceux recommandés par le fabricant ».

Enfin, certaines dispositions sont à respecter (phases de conception, installation) par rapport au critère inflammabilité du fluide (A2L, A2 et A3).

Appareil	Dispositions à respecter
Appareil avec charge > 150 g de fluide	Protection contre les chocs de toute partie contenant du fluide frigorigène.
	Réduction des vibrations dans la tuyauterie engendrées par le fonctionnement de l'appareil
	Pas de concentration de fluide autour de l'appareil en cas de fuite
	Spécificités sur le raccordement des tuyaux du circuit de réfrigération : pas d'alliage de soudage à basse température (point de fusion < 450°C)
Tout appareil	Pas de stagnation de fluide au niveau de l'appareil en cas de fuite
	Températures de surface des éléments exposés au fuite de fluide doivent être < (Température auto-inflammation du fluide - 100 K)

**Figure 26 : Dispositions de sécurité à considérer**

#### 4.14. Synthèse

Les charges limites basées sur la hauteur d'installation de l'unité et la surface du local diffèrent selon que l'on considère la NF EN 378-1, l'IEC 60335-2-40 ou encore l'arrêté relatif à la sécurité incendie dans les ERP (catégories 1 à 4).

La NF EN 378-1 définit 4 hauteurs possibles d'installation avec une hauteur maximale de 2.2m. Les 4 hauteurs sont également considérées dans les deux autres textes mais avec une possibilité de considérer une hauteur > à 2.2m : pouvoir considérer une hauteur supérieure permet d'augmenter la charge de fluide du système et de ne pas « pénaliser » des locaux dont la hauteur sous plafond est supérieure à 2.2m.

Indépendamment du système frigorifique et de son emplacement, la norme NF EN 378 considère tous les fluides inflammables A2L, A2 et A3. La norme IEC 60335-2-40 traite principalement des fluides A2L (en lien avec les systèmes directs). Un marquage spécifique pour les fluides A2L en opposition aux fluides A2-A3 est présenté dans la IEC 60335-2-40.

L'utilisation de charge de fluide plus importante nécessite dans tous les cas la prise en compte de mesures de sécurité complémentaires. Ces mesures portent sur la ventilation, la présence d'une alarme ou encore des vannes d'isolement sur le circuit frigorifique. Tous ces paramètres sont asservis à un système de détection de fuite. L'asservissement est déclenché pour une détection de fuite correspondant à une valeur :

- < 25% LII (selon IEC 60335-2-40)
- ≤ 25% LII (selon NF EN 378-3)
- < LII (selon arrêté du 10 mai 2019 modifiant article CH35)

A noter qu'il est précisé dans la NF EN 378-3 que, de façon générale, dès que la concentration du fluide peut dépasser sa limite pratique, une alarme est nécessaire. Pour les fluides inflammables, la limite pratique correspond à environ 20% LII.

Enfin, notons une homogénéité dans les normes concernant la charge minimale en-dessous de laquelle aucune exigence n'est requise sur la charge, la surface.... Cette charge est définie à partir de la Limite Inférieure Inflammabilité (LII) du fluide comme suit :

- ≤ 6 LII pour les fluides A2L
- ≤ 4 LII pour les fluides A2 et A3

Le recours à des mesures de sécurité complémentaire permet dans tous les cas de pouvoir considérer des charges supérieures, avec un maximum égal à :

- 260 LII pour un fluide A2L (selon IEC 60335-2-40)
- 195 LII pour un fluide A2L (selon NF EN 378)

Le contrôle d'étanchéité diffère selon que le fluide soit soumis ou non à la F-Gas. Pour les fluides frigorigènes HFC (R-32) et mélanges HFC-HFO (R-454B, R-454C, R-455A...), la **fréquence du contrôle d'étanchéité varie entre 6 et 24 mois** selon la quantité de fluide et la présence ou non d'un dispositif de détection de fuite. Pour les fluides HFO (R-1234ze, R-1234yf) et hydrocarbures (R-290...), la **fréquence du contrôle d'étanchéité est 24 mois** maximum et ce, pour tout système de puissance ≤ 70 kW.

Les tableaux ci-après synthétisent pour chaque type de bâtiment et/ou de domaine d'application (confort, réfrigération commerciale et industrielle), les principales exigences à respecter. Les critères retenus sont des critères communs aux différentes normes ou textes réglementaires.

Secteur résidentiel – confort						
Système direct (système complet ou seulement unité intérieure dans espace occupé)						
	A2L		A2		A3	
	NF EN 378	IEC 60335-2-40	NF EN 378	IEC 60335-2-40	NF EN 378	IEC 60335-2-40
Calcul de la charge	Selon (LII, surface A, hauteur installation $h_0$ ) et $\leq 39 \times \text{LII}$ (4 valeurs de $h_0$ : 0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2 )	Selon (LII, surface A, hauteur de la fuite $h_0$ ) valeurs de $h_0 \geq 0.6$ ; 1 ; 1.8 ; 2.2 ; > 2.2	Selon (LII, surface A, hauteur installation $h_0$ ) 4 valeurs de $h_0$ : 0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2	Selon (LII, surface A, hauteur de la fuite $h_0$ ) valeurs de $h_0 \geq 0.6$ ; 1 ; 1.8 ; 2.2 ; > 2.2	Selon (LII, surface A, hauteur installation $h_0$ ) 4 valeurs de $h_0$ : 0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2	Selon (LII, surface A, hauteur de la fuite $h_0$ ) valeurs de $h_0 \geq 0.6$ ; 1 ; 1.8 ; 2.2 ; > 2.2
	Selon quantité limite avec ventilation QLMV, QLAV et $\leq 195 \times \text{LII}$ + mesures (raccords non démontables , protection, emplacement II...)	Selon (LII, A, hauteur flux air $h_{ra}$ ou hauteur local) Selon (LII, surface du local A, hauteur du local H) avec renforcement étanchéité système (raccords non démontables, test, protection...)	Et $\leq 26 \times \text{LII}$		Et $\leq \max (26 \times \text{LII} ; 1.5 \text{ kg})$	
Dépassement de la charge calculée	Oui (pour configuration avec QLMV, QLAV)	Oui (pour système avec étanchéité renforcée)	non	oui	non	oui
Mesures de sécurité pour augmenter la charge	Ventilation Vannes isolement Alarme Asservissement à détecteur pour niveau $\leq 25\% \text{ LII}$	Ventilation additionnelle Vannes isolement Alarme Asservissement à détecteur de fuite pour niveau $< 25\% \text{ LII}$		Ventilation mécanique avec débit mini. Ventilation permanente avec mesure de débit ou ventilation asservie à détection de fuite $< 25\% \text{ LII}$		Ventilation mécanique avec débit mini. Ventilation permanente avec mesure de débit ou ventilation asservie à détection de fuite $< 25\% \text{ LII}$
Charge de fluide sans exigences	$\leq 1.5 \times 4 \times \text{LII}$	$\leq 6 \times \text{LII}$	$\leq 4 \times \text{LII}$	$\leq 4 \times \text{LII}$	$\leq 4 \times \text{LII}$	$\leq 4 \times \text{LII}$

Secteur réfrigération commerciale et industrielle					
	Groupes logés	Appareil de réfrigération (unité ou motocompresseur intégré ou à distance) (meubles frigorifiques vente, stockage) (système complet ou seulement unité intérieure dans espace occupé)			
	A2L, A2, A3 Guide M	A2L, A2, A3 IEC 60335-2-89	A2L NF EN 378	A2 NF EN 378	A3 NF EN 378
Charge maximale autorisée	En RdC ou étages : < 1.5 kg/circuit  En sous-sol (accessible public) : < 1 kg/circuit	≤ 150 g (unité ou motocompresseur à distance)	≤ 26 x LII (1) ≤ 25 kg (1) – accès restreint  ≤ 195 x LII (2)	≤ 26 x LII (accès général et surveillé)  RdC-étages et accès restreint : ≤ 25 kg	Au-dessus du niveau du sol : ≤ 1.5 kg (accès général) ≤ 2.5 kg (accès surveillé) ≤ 10 kg (accès restreint – dans espace occupé I) ≤ 25 kg (accès restreint – compresseur extérieur II)
		≤ minimum (13 x LII ; 1.2 kg) (unité ou motocompresseur incorporé)	-	Sous-sol et accès restreint : ≤ 10 kg	Au-dessous du niveau du sol : ≤ 1kg (sous-sol)
Calcul de la charge	< 20% x LII x volume salle	-	≤ 20% x LII x Volume salle (1) OU liée (volume, QLMV, QLAV) (2)	≤ 20% x LII x Volume salle	≤ 20% x LII x Volume salle
Dépassement possible de la charge calculée	Non	-	Oui pour configuration avec QLMV, QLAV avec mesures complémentaires : détection, ventilation, vannes isolement.	Non	Non
Distance de sécurité	Pas de source inflammation à proximité	-	Dispositifs de protection contre risques incendie et explosion en cas de fuite de fluide. Identification de sources d'inflammation. Pas de contact avec potentielles fuites de fluide.		
Spécificités	Système scellé Marquage CE	-	-	-	Système scellé en espace occupé (emplacement I)

Secteur tertiaire –confort						
ERP cat 1 – 4 (arrêté 10 mai 2019)			ERP cat 5 (NF EN 378)			
	A2L	A2	A3	A2L	A2	A3
Calcul de la charge	Selon (LII, surface A, hauteur de la fuite $h_0$ ) 5 valeurs de $h_0$ : 0.6 ; 1.1 ; 1.8 ; 2.2 ; « hauteur libre » > 2.2 m			Selon (LII, surface A, hauteur installation $h_0$ ) et $\leq 39$ LII 4 valeurs de $h_0$ : 0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2	Selon (LII, surface A, hauteur installation $h_0$ ) et $\leq 26$ LII 4 valeurs de $h_0$ : 0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2	Selon (LII, surface A, hauteur installation $h_0$ ) Et $\leq \max(26 \times \text{LII} ; 1.5 \text{ kg})$ 4 valeurs de $h_0$ : 0.6 ; 1 ; 1.8 ; 2.2
				Selon quantité limite avec ventilation QLMV, QLAV et $\leq 195$ LII + mesures autres (raccords non démontables, protection, emplacement II...)	-	-
Dépassement possible de la charge calculée	Oui (pour application principale « multi-split , DRV ») Pas de restriction de charge si : Vanne de fermeture du circuit + ventilation asservie à détecteur pour maintenir niveau dans local < LII			Oui pour configuration avec QLMV, QLAV avec détection, ventilation, vannes asservis détecteur pour $\leq 25\%$ LII	Non	Non
Dépassement possible de la charge calculée en salle des machines (SDM)	Pas de restriction de charge en salle des machines si : Système détection (avec 2 capteurs) permettant arrêt du système frigo (arrêt complet, électrovanne) + mise en fonctionnement extracteur d'air mécanique (catégorie 3) pour maintenir niveau dans salle < LII.			Pas de restriction de charge en salle des machines (emplacement III) (système de ventilation mécanique d'extraction pour fonctionnement normal et fonctionnement d'urgence asservi à détecteur de fuite dès que niveau $\leq 25\%$ LII + alarme)		
Zone sécurité autour raccords démontables :	Installations extérieures : non		Installations extérieures : 2 à 10m selon Diamètre tuyauterie phase liquide			
	Installations intérieures : 1 à 4 m selon Diamètre tuyauterie phase liquide		Installations intérieures : 2 à 10 m selon Diamètre tuyauterie liq			
Spécificités	Isolation tuyauteries, isolation unités intérieures (B-s3,d0 ; M1) ; Dint liquide $\leq 50$ mm (DN $\leq 2''1/8$ ) ; Hauteur des tuyauteries $\geq 2$ m du sol ou protection Pas de raccords démontables sauf raccordement unités Document de « traçabilité » Systèmes scellés non considérés par calcul de charge et zone sécurité			Pas de raccords démontables en espace occupé sauf raccordement unités Dispositif nécessaire pour pouvoir augmenter charge de fluide		Pas de raccords démontables en espace occupé sauf raccordement unités
	Charge de fluide sans exigences particulières			$\leq 1.5 \times 4 \times \text{LII} (\leq 6 \times \text{LII})$		$\leq 4 \times \text{LII}$

**En complément de ces spécificités, une liste de points complémentaires à vérifier selon les phases de vie du système est mise en annexe 2.**

Également, figurent en annexe 3 les éléments suivants :

- Mémento synthétisant les étapes à considérer pour les phases « conception – installation » et « exploitation – maintenance »
- Cas d'application sur :
  - o Un chiller dans une salle des machines (fluide A2L) – système d'usine
  - o Une unité de condensation et un évaporateur en chambre froide (fluide A2L) – système assemblé sur site

## 5. Conditions générales de transport et de stockage

### 5.1. Le transport

Le transport routier de marchandises dangereuses est réglementé au niveau européen par l'ADR (Accord européen concernant le droit international du transport de marchandises dangereuses par route). Sur le territoire, l'ADR est complété par l'arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit « arrêté TMD »). Chaque marchandise dangereuse relève d'un ou plusieurs types particuliers de dangers et possède un numéro dit « numéro ONU », précédé de la mention « UN ».

Différentes classes de danger (entre 1 et 9) sont définies : les **fluides frigorigènes sont en classe 2 (gaz) et plus spécialement, les fluides inflammables, en classe 2F.**

Cette réglementation prévoit des exemptions notamment celle relative aux quantités transportées. Cette exemption doit permettre de faciliter le transport, par les entreprises, de petites quantités de fluides destinées à leur usage propre. Dans la majorité des cas, les transports effectués par les entreprises du bâtiment (et notamment les entreprises de CVC) s'inscrivent dans cette exemption. Les dispositions applicables dans ces conditions sont récapitulées ci-après.

Dispositions concernées		Conditions de transport en compte propre selon régime d'exemption lié aux quantités transportées	Transport en compte public par un transporteur (ADR complet)
Colis	Emballage agréé	Oui	Oui
	N°ONU	Oui	Oui
	Etiquette	Oui	Oui
Documents	Document de transport	Non	Non (mais information auprès du transporteur sur la masse totale de marchandises)
	Consignes de sécurité	Non	Oui
Véhicules	Extincteur	Oui (2kg poudre)	Oui (max 12 kg de poudre)
	Equipements divers (cales, signaux avertisseurs)	Non	Oui
	Etiquettes / marques	Non	Non
	Panneaux orange	Non	Oui
	Aération pour véhicules fermés	Oui pour les gaz inflammables	Oui pour les gaz inflammables
	Transport de passagers	Possible : veiller à ce que les produits soient séparés physiquement de l'habitacle	Non
Intervenants	Formation ADR 1.3	Oui	Oui
Conducteur	Formation ADR 8.2 de base	Non	Oui

**Figure 27 : Dispositions applicables (selon OPPBTP – fiche prévention)**

Le transport routier doit se faire dans **un véhicule de préférence ouvert voire fermé avec des ventilation haute et basse**. A défaut d'aération dans les véhicules fermés, il doit être apposé sur la porte d'accès au chargement l'autocollant prévu avec la mention « Attention espace confiné ouvrir avec précaution ».

Les principales dispositions à satisfaire avant et pendant le chargement sont :

- s'assurer de l'absence de fuite d'une bouteille avant son chargement ;
- vérifier que le robinet de la bouteille est fermé et que les équipements (détendeur, flexibles) sont retirés ;
- disposer les bouteilles en position verticale et attachées.

Lors de ces opérations, l'opérateur doit porter des chaussures de sécurité et des gants de sécurité. Également, il est primordial de ne pas apporter de source d'inflammation dans le véhicule (interdiction de fumer, d'utiliser une flamme nue à l'intérieur ou à proximité du véhicule).

Les quantités maximales varient selon la nature et la dangerosité des matières transportées. A titre informatif, dans le cas du régime d'exemption liée aux quantités transportées, **la quantité maximale pour le fluide R-290 est de 333 kg**, c'est-à-dire par exemple 9 bouteilles de propane de 35 kg chacune.

L'ADR est régulièrement révisé. Depuis le 1er janvier 2019, la nouvelle version de l'ADR (ADR 2019) est applicable, et est obligatoire depuis le 1er juillet 2019. Parmi les évolutions, notons l'ajout de catégorie de transport de marchandises dangereuses (UN 3537 à UN 3548). Ainsi, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2023, le transport de pompes à chaleur contenant un fluide inflammable sera concerné en partie par l'ADR et sera nommé sous la catégorie UN3537 : objet contenant du gaz inflammable.

## 5.2. Le stockage

Chaque bouteille de fluide doit comporter une étiquette informative apposée par le fournisseur. Elle contient notamment les informations relatives aux dangers des gaz à considérer lors des phases transport et stockage. La nature des gaz et leurs dangers sont définis comme suit :

- gaz inflammable (hydrocarbures) : risque d'inflammation, d'explosion.

Les bouteilles de fluides doivent être stockées dans un espace dédié, frais, sec et protégé du risque d'incendie, de la lumière directe du soleil et des sources directes de chauffage.

Pour réduire tout risque d'accumulation du gaz en cas de fuite, le local de stockage doit être ventilé (conformément à NF EN 378-4). La salle des machines n'est pas utilisée pour le stockage des fluides frigorigènes (NF EN 378-3).

Il convient de fermer le robinet du conteneur et de le protéger lorsque celui-ci n'est pas utilisé.

## 6. Evaluation des risques et dispositions spécifiques

Toute entreprise mettant en œuvre ou stockant des produits combustibles ou inflammables est concernée par une analyse de risques et les moyens de prévention, protection à mettre en œuvre.

L'analyse de risque est à réaliser en fonction de :

- la charge de fluide nécessaire pour assurer le bon fonctionnement du système ;
- la présence, à proximité, de sources potentielles d'inflammation.

### 6.1. Les types de sinistres enregistrés côté assurance

L'utilisation et la manipulation de nouveaux fluides frigorigènes inflammables peut entraîner de nouveaux risques pour le personnel. Il est de la responsabilité de l'employeur :

- D'avoir un **contrat d'assurance adapté aux activités réalisées**
- De rédiger le Document Unique d'Evaluation des Risques (DUER) (*à ce document unique pourra être ajouté le DPRCE conformément à la réglementation ATEX*).

Le DUER doit lister les risques professionnels encourus par les travailleurs et les actions de prévention et protection qui en découlent.

Lors d'une présentation effectuée par un courtier en assurance dans le domaine du « Froid », celui-ci a mentionné les principaux types de sinistre enregistrés et leurs causes principales.:

Type de sinistres	Causes principales
Perte de marchandises (≈ 60% des sinistres graves) (grande distribution alimentaire, industries)	Gestion des alarmes (absence, non fonctionnement)
	Casse de compresseur
	Erreur humaine (non remise en route du système, marche forcée maintenue : givre/glace sur évaporateur, casse compresseur ...)
Incendie, explosion (≈ 40% des sinistres graves)	Installations électriques (câbles nus)
	Travaux par points chauds
	Travaux de réparation sur installation avec « nouveaux fluides »

A ce jour, l'utilisation des nouveaux fluides n'a pas fait augmenter significativement la fréquence ni la gravité des sinistres.

### 6.2. Evaluer les risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accidents majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets.

**En présence de fluides inflammables (A2L, A2, A3), les risques principaux sont les risques d'incendie et les risques d'explosion.** Ces risques sont la conséquence d'une combinaison de phénomènes et situations dangereuses.

Fluide inflammable	Phénomène dangereux	Situation dangereuse (= situation entraînant un risque pour les personnes, l'environnement)	Risque principal
A2L	Fuite d'un fluide inflammable	Fuite du fluide inflammable à proximité d'une source d'inflammation	Incendie
A2-A3			Incendie Explosion

« Evaluer les risques » implique de caractériser les différents critères pouvant être à l'origine du phénomène dangereux et de la situation dangereuse :

- Faire l'inventaire des produits combustibles (fluide inflammable)
- Analyser le système frigorifique, son fonctionnement et son environnement
- Analyser les causes amenant au risque en distinguant les différentes phases de vie du système
- Identifier les sources d'inflammation

#### 6.2.1. Inventaire des produits combustibles

---

Le produit combustible est le fluide frigorigène inflammable. Les caractéristiques essentielles du fluide à considérer sont :

- Nature du fluide
- Classe sécurité
- Groupe DESP
- Densité
- Limite inférieure et supérieure d'inflammabilité
- Température d'inflammation

En complément, la quantité de fluide présente ainsi que son stockage sont des éléments à inventorier.

La **Fiche de Données de Sécurité (FDS) du fluide frigorigène** est un document essentiel pour collecter les caractéristiques du fluide. En plus des caractéristiques physiques, sont définies les conseils de prudence (prévention, intervention, stockage) ainsi que les mentions de danger. Les fluides 2L, 2 et 3 sont caractérisés par :

- H220 : gaz extrêmement inflammable (A2-A3) ;
- H221 : gaz inflammables (A2L) ;
- H280 : gaz sous pression. Peut exploser sous l'effet de la chaleur.

#### 6.2.2. Analyse du système frigorifique

---

L'analyse du système comprend les caractéristiques de pression – température du système et notamment la pression de service maximale. Outre les caractéristiques de fonctionnement, son « emplacement » et sa « catégorie d'accès » (au sens de la NF EN 378-1), la nature du système (direct ou indirect) et sa charge en fluide sont des données importantes pour une analyse de la fréquence et de la gravité du risque.

### 6.2.3. Analyse des causes amenant au risque

---

Selon les différentes phases de vie du système, les **causes à l'origine de la fuite du fluide inflammable** peuvent être diverses.

Phase de vie du système	Causes possibles de fuite du fluide
Construction (sur lieu de production) Installation (sur site)	Absence de joint
	Mauvais brasage
	Mauvaise qualité de la soudure
	Mauvais serrage des raccords
	Composant non adapté (par exemple détendeur)
	Rupture de tuyauterie (faiblesse mécanique de l'assemblage)
	Mauvaise manipulation pendant la charge
Mise en service	outillage défectueux (flexible du manomètre)
	Matériel inadapté
	Défaut de réglage
Exploitation	Vieillesse, usure d'un joint (vanne, robinet)
	Raccords à visser (desserrage, écrou fissuré)
	Corrosion brasure (environnement, réalisation)
	Matériel, outillage défectueux (flexible)
	Matériel inadapté
	Rejet de fluide
	Pressostat (rupture soufflet)
	Soupape de sécurité (défaut d'étanchéité)
	Rupture de la tuyauterie (chocs, vibration, évaporateur givré)
	Raccord Schrader (absence du capuchon, détérioration valve)

**Figure 28 : Exemples de causes de fuite de fluide selon les étapes de mise en œuvre**

### 6.2.4. Identification des sources d'inflammation

---

Les sources d'inflammation peuvent avoir différentes origines : électrique, électrostatique, thermique, mécanique.

Les principales sources d'inflammation sont :

- les surfaces chaudes (résistance de dégivrage, radiateurs...)
- les flammes nues (allumettes, flamme de soudage...)
- les étincelles générées mécaniquement (processus de friction, choc accompagné généralement d'un échauffement)
- les matériels et équipements électriques (étincelles d'origine électrique : faux contact, ouverture d'un circuit...)
- l'électricité statique

**Pour qu'il y ait risque d'explosion (ou incendie), il faut que la source d'inflammation présente une énergie  $\geq$  à l'énergie minimale d'inflammation du mélange air/fluide inflammable.**

En présence d'un fluide A2L, les sources d'inflammation sont moins nombreuses qu'en présence d'un fluide A3.

Les sources entraînant une « flamme vive » ou encore des surfaces chaudes représentent un risque indépendamment de la classe d'inflammabilité du fluide.

Les critères « fréquence » et « gravité » complètent l'analyse du risque. Toutefois, ces critères sont variables selon l'installation et son environnement direct. Le tableau suivant définit le niveau de gravité noté + (gravité moindre) à +++ (gravité élevée) selon les critères de l'installation.

Critères		Niveau de gravité (+ à +++)
Charge de fluide		+ à +++
Classe inflammabilité	A2L	+ (++)
	A2-A3	+++
Catégorie accès (selon NF EN 378-1)	« a » (accès général)	+++
	« b » (accès surveillé)	++
	« c » (accès réglementé)	+
Emplacement du système (selon NF EN 378-1)	I (espace occupé)	+++
	II (compresseur dans local technique ou extérieur)	++
	III (système dans local technique ou extérieur)	+
	IV	+

**Figure 29 : Evolution du niveau de gravité**

### 6.3. Définir les mesures de prévention

**Eviter la formation d'une atmosphère explosive voire son inflammation nécessitent de pouvoir agir sur les éléments « déclencheurs » vus précédemment.**

**Il va s'agir dans un premier temps de limiter tout risque de fuite de fluide.**

**En cas de fuite, il faut éviter la formation d'une zone ATEX (et d'un risque d'incendie).**

- Agir sur l'installation :
  - o Réaliser des opérations de maintenance régulière
  - o Contrôler régulièrement tous les points « potentiellement fuyards » d'une installation (contrôles d'étanchéité)
  - o Veiller à ce que les points d'accès soient marqués avec le symbole « flamme » afin d'informer les opérateurs et éviter toute erreur de manipulation
  - o Définir les conditions de sécurité associées à la charge de fluide dans l'installation
  
- Agir sur les fluides frigorigènes
  - o Choisir un fluide avec une classe d'inflammabilité moindre

- Réduire au maximum la charge de fluide
- Identifier les caractéristiques d'explosivité, d'inflammabilité du fluide en vue de garantir un niveau de concentration hors de son domaine d'inflammation
- Agir sur les sources d'inflammation / prévenir
  - Interdire les flammes nues à proximité
  - Interdire de fumer
  - Supprimer toute source d'étincelle
  - Limiter la température des surfaces chaudes à proximité de sources potentielles de fuites : s'assurer que la température est inférieure de 100 K à la température d'auto-inflammation du fluide
- Adapter les appareils à la zone de risques prédéfinie
- Contrôler l'environnement direct autour du système
  - Disposer un détecteur d'ambiance pour garantir une concentration  $< 25\% \times \text{LII}$  du fluide (vigilance sur la sensibilité du détecteur, son temps de réponse et sa localisation)
  - Assurer un renouvellement d'air suffisant
  - Disposer d'une alarme visuelle/sonore
- Organiser le travail
  - Former le personnel aux risques d'incendie, explosion
  - Etablir des procédures d'intervention
  - Adapter les équipements (pompe à vide, machine de récupération, bouteille, détecteur...) à la classe d'inflammabilité du fluide
  - Signaler les zones où le risque existe
  - Adapter les vêtements de travail (matériau antistatique)

**En synthèse, le risque d'incendie (voire d'explosion) va survenir lorsque les 3 conditions sont simultanément réunies :**

- **Un fluide frigorigène inflammable avec une proportion dans l'air comprise entre sa limite inférieure et supérieure d'explosivité**
- **Un comburant (l'air ambiant)**
- **Une source d'inflammation présentant une énergie suffisante pour enflammer le fluide**

**Dans ces conditions, il faut éviter la formation de zone explosive en assurant les fonctions suivantes :**

- **Réduire le temps de fuite via la détection et l'arrêt du système ;**
- **Réduire les effets via la détection et la mise en route d'une ventilation supplémentaire de sorte d'avoir toujours dans le local à proximité de l'installation et des fuites potentielles une concentration très inférieure à la limite inférieure d'inflammabilité du fluide.**

En annexe 4, est défini un tableau d'analyse de risques pour quelques configurations correspondant aux différentes phases de vie d'une installation. Ce tableau d'analyse est basé sur les travaux menés par le SNEFCCA (Analyse de risques – installations frigorifiques).

## 7. Procédures d'intervention appliquées aux fluides A3

Lors des interventions de maintenance sur un système frigorifique (ouverture du circuit, réparation...), il existe un risque d'atmosphère inflammable. Tout opérateur doit être informé de ce risque et doit pouvoir préparer son intervention et agir en toute sécurité.

Ces procédures sont détaillées pour le fluide R-290, classé A3. Les dispositions sont identiques pour tous les fluides classés A3 voire A2.

**Toute manipulation de fluide nécessite le port d'EPI : gants de protection et lunettes de sécurité sont un minimum.**

### 7.1. Outillages et précautions de manipulation avant intervention

En raison de cette inflammabilité, le matériel utilisé pour toute opération de manipulation du fluide dans un circuit frigorifique doit être du **matériel spécifique** approuvé « A3 » :

- Pompe à vide spécifique A3 avec protection sur toute la partie électrique. Pour les petites installations (< 300 g de fluide), une pompe à vide manuelle peut être utilisée
- Station de récupération spécifique aux hydrocarbures
- Détecteur de fuite adapté aux hydrocarbures en termes de sensibilité
- Bouteille de récupération spécifique pour les fluides inflammables : la bouteille est reconnaissable à son « col rouge » et son pictogramme rouge (flamme sur fond rouge).



**Figure 30 : Bouteille de récupération R-290**

Le manomètre électronique ou manifold 4 voies (avec flexibles) doit être adapté aux hydrocarbures (les caractéristiques thermodynamiques des hydrocarbures doivent être prises en compte).

La balance de pesée n'est pas spécifique au fluide.

Pour des raisons de sécurité, **les bouteilles de fluides frigorigènes inflammables utilisent des raccords munis de pas de vis inversés à gauche**. Ce raccord spécifique (filetage inversé) est indispensable pour raccorder le flexible.

Outre ce matériel spécifique, l'intervention sur une installation chargée au propane doit être menée en veillant à :

- Avoir un permis de travail « points chauds » le cas échéant si travaux sur le circuit
- **Signaler, délimiter la zone de travail** pour alerter les personnes du danger (pas de cigarettes, pas de flammes nues...)
- **Définir un périmètre de sécurité** de quelques mètres autour de la zone d'intervention et s'assurer de l'absence de matériaux inflammables ou sources d'amorçage au niveau de cette zone
- **S'assurer de la présence d'extincteur d'incendie adapté** à proximité
- **Vérifier la présence et le fonctionnement des dispositifs éventuels de sécurité dans la zone de travail** : capteurs et système de détection, alarme, ventilation
- **Disposer d'un détecteur électronique portatif de fuite étalonné et adapté** au R-290 (pas de production d'étincelle ou autre), fonctionnant en permanence et placé en partie basse, pour détecter, en cas de fuite, l'accumulation du fluide au niveau du sol (le propane est plus lourd que l'air)
- Être dans une zone ventilée
- Mettre hors tension l'installation avant les travaux de réparation
- Ne pas dessouder ou couper au chalumeau toute tuyauterie de fluide et autre élément du circuit frigorifique avant que tout le fluide ait été éliminé et que le circuit ait été purgé à l'azote sec.
- Avoir des vêtements de travail adaptés.

## 7.2. Procédure de charge d'une installation

### 7.2.1. Tirage au vide

---

Avant toute charge en fluide, il est nécessaire d'effectuer un tirage au vide de l'installation. La procédure vise à évacuer l'air du circuit mais surtout l'humidité.

La procédure d'intervention est similaire indépendamment du fluide. La pompe à vide est spécifique aux hydrocarbures.

Le tirage au vide d'une installation consiste à :

- raccorder les vannes BP et HP du manifold respectivement aux vannes d'aspiration et de refoulement du compresseur ;
- ouvrir les vannes BP et HP ;
- relier à l'aide d'un flexible la pompe à vide et la voie de service du manifold ;
- placer le vacuomètre au niveau de la pompe à vide ;
- mettre en fonctionnement la pompe à vide ;
- observer la pression dans le circuit via le vacuomètre (jusqu'à l'obtention du niveau de vide voulu dans le circuit) ;
- fermer les vannes BP et HP du manifold ;
- arrêter la pompe à vide.

Penser également au tirage au vide des flexibles.

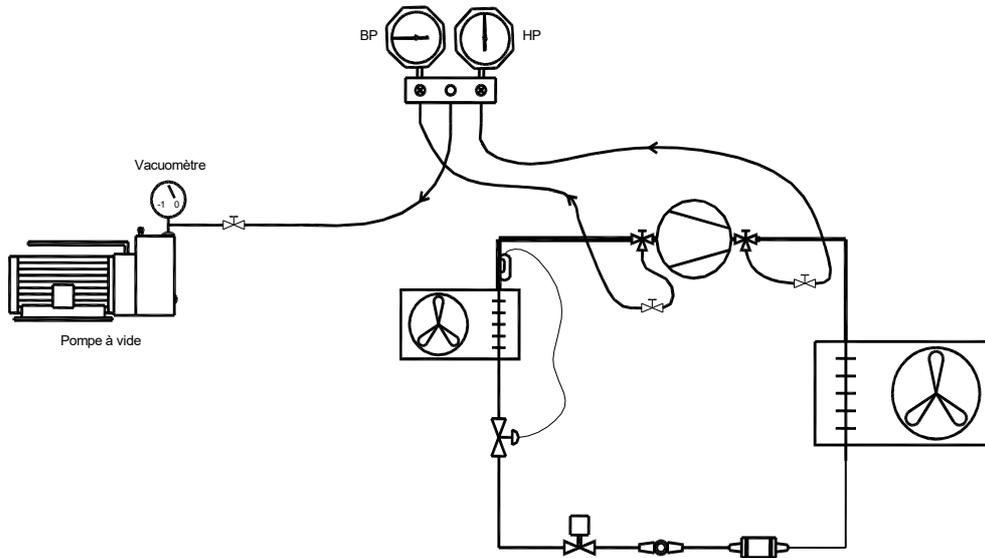


Figure 31 : Procédure de tirage au vide d'une installation

A titre informatif, la figure ci-contre donne des valeurs de pressions minimales à obtenir selon la température ambiante. Dans tous les cas, la pression doit être inférieure à la pression nécessaire au passage de l'eau de l'état liquide à l'état vapeur (température ébullition).

On cherchera à descendre plus bas que cette pression ; en se référant notamment aux prescriptions données dans la NF EN 378-2 : « suite à l'essai d'étanchéité, le tirage au vide doit permettre d'atteindre une pression absolue < 270 Pa ».

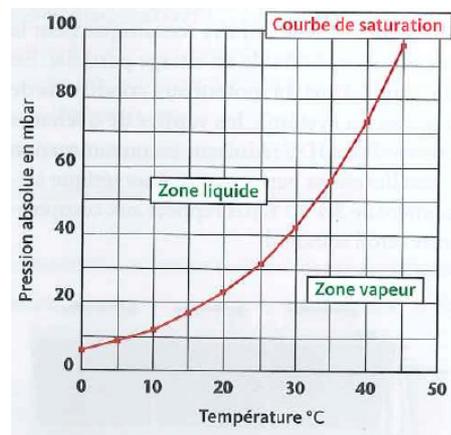


Figure 32 : Courbe de saturation de l'eau

Après le tirage au vide de l'installation, il est nécessaire d'effectuer rapidement la charge en fluide frigorigène. En effet, il ne faut jamais laisser une installation en dépression.

## 7.2.2. Charge en fluide

La charge d'une installation consiste en un remplissage de l'installation en fluide frigorigène. Utiliser exclusivement le R-290 comme fluide frigorigène.

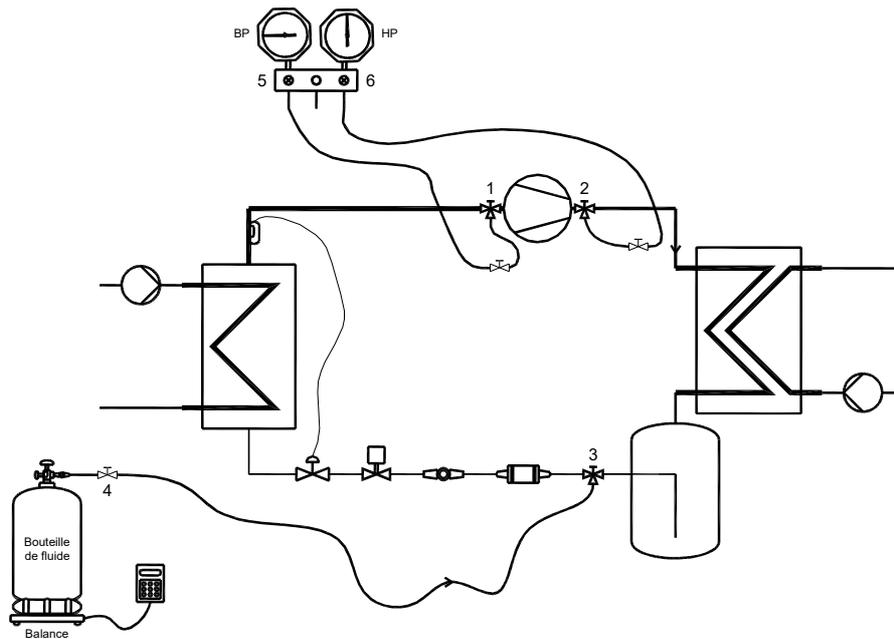
La charge est effectuée avec la **bouteille de réfrigérant placée au préalable sur une balance de pesée.**

**La charge** s'effectue, installation arrêtée, **par différence de pression** (entre la bouteille et l'installation). Elle peut s'effectuer différemment selon la présence ou non d'une vanne de charge sur la conduite liquide. Dans le premier cas, le robinet de liquide de la bouteille de charge est directement relié à la vanne de charge du circuit située après le condenseur (avant le détendeur). En l'absence de vanne de charge sur la conduite liquide du système, le robinet de liquide de la bouteille est directement relié à la vanne de service du manifold.

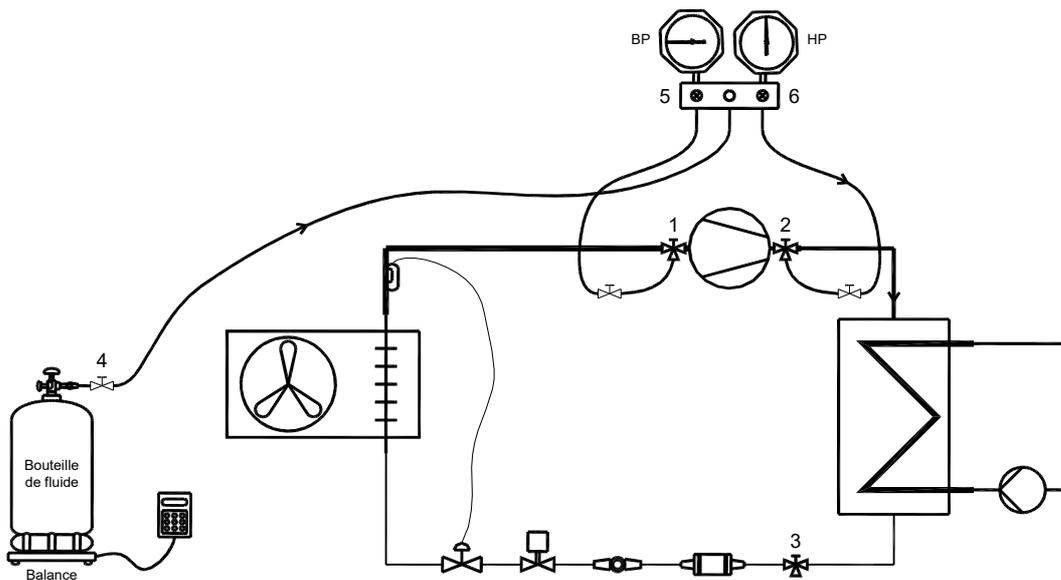
Les procédures sont les suivantes :

Procédure de charge	
Charge d'une installation disposant d'une vanne de charge	Charge d'une installation ne disposant pas d'une vanne de charge
Mettre en place à proximité du circuit à charger, la bouteille de fluide placée au préalable sur une balance	
Raccorder, à l'aide d'un flexible le robinet de liquide de la bouteille à la vanne de service (annotée 3)	Raccorder, à l'aide d'un flexible le robinet de liquide de la bouteille à la vanne de service du manifold
Ouvrir les vannes 3 et 4 situées entre la bouteille et l'installation pour permettre le transfert par différence de pression du fluide vers l'installation	Ouvrir les vannes 4 et 6 pour permettre le transfert par différence de pression du fluide vers l'installation côté refoulement du compresseur
Fermer les vannes 3 et 4	Fermer les vannes 4 et 6
Enlever la bouteille de fluide	

**Figure 33 : Détail des procédures de charge**



**Figure 34 : Charge d'une installation disposant d'une vanne de charge sur la conduite liquide**



**Figure 35 : Charge d'une installation ne disposant pas de vanne de charge**

Par la suite, selon la taille de l'installation, **le complément de charge** est effectué après mise en fonctionnement de celle-ci. Il peut s'effectuer en phase vapeur (fluide pur) à l'aspiration du compresseur ou en phase liquide.

**ATTENTION, ne pas utiliser de ceinture chauffante avec un fluide inflammable.**

### 7.3. Procédure de vidange d'une installation

A ce jour, **la récupération du fluide R-290 n'est soumise à aucune obligation réglementaire.**

Compte tenu de ses caractéristiques, deux possibilités existent pour assurer la vidange d'une installation au R-290 :

- rejeter le fluide vers l'extérieur ;
- assurer sa récupération dans une bouteille spécifique.

Ces possibilités sont décrites ci-après.

Toutefois, **pour des contraintes économiques voire également environnementales, la récupération de ce fluide en vue de son retraitement éventuel sera une solution à privilégier.**

#### 7.3.1. Rejet du fluide vers l'extérieur

---

Lors de la phase de rejet du fluide, il est primordial de **s'assurer au préalable que la « zone de rejet » en extérieur du bâtiment ne contienne aucune source d'inflammation.** Un panneau d'avertissement du danger (gaz inflammable, ne pas fumer, pas de flammes nues) est à disposer dans la zone où l'hydrocarbure est rejeté. De plus, il faut s'assurer que le fluide évacué, plus lourd que l'air, ne puisse pas se concentrer et être piégé dans des endroits bas au niveau du sol.

Les principales étapes sont :

- raccorder les vannes BP et HP du manifold respectivement aux vannes BP (côté évaporation) et HP (côté condensation) de l'installation via des flexibles ;
- relier à l'aide d'un flexible muni d'un manodétendeur, la voie de service du manifold à l'environnement extérieur (hors de toute zone de risque).

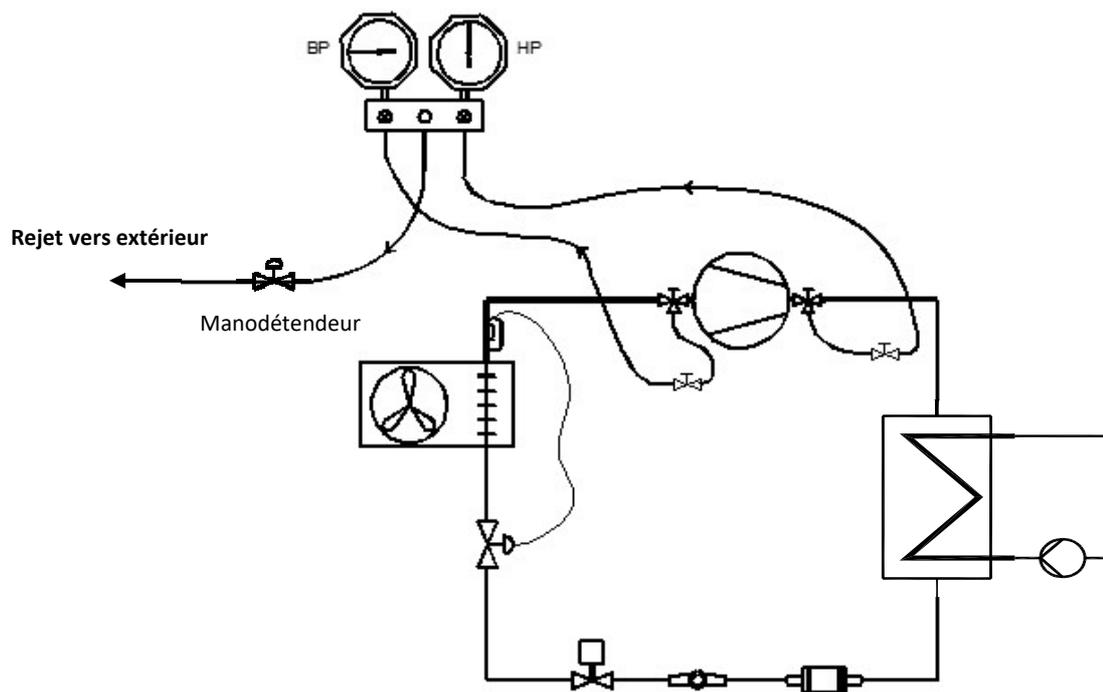


Figure 36 : Procédure de rejet du fluide en extérieur

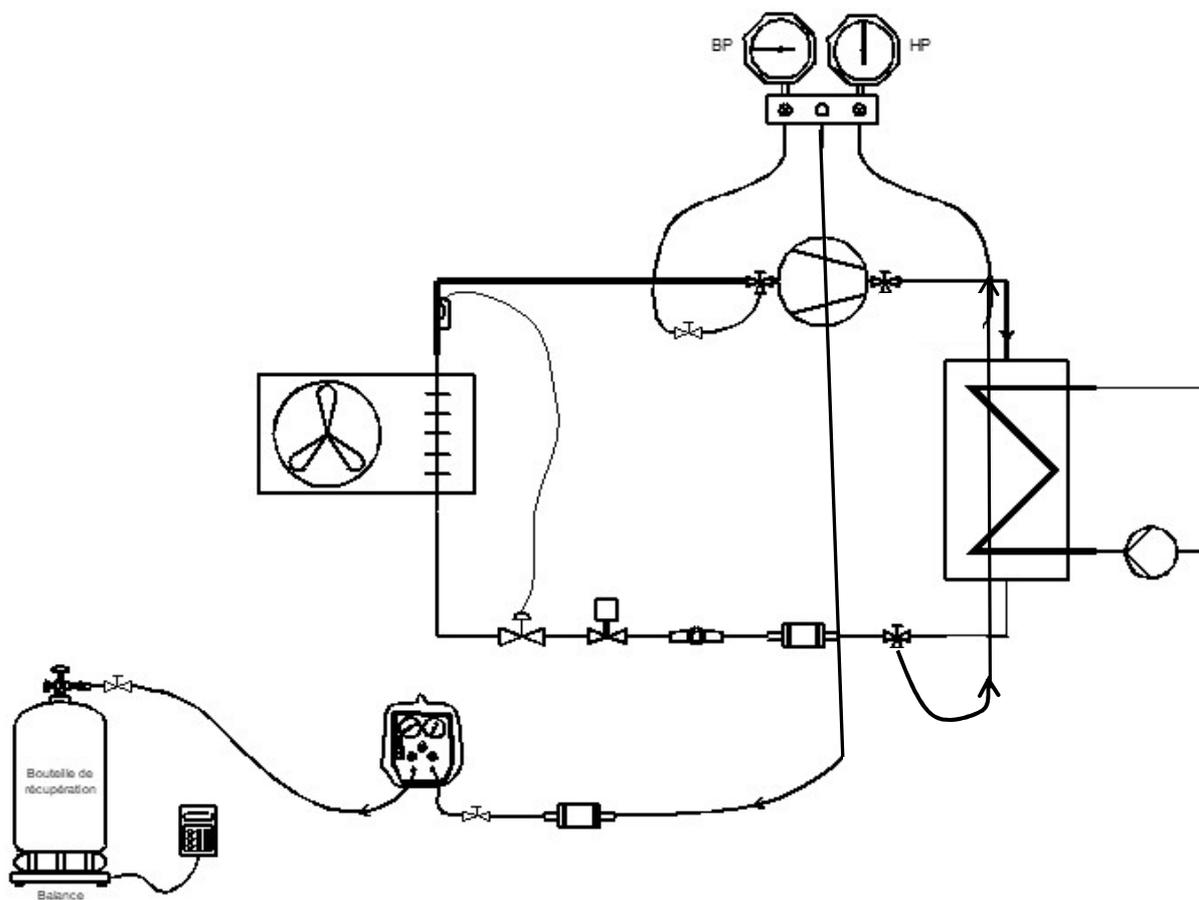
### 7.3.2. Récupération du fluide

Même s'il n'y a aucune obligation réglementaire, le propane peut également être récupéré dans une **bouteille de récupération spécifique aux fluides inflammables**.

La récupération se fait de préférence en phase liquide, phase de récupération plus rapide. La procédure d'intervention est la suivante :

- raccorder le manifold ;
- mettre en place à proximité du circuit à traiter l'unité de récupération et la bouteille de récupération placée au préalable sur une balance ;
- raccorder le flexible entre l'unité de récupération et la vanne liquide de la bouteille de récupération ;
- raccorder le flexible entre la vanne de service du manifold et l'unité de récupération ;
- fermer la vanne (électrovanne) sur la conduite liquide située entre le condenseur et le détendeur afin d'éviter toute circulation de fluide ;
- récupérer toute la charge de fluide dans le condenseur (ou dans la bouteille de liquide de l'installation) jusqu'à lire une pression BP de 0 bar (récupération via le fonctionnement du compresseur de l'installation) ;
- arrêter l'installation à vidanger ;
- mettre en fonctionnement l'unité de récupération ;
- terminer la phase de récupération en phase vapeur ;

- arrêter l'opération de récupération lorsque la pression absolue du circuit à vider est de l'ordre de 0,4 bar (pression correspondant en général à l'arrêt automatique de l'unité de récupération) ;
- fermer les différentes vannes de raccordement.



**Figure 37 : Procédure de récupération en phase liquide**

## 8. Procédures d'intervention appliquées aux fluides A2L

Lors des interventions de maintenance sur un système frigorifique (ouverture du circuit, réparation...), il existe un risque d'atmosphère inflammable. Tout opérateur doit être informé de ce risque et doit pouvoir préparer son intervention et agir en toute sécurité.

### 8.1. Outillage et précautions de manipulation

Certains outillages peuvent être communs aux fluides A2L et aux fluides A1. Toutefois, des spécificités propres au caractère « inflammable » du fluide nécessite quelques outillages adaptés. Il convient dans tous les cas de s'assurer, auprès du fabricant, de la compatibilité du matériel avec le fluide à manipuler.

Outillage	Caractéristiques
Manomètre	Manomètre électronique : peut être commun à plusieurs types de fluide Manomètre à aiguilles : spécifique à un fluide
Flexibles	Commun à différentes familles de fluides
Balance de pesée	Commun à différentes familles de fluides
Vacuomètre	Commun à différentes familles de fluides
Détecteur de fuite	Détecteur électronique : commun ou spécifique selon notice du fabricant
Pompe à vide	Commun ou spécifique selon notice du fabricant. Pour être compatible avec fluides A2L, la pompe à vide est équipée de composants électriques anti-étincelle.
Machine de récupération	Spécifique aux fluides A2L (peut éventuellement être utilisée avec des fluides A1 selon notice fabricant)
Bouteille de récupération	Spécifique aux fluides inflammables (ogive rouge et pictogramme « gaz inflammable »). Nécessite un raccord spécifique avec filetage inversé

Figure 38 : Outillage pour les fluides A2L



**Figure 39 : Bouteille de récupération R-32 (à gauche) et bouteille de fluide R-32 (à droite)**

Le caractère légèrement inflammable de ce fluide implique des précautions quant à sa manipulation. Ainsi, il faut veiller à :

- Avoir un permis de travail « points chauds » le cas échéant si travaux sur le circuit
- **Signaler, délimiter la zone de travail** pour alerter les personnes du danger (pas de cigarettes, pas de flammes nues...)
- **Définir un périmètre de sécurité** de quelques mètres autour de la zone d'intervention et s'assurer de l'absence de matériaux inflammables ou sources d'amorçage au niveau de cette zone
- S'assurer de la présence d'extincteur d'incendie adapté à proximité
- **Vérifier la présence des dispositifs éventuels de sécurité dans la zone de travail** : capteurs et système de détection, alarme, ventilation
- **Disposer d'un détecteur électronique portatif de fuite étalonné et adapté** au fluide, fonctionnant en permanence
- Être dans une zone ventilée
- Mettre hors tension l'installation avant les travaux de réparation
- Ne pas dessouder ou couper au chalumeau toute tuyauterie de fluide et autre élément du circuit frigorifique avant que tout le fluide ait été éliminé et que le circuit ait été purgé à l'azote sec.

Les procédures de charge et de récupération détaillées dans les paragraphes suivants sont générales.

Une opération de charge et de récupération de fluide R-32 a été réalisée sur un split system. Le descriptif de ces procédures sur le split au R-32 est donné en annexe 5.

## 8.2. Procédure de charge d'une installation

### 8.2.1. Tirage au vide

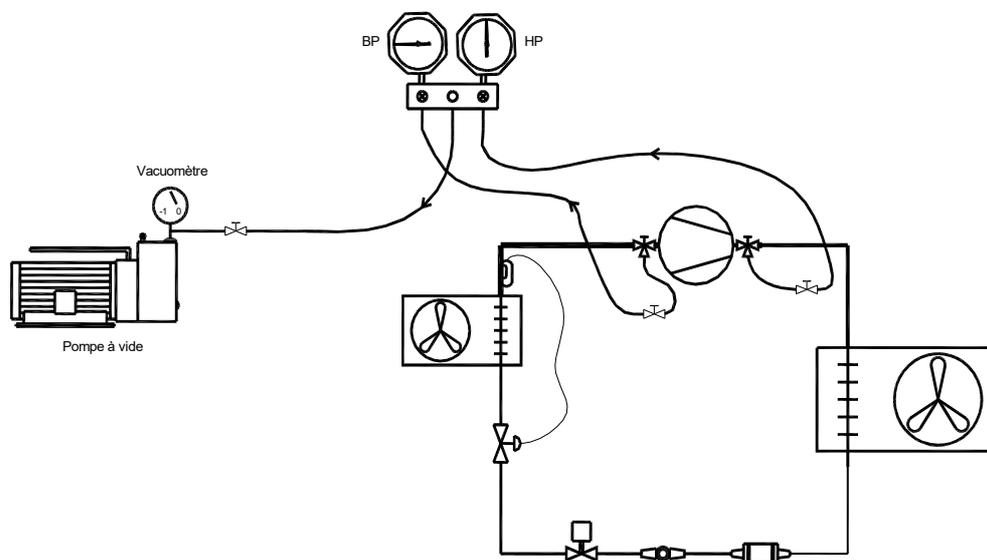
Avant toute charge en fluide, il est nécessaire d'effectuer un tirage au vide de l'installation. La procédure vise à évacuer l'air du circuit mais surtout l'humidité. **La procédure d'intervention est similaire indépendamment du fluide.**

La pompe à vide est adaptée aux fluides légèrement inflammables.

Le tirage au vide d'une installation consiste à :

- raccorder les vannes BP et HP du manifold respectivement aux vannes d'aspiration et de refoulement du compresseur ;
- ouvrir les vannes BP et HP ;
- relier à l'aide d'un flexible la pompe à vide et la voie de service du manifold ;
- placer le vacuomètre au niveau de la pompe à vide ;
- mettre en fonctionnement la pompe à vide ;
- observer la pression dans le circuit via le vacuomètre (jusqu'à l'obtention du niveau de vide voulu dans le circuit) ;
- fermer les vannes BP et HP du manifold ;
- arrêter la pompe à vide.

Penser également au tirage au vide des flexibles.



**Figure 40 : Procédure de tirage au vide d'une installation**

A titre informatif, la figure ci-contre donne des valeurs de pressions minimales à obtenir selon la température ambiante. Dans tous les cas, la pression doit être inférieure à la pression nécessaire au passage de l'eau de l'état liquide à l'état vapeur (température ébullition).

On cherchera à descendre plus bas que cette pression ; en se référant notamment aux prescriptions données dans la NF EN 378-2 : « suite à l'essai d'étanchéité, le tirage au vide doit permettre d'atteindre une pression absolue < 270 Pa ».

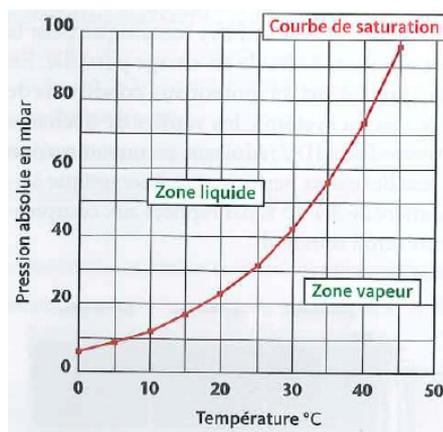


Figure 41 : Courbe de saturation de l'eau

Après le tirage au vide de l'installation, il est nécessaire d'effectuer rapidement la charge en fluide frigorigène. En effet, il ne faut jamais laisser une installation en dépression.

#### 8.2.2. Charge en fluide

La charge d'une installation consiste en un remplissage de l'installation en fluide frigorigène.

La charge est effectuée avec la **bouteille de réfrigérant placée au préalable sur une balance de pesée.**

**La charge** s'effectue, installation arrêtée, **par différence de pression** (entre la bouteille et l'installation). Elle peut s'effectuer différemment selon la présence ou non d'une vanne de charge sur la conduite liquide. Dans le premier cas, le robinet de liquide de la bouteille de charge est directement relié à la vanne de charge du circuit située après le condenseur (avant le détendeur). En l'absence de vanne de charge sur la conduite liquide du système, le robinet de liquide de la bouteille est directement relié à la vanne de service du manifold.

Les procédures sont les suivantes :

Procédure de charge	
Charge d'une installation disposant d'une vanne de charge	Charge d'une installation ne disposant pas d'une vanne de charge
Mettre en place à proximité du circuit à charger, la bouteille de fluide placée au préalable sur une balance tarée	
Raccorder, à l'aide d'un flexible le robinet de liquide de la bouteille à la vanne de charge	Raccorder, à l'aide d'un flexible le robinet de liquide de la bouteille à la vanne de service du manifold
Ouvrir les vannes 3 et 4 situées entre la bouteille et l'installation pour permettre le transfert par différence de pression du fluide vers l'installation	Ouvrir les vannes 4 et 6 pour permettre le transfert par différence de pression du fluide vers l'installation côté refoulement du compresseur
Fermer les vannes 3 et 4	Fermer les vannes 4 et 6
Enlever la bouteille de fluide	

Figure 42 : Détail des procédures de charge

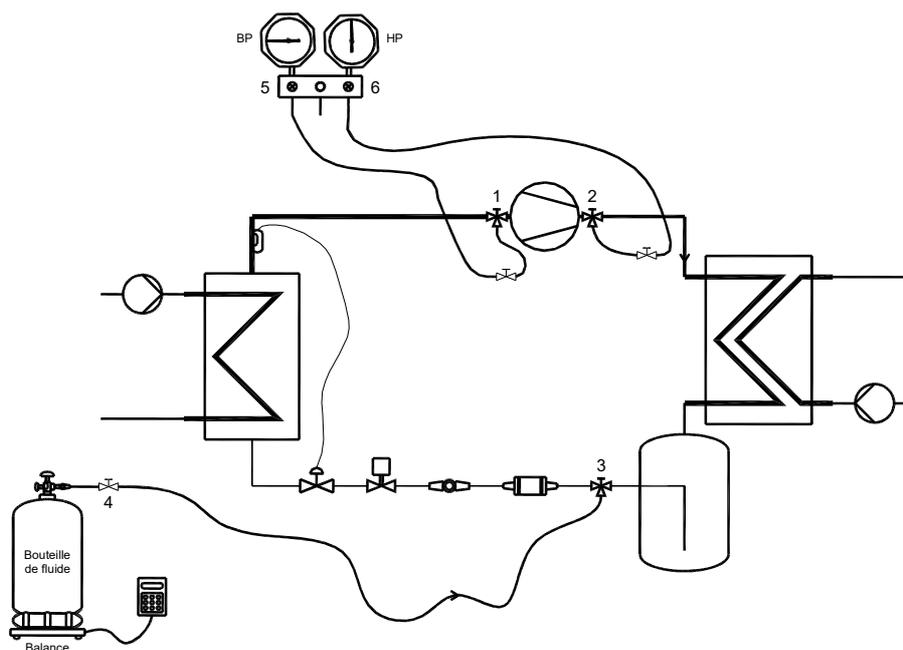
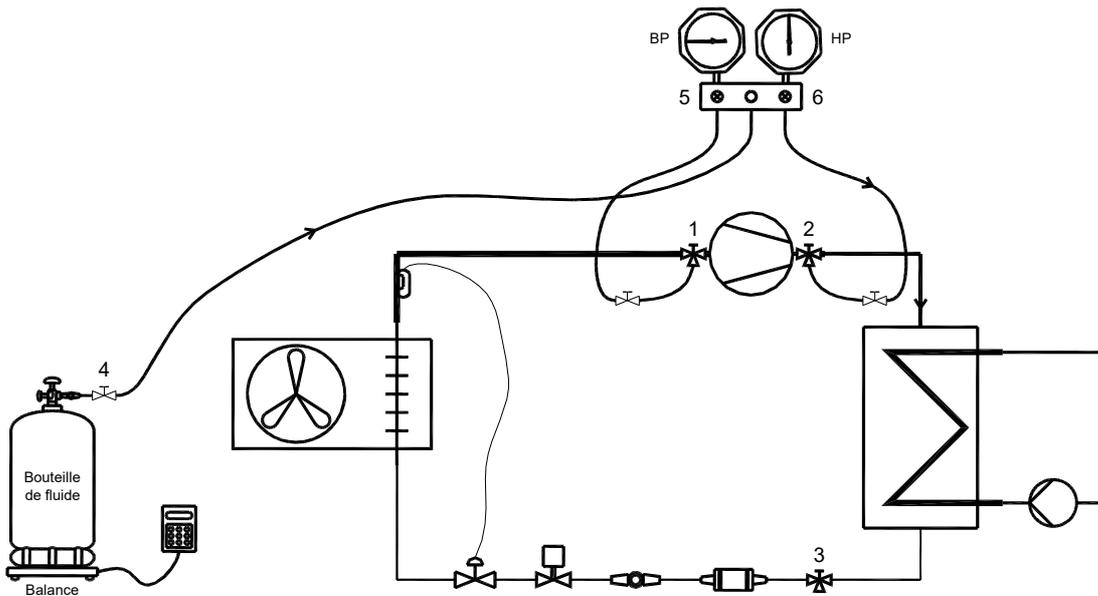


Figure 43 : Charge d'une installation disposant d'une vanne de charge sur la conduite liquide



**Figure 44 : Charge d'une installation ne disposant pas de vanne de charge**

Par la suite, selon la taille de l'installation, **le complément de charge** est effectué après mise en fonctionnement de celle-ci. Il peut s'effectuer en phase vapeur (fluide pur) à l'aspiration du compresseur ou en phase liquide.

**ATTENTION, ne pas utiliser de ceinture chauffante avec un fluide inflammable.**

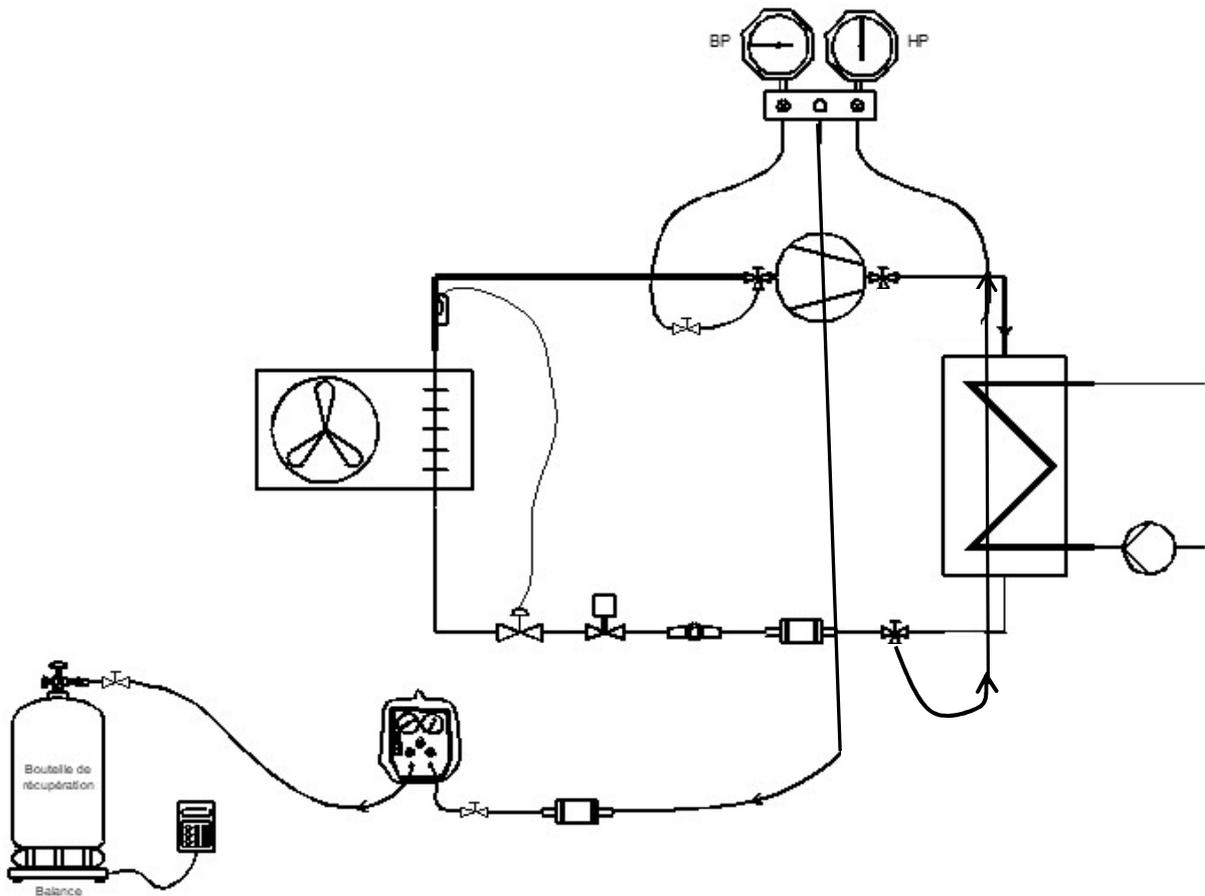
### 8.3. Procédure de récupération du fluide

La récupération se fait de préférence en phase liquide, phase de récupération plus rapide.

La procédure d'intervention est la suivante, installation arrêtée :

- raccorder le manifold ;
- mettre en place à proximité du circuit à traiter l'unité de récupération et la bouteille de récupération placée au préalable sur une balance tarée à 0 kg ;
- raccorder le flexible entre l'unité de récupération et la vanne de la bouteille de récupération ;
- raccorder le flexible entre la vanne de service du manifold et l'unité de récupération ;
- fermer la vanne (électrovanne) sur la conduite liquide située entre le condenseur et le détendeur afin d'éviter toute circulation de fluide ;
- récupérer toute la charge de fluide dans le condenseur (ou dans la bouteille de liquide de l'installation) jusqu'à lire une pression BP de 0 bar (récupération via le fonctionnement du compresseur de l'installation) ;
- arrêter l'installation à vidanger ;
- mettre en fonctionnement l'unité de récupération ;
- terminer la phase de récupération en phase vapeur ;

- arrêter l'opération de récupération lorsque la pression absolue du circuit à vider est de l'ordre de 0,4 bar (pression correspondant en général à l'arrêt automatique de l'unité de récupération) ;
- faire une purge de la station de récupération (fonction « purge » sur la machine) pour récupérer le fluide restant ;
- fermer les différentes vannes de raccordement.



**Figure 45 : Procédure de récupération en phase liquide**



**Figure 46 : Station de récupération adaptée au R-32**

## 9. Gestion des fluides post récupération

La gestion des fluides récupérés dans un équipement est encadrée par l'utilisation de Bordereaux de Suivi des Déchets (BSD). Toute bouteille de récupération doit être accompagnée de ce bordereau.

Les bouteilles de récupérations des fluides inflammables sont reconnaissables à leur ogive rouge.

Le bordereau de suivi des déchets est différent selon la nature du fluide récupéré et sa « provenance ».

Type de déchet	Situation	Document à compléter
Fluide frigorigène HFC, mélanges HFC-HFO Exemples : R-32, R-454B, R-454C, R-455A	1 installation dans 1 ou plusieurs bouteilles	Formulaire Cerfa 15497*02 (Fiche Intervention-Bordereau Suivi Déchets )
	Plusieurs installations dans 1 bouteille	Annexe 1 du Formulaire Cerfa 15497*02
Fluides frigorigènes HFO pur, hydrocarbures Exemples : R-1234ze, R-1234yf, R-290	1 installation dans 1 ou plusieurs bouteilles	Formulaire Cerfa 12571*01 (Bordereau de Suivi Déchets dangereux)
	Plusieurs installations dans 1 bouteille	Annexe 1 du Formulaire Cerfa 12571*01

Les deux formulaires Cerfa sont présentés en annexe 6.

Une fois le fluide récupéré, celui-ci est analysé en vue de sa possible régénération ou de sa destruction. La régénération est le traitement d'un fluide récupéré afin qu'il présente des performances équivalentes à celle du fluide vierge.

L'emploi de fluides régénérés peut répondre à des contraintes d'approvisionnement de fluide mais également à une volonté croissante de maîtriser son impact environnemental.

En termes de régénération, une distinction est à faire selon la nature des fluides :

- Fluides purs (A2L, A2) : régénération possible
- Mélanges de fluides (A2L, A2) : régénération possible sous condition d'avoir au moins une conservation de composition des différentes substances du mélange.

Dans tous les cas, indépendamment de la classe d'inflammabilité du fluide (2L ou 2), la régénération de ces fluides nécessite un matériel ATEX.

Concernant les hydrocarbures, les retours chez le distributeur sont très faibles compte tenu du peu de récupération de ces fluides par les opérateurs. A ce jour, les hydrocarbures récupérés sont détruits par incinération.

## 10. Aspects économiques

Les organismes CITEPA et OKO-RECHERCHE ont communiqué sur la disponibilité des fluides et leurs évolutions de prix d'achat. A partir de mi-2017, les prix moyens d'achat de fluides HFC à fort impact environnemental ont fortement augmenté jusqu'en 2018, avec des coûts entre 6 à 13 fois plus élevés que le prix initial de référence, estimé en 2014 (base 100). Depuis 2018, les prix baissent régulièrement.

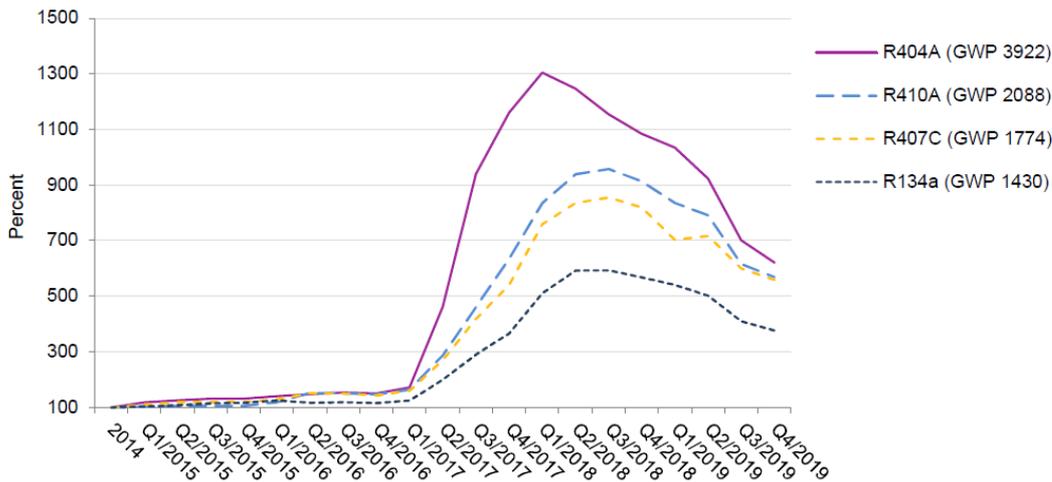


Figure 47 : Evolution du prix moyen d'achat de fluides (référence prise en 2014)

Depuis le deuxième trimestre de 2017, les fluides alternatifs (à faible impact environnemental) sont de plus en plus utilisés. Leur prix moyen d'achat a peu évolué entre 2017 et fin 2019. Les éventuels problèmes d'approvisionnement de ces fluides mentionnés en 2017 ont disparu.

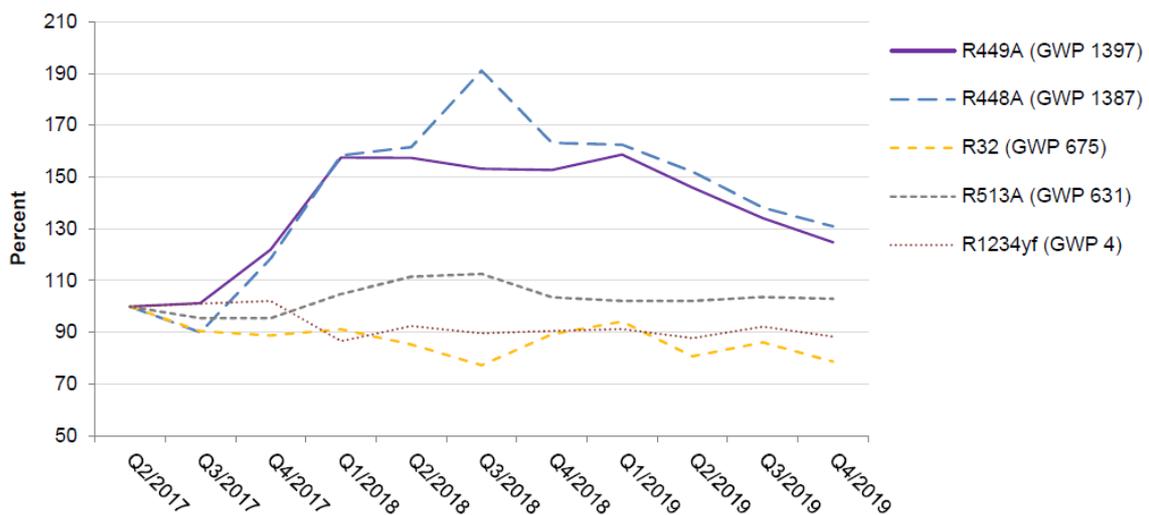
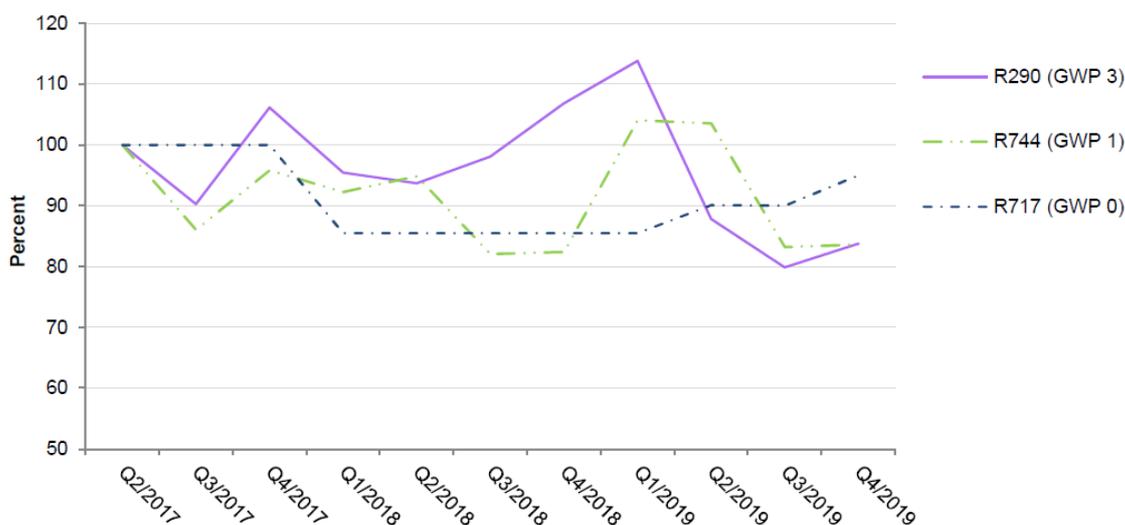


Figure 48 : Evolution du prix moyen d'achat de fluides à moindre ou faible impact environnemental (référence prise au deuxième trimestre 2017)

La faible évolution des prix d'achat est encore plus marquante avec les fluides hydrocarbures et les fluides inorganiques. A ce jour, la disponibilité de ces fluides sur le marché est bonne.



**Figure 49 : Evolution du prix moyen d'achat de fluides inorganiques et hydrocarbure (référence prise au deuxième trimestre 2017)**

Courant 2020, les prix des fluides (HFC, HFO, mélanges) ont peu évolué entre les différents trimestres.

Indépendamment de l'évolution de ces coûts, le coût des hydrocarbures (R-290) peut être inférieur de l'ordre de 30% à celui de fluides HFC et notamment du R-32 (selon [www.eurorefrigerant.com](http://www.eurorefrigerant.com)).

Ci-après, quelques ordres de grandeurs de coût (tarif public) de fluide (ordre de grandeur définit pour des quantités similaires). Le coût varie selon la quantité achetée et le conditionnement.

Fluide frigorigène	Coût (€HT/kg)
R-455A / R-454C	70
R-32	40
R-1234ze	80
R-1234yf	150
R-290	40
R-600a/R-1270	50

**Figure 50 : Ordre de grandeur de coût moyen – Prix public**

La « participation » à la récupération des fluides HFC et HFO est de l'ordre de 1.4 €/kg de fluide.

## 11. Etat des lieux sur les formations dispensées relatives aux fluides inflammables

Les différentes formations recensées sont répertoriées en annexe 7. La liste des organismes et des formations n'est pas exhaustive.

La durée de ces formations est généralement de 1j voire 2j pour quelques formations.

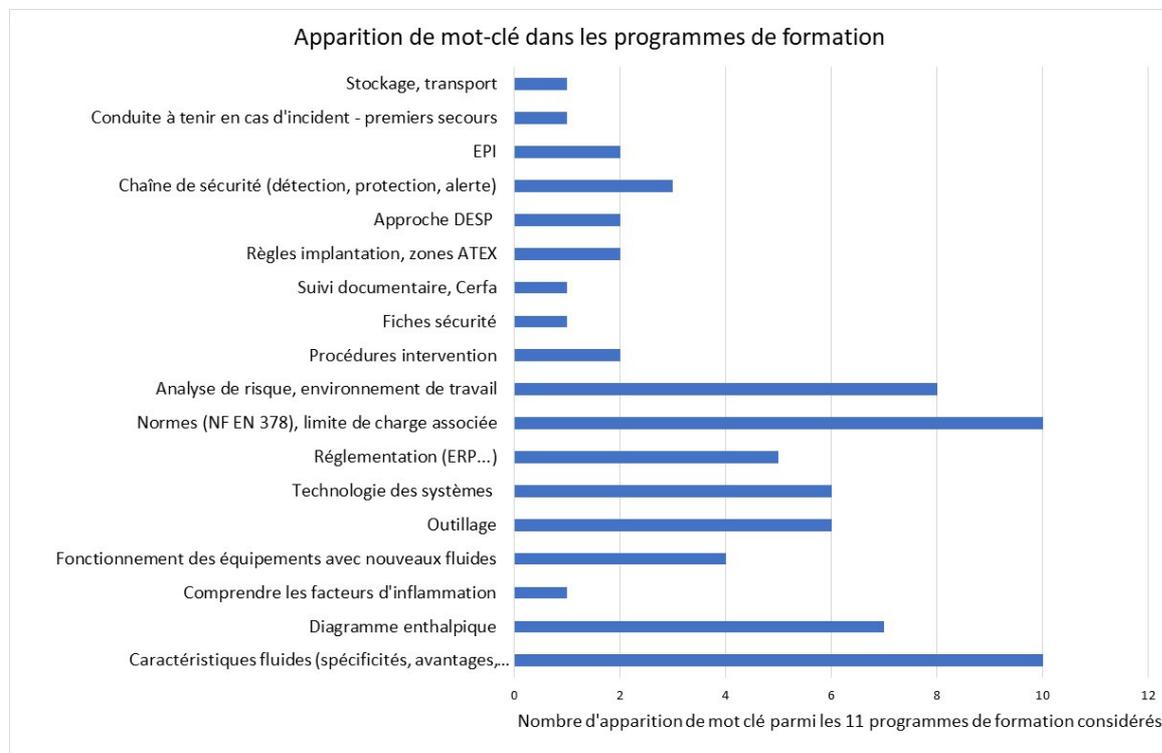
Les formations traitent spécifiquement des hydrocarbures (et notamment des R-290 et R-600a) ou de l'ensemble des fluides inflammables (A2L, A2 et A3).

Dans quasiment tous les cas, les formations incluent une partie théorique et une partie pratique. Une partie dédiée à la visite d'installations avec visualisation des points de vigilance peut venir compléter avantageusement la formation théorique. Cela peut également être un complément à la pratique avant toute intervention sur le circuit.

Côté « théorie », les points traités présentent des similitudes entre les programmes avec récurrence des points suivants :

- les caractéristiques des fluides inflammables et leurs propriétés thermodynamiques,
- le cadre réglementaire et normatif avec les limites de charge,
- l'analyse du risque lors de la préparation de l'intervention,
- les systèmes associés à ces fluides inflammables,
- l'outillage.

La figure ci-dessous présente les principaux mots-clés mentionnés dans les différents programmes de formation.



Côté pratique, la terminologie utilisée dans les programmes peut être moins précise (manipulation, maintenance). Il est toutefois mentionné les points suivants :

- contrôle de fonctionnement du système, relevé de grandeurs
- vidange d'une installation
- tirage au vide
- charge d'une installation.

Les thématiques traitées et les points clés décrits sont synthétisés ci-après.

Champ Application	Fluides traités	Thèmes principaux	Descriptif	Organisme
Général	Tous fluides inflammables	Théorie	Caractéristiques des fluides Points réglementaires (ERP) NF EN 378 et fluides inflammables Mener une étude de risque Concevoir et implanter une installation	Cemafruid
Général	Tous fluides inflammables	Théorie + visite	Caractéristiques des fluides Diagramme enthalpique Analyse de risques (A2L/A2) et A3 Points réglementaires (ICPE, ERP) + DESP, zones sécurité ATEX, NF EN 378 EPI Plan intervention, procédures Visites maintenance, contrôles Chargement, stockage	Clauger
Général	Tous fluides inflammables	Théorie + Pratique	Caractéristiques des fluides Diagramme enthalpique Points réglementaires Risques associés Procédures intervention Equipements	Costic (2j)
Général	Tous fluides inflammables	Théorie + pratique	Caractéristiques des fluides Diagramme enthalpique NF EN 378 et fluides inflammables Transport, stockage Chaîne de sécurité : détection, moyens de protection, alarme Soupape de sécurité Outillage Analyse des risques et environnement de travail Procédures pratiques	Clauger
Climatisation	Tous fluides inflammables	Théorie + Pratique	Points réglementaires Spécificités interventions (outillage, risques) Suivi documentaire (Cerfa) Récupération, charge en R-32	Apave

Champ Application	Fluides traités	Thèmes principaux	Descriptif	Organisme
Général	Hydrocarbures (R-290, R-600a)	Théorie + Pratique	Caractéristiques des fluides Points réglementaires Outillage Etude de risques, fiches sécurité	Afpa
Général	Hydrocarbures (R-290, R-600a)	Théorie + Pratique	Caractéristiques des fluides Diagramme enthalpique Limite de charge Outillage	Apave (2j)
Général	Hydrocarbures (R-290, R-600a)	Théorie + pratique	Caractéristiques des fluides NF EN 378 et fluides inflammables Technologie matériel : éléments du système frigo	CFI
Général	Hydrocarbures (R-290, R-600a)	Théorie + pratique	Caractéristiques des fluides Limite de charge selon réglementation Outillage Précaution pour remplacement des composants Modes opératoires	GFF
Réfrigération	Hydrocarbures (R-290, R-600a)	Théorie	Caractéristiques des fluides NF EN 378 et fluides inflammables Règles implantation Zones ATEX Outillage	La RPF
Petites installations	Hydrocarbures (R-290, R-600a)	Théorie + Pratique	Caractéristiques des fluides Diagramme enthalpique Maintenance, changement de composant	La RPF

## 12. Retours d'expérience

Un questionnaire a été réalisé afin de recueillir les retours d'expérience, avis et souhaits des professionnels.

Cette enquête s'est adressée à tous les acteurs intervenant lors des différentes phases de vie d'une installation : conception, installation ; mise au point, exploitation.

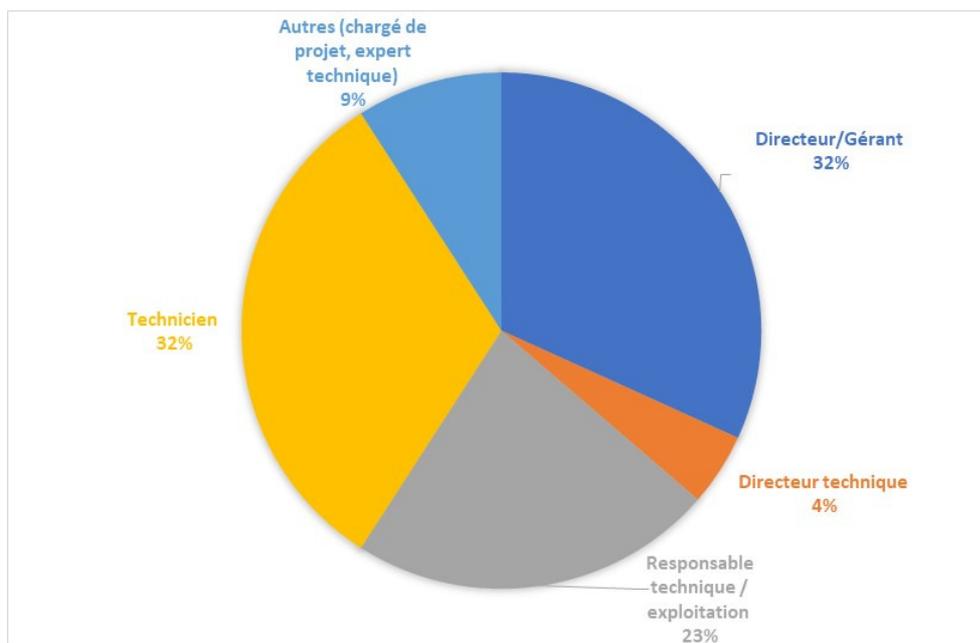
L'objectif de l'enquête est double :

- Evaluer la pratique et les connaissances actuelles des professionnels ;
- Connaître leurs attentes face aux fluides inflammables.

Les 25 professionnels ayant répondu à l'enquête appartiennent à des entreprises de taille plus ou moins importante dans les spécificités suivantes :

- Industriel-fabricant
- Entreprise de Génie Climatique et maintenance
- Entreprise d'installation en réfrigération commerciale et industrielle
- Entreprise d'installation en climatisation-chauffage
- Entreprise installation/mise en service/maintenance des machines frigorifiques

La fonction des personnes ayant répondu au questionnaire est présentée ci-après.



La fonction des personnes n'a pas eu d'impact significatif sur les réponses observées.

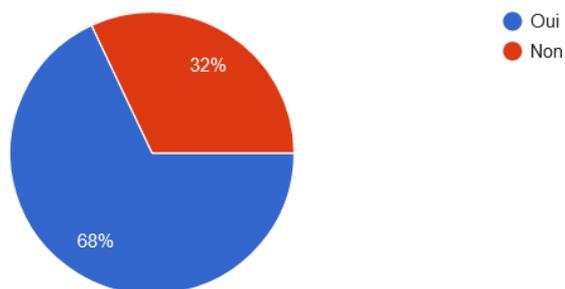
L'ensemble des questions et réponses sont données en annexe 8. Nous reprenons ici les principaux résultats obtenus.

Une proportion plus ou moins importante de professionnels a déjà manipulé des fluides inflammables :

- 68 % pour les fluides légèrement inflammables (A2L)
- 40% pour les fluides hautement inflammables (A3)

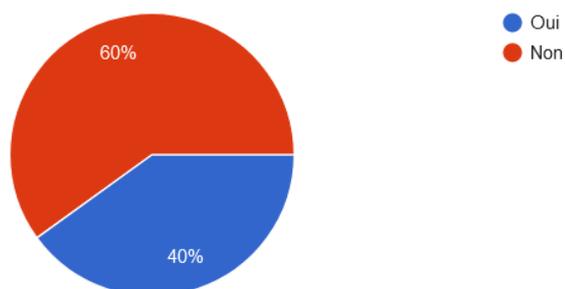
Avez-vous déjà manipulé des fluides légèrement inflammables (R32, R1234ze, R454B...) :

25 réponses



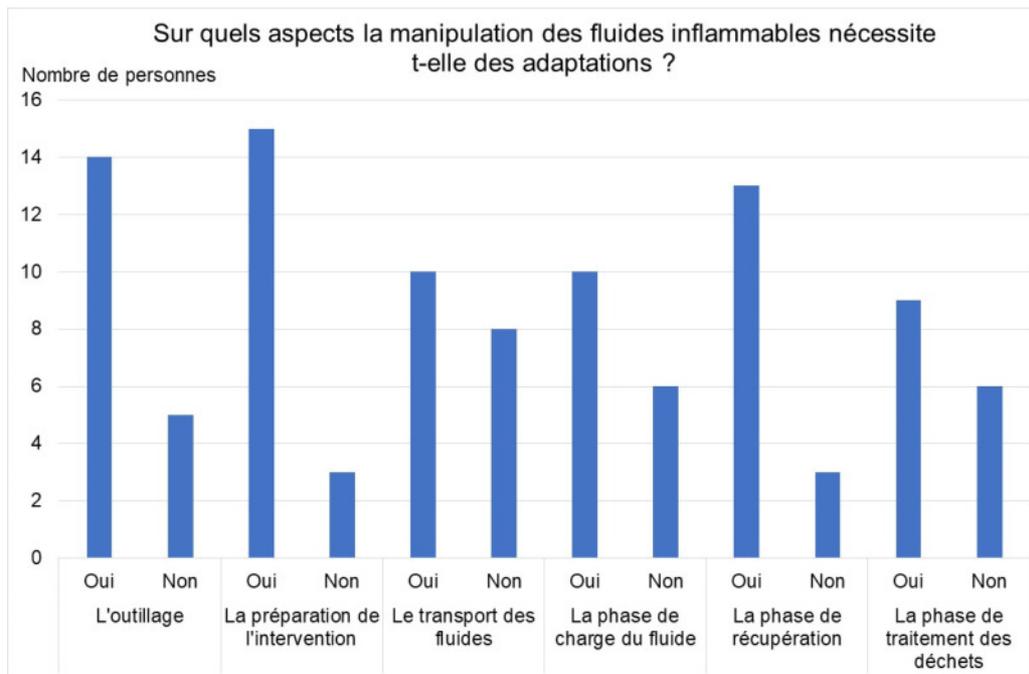
Avez-vous déjà manipulé des fluides hautement inflammables (hydrocarbures : R290, R600a...) :

25 réponses



Pour les personnes interrogées, la manipulation des fluides inflammables se traduit dans 80% des cas par une adaptation des procédures concernant notamment :

- La préparation de l'intervention
- L'outillage
- La phase de récupération.



Il est à noter que dans près de 80% des cas, la procédure de vidange utilisée avec le R-290 est le rejet dans l'atmosphère (procédure totalement interdite avec les autres fluides HFC, mélanges HFC-HFO ou encore HFO).

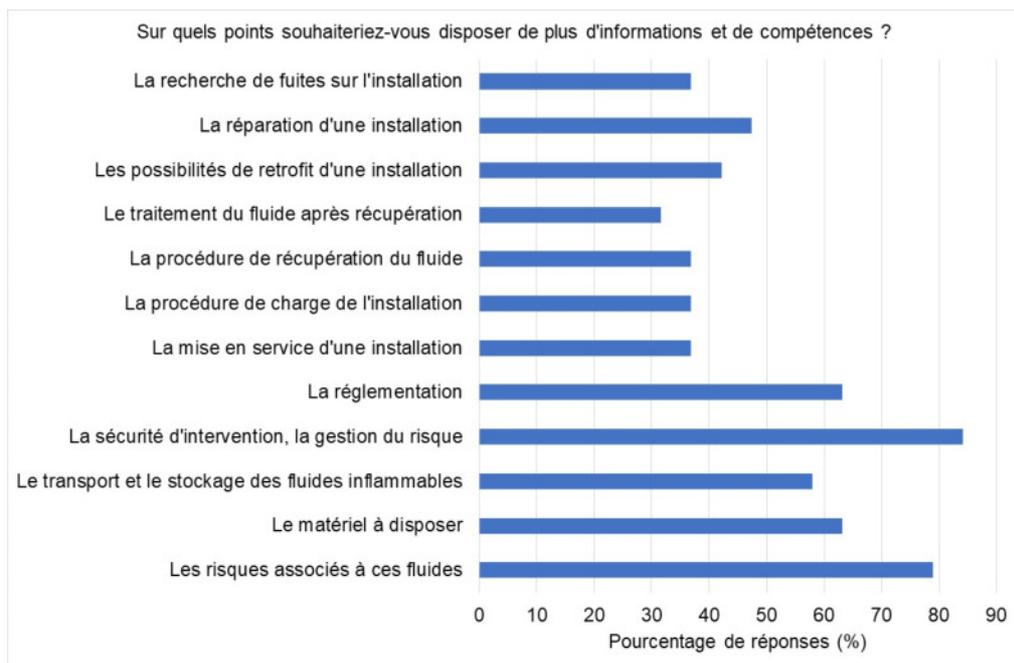
Quelques mesures de sécurité et autres jugées essentielles pour la manipulation des fluides frigorigènes ont été rapportées par les professionnels :

- Effectuer un tirage au vide avant toute intervention sur une installation (absence totale de fluide avant toute manipulation)
- Adapter tout le matériel aux caractéristiques du fluide
- Couper toute alimentation des composants électriques de l'équipement
- Réaliser une opération de brasage sous filet d'azote
- Disposer d'un extincteur adapté à proximité de la zone de travail
- S'assurer de l'absence de source de chaleur à proximité
- Veiller à la bonne aération du local
- Former impérativement les opérateurs dédiés à cette manipulation
- Clarifier le classement en zones et les obligations du responsable de site quant au document d'évaluation des risques (DUER et DRPCE)

Toutefois, il est important de noter que 76% des professionnels interrogés estiment être insuffisamment formés à la manipulation de ces fluides.

Leurs souhaits d'information et de montée en compétences concernent, dans plus de 50% des cas, les points suivants :

- La sécurité d'intervention, la gestion du risque (84% des réponses)
- Les risques associés aux fluides inflammables (79%)
- La réglementation (63%)
- Le matériel à disposer (63%)
- Le transport et le stockage (58%).



Les demandes des professionnels, à travers les points « théoriques » à approfondir, sont en adéquation avec les contenus des formations analysés dans le chapitre précédent.

## GLOSSAIRE

GWP : Global Warming Potential (kg CO<sub>2</sub>/kg fluide)

PRP : Potentiel de Réchauffement Planétaire (kg CO<sub>2</sub>/kg fluide)

LII : Limite Inférieure d'Inflammabilité (kg/m<sup>3</sup>)

LFL : Lower Flammability Limit (kg/m<sup>3</sup>) (selon NF EN 378-1)

LSI : Limite Supérieure d'Inflammabilité (kg/m<sup>3</sup>)

LIE : Limite Inférieure d'Explosivité (kg/m<sup>3</sup>)

RCL : Limite de concentration du fluide frigorigène (kg/m<sup>3</sup>) (selon NF EN 378-1)

QLAV : Quantité Limite avec ventilation supplémentaire (selon NF EN 378-1)

QLMV : Quantité Limite avec Ventilation minimale (selon NF EN 378-1)

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arrêté du 24 juillet 2020 relatif à l'entretien des systèmes thermodynamiques dont la puissance nominale est comprise entre 4 kW et 70 kW inclus

Arrêté du 10 mai 2019 modifiant l'arrêté du 30 décembre 2011 portant règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique

Arrêté du 10 mai 2019 modifiant l'arrêté du 25 juin 80 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP)

Arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples

Arrêté du 29 février 2016 modifié relatif à certains fluides frigorigènes et aux gaz à effet de serre fluorés

Arrêté du 29 mai 2009 modifié relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit « arrêté TMD ») – version consolidée au 22 décembre 2019, Ministère Transition Ecologique et Solidaire

Arrêté du 25 juin 1980 modifié relatif au règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public – articles PE, dispositions applicables aux établissements de la 5<sup>ème</sup> catégorie

ASERCOM, Normes de sécurité et composants pour fluides frigorigènes inflammables, juillet 2020, 21p.

Cahier Technique Professionnel pour le suivi en service des systèmes frigorifiques sous pression, juillet 2020, 99p.

Directive 2014/35/CE du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des Etats membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension

Directive 1999/92/CE du 16 décembre 1999 concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives

Guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les magasins de vente et les centres commerciaux, ministère de l'Intérieur, décembre 2017

IEC 60335-2-40, Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-40 : Particular requirements for electrical heat pumps, air-conditioners and dehumidifiers, janvier 2018

IEC 60335-2-89, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-89 : Exigences particulières pour les appareils de réfrigération et fabriques de glace à usage commercial avec une unité de fluide frigorigène ou un motocompresseur incorporé ou à distance, juin 2019

INERIS, Etude de sécurité sur le remplacement des fluides frigorigènes, rapport définitif N°DRA-17-169753-11711A, décembre 2017, 121p.

INERIS, Evaluation des risques associés à l'utilisation de fluides frigorigènes inflammables dans les IGH, rapport final N°DRA-18-177810-11028A, décembre 2019, 40p.

INRS, Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (Atex) – Guide méthodologique, ED 945, 2020, 66p.

INRS, L'explosion d'Atex sur le lieu de travail, ED 6337, 2020, 12p.

NF EN 378-1, systèmes frigorifiques et pompes à chaleur – exigences de sécurité et d'environnement – Partie 1 : exigences de base, définitions, classification et critère de choix, avril 2017

NF EN 378-2 systèmes frigorifiques et pompes à chaleur – exigences de sécurité et d'environnement – Partie 2 : conception, construction, essais, marquage et documentation, avril 2017

NF EN 378-3 systèmes frigorifiques et pompes à chaleur – exigences de sécurité et d'environnement – Partie 3 : installation in-situ et protection des personnes, avril 2017

NF EN 378-4 systèmes frigorifiques et pompes à chaleur – exigences de sécurité et d'environnement – Partie 3 : fonctionnement, maintenance, réparation et récupération, avril 2017

NF EN 60079-10-1, Atmosphères explosives – Partie 10-1 : Classement des emplacements – Atmosphères explosives gazeuses, mai 2016

NF EN 378 : 2017 pour les systèmes frigorifiques et pompes à chaleur – Guide pour réaliser les analyses de risques, Uniclimate – Cetim, version 2017

OPPBTP, Transport des marchandises dangereuses par route, emballées en colis – Prescriptions générales, Fiche prévention A6 F 01 19, 2019, 10p.

OPPBTP, Transport des marchandises dangereuses par route en quantités limitées – Régime des exemptions et dérogations partielles ou totales aux prescriptions de l'ADR, Fiche prévention A6 F 02 19, 2019, 8p.

Règlement UE N°517/2014 du 16 avril 2014 relatif aux gaz à effet de serre fluorés et abrogeant le règlement (CE) N°842/2006

# ANNEXES



## ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES THERMODYNAMIQUES DE FLUIDES

	Fluide frigorigène R-32
Type	HFC (corps pur)
Classe sécurité	A2L
Groupe de fluide « DESP »	1
GWP (AR4 - valeur prise en compte dans le Règlement F-GAS N°517/2014 du 16 avril 2014 /AR5) (kg CO <sub>2</sub> /kg fluide)	675/677
Masse molaire (g/mol)	52
Limite inférieure inflammabilité (kg/m <sup>3</sup> )	0.307 (13.3%)
Température auto-inflammation (°C)	648
Température d'ignition sur surface chaude (°C)	> 800
Point éclair (°C)	< -50
T°C critique (°C)	78.1
P critique (bar)	57.82
T°C ébullition (°C) (à 1,013 bar)	-51.7
Glissement de température sous 1.013 bar (K)	0
Limite de toxicité / limite de privation d'oxygène (ATEL / ODL) (kg/m <sup>3</sup> )	0.301
Limite pratique (kg/m <sup>3</sup> )	0.061
Chaleur latente de vaporisation au point d'ébullition (kJ/kg)	381
Type de lubrifiant	Huile type POE spécifique

	Fluide frigorigène R-454B
Type	Mélange HFO/HFC Mélange : 68.9% R-32 / 31.1% R-1234yf
Classe sécurité	A2L
Groupe de fluide « DESP »	1
GWP (AR4- valeur prise en compte dans le Règlement F-GAS N°517/2014 du 16 avril 2014 /AR5) (kg CO <sub>2</sub> /kg fluide)	468/466
Masse molaire (g/mol)	62.6
LFL (Limite inférieure inflammabilité) (kg/m <sup>3</sup> )	0.307
Température auto-inflammation (°C)	498
Température d'ignition sur surface chaude (°C)	> 800
T°C critique (°C)	77
P critique (bar)	-
T°C ébullition (°C) (à 1,013 bar)	-50.9 (point ébullition)
Glissement de température sous 1.013 bar (K)	1.5
Limite de toxicité / limite de privation d'oxygène (ATEL / ODL) (kg/m <sup>3</sup> )	0.435
Limite pratique (kg/m <sup>3</sup> )	0.039
Type de lubrifiant	Huile synthétique POE

	<b>Fluide frigorigène R-454C</b>
Type	Mélange HFO/HFC Mélange : 21.5% R-32 / 78.5% R-1234yf
Classe sécurité	A2L
Groupe de fluide « DESP »	1
GWP (AR4- valeur prise en compte dans le Règlement F-GAS N°517/2014 du 16 avril 2014 /AR5) (kg CO <sub>2</sub> /kg fluide)	148/146
Masse molaire (g/mol)	90.8
LFL (Limite inférieure inflammabilité) (kg/m <sup>3</sup> )	0.286
Température auto-inflammation (°C)	-
Température d'ignition sur surface chaude (°C)	> 800
T°C critique (°C)	82.4
P critique (bar)	-
T°C ébullition (°C) (à 1,013 bar)	-45.9 (point ébullition)
Glissement de température sous 1.013 bar (K)	6
Limite de toxicité / limite de privation d'oxygène (ATEL / ODL) (kg/m <sup>3</sup> )	0.445
Type de lubrifiant	Huile synthétique POE

	<b>Fluide frigorigène R-455A</b>
Type	Mélange HFO/HFC Mélange : 3% R-744 / 21.5% R-32 / 75.5% R-1234yf
Classe sécurité	A2L
Groupe de fluide « DESP »	1
GWP (AR4- valeur prise en compte dans le Règlement F-GAS N°517/2014 du 16 avril 2014 /AR5) (kg CO <sub>2</sub> /kg fluide)	148/146
Masse molaire (g/mol)	87.45
LFL (Limite inférieure inflammabilité) (kg/m <sup>3</sup> )	0.423
Température auto-inflammation (°C)	473
Température d'ignition sur surface chaude (°C)	-
T°C critique (°C)	85.6
P critique (bar)	48.2
T°C ébullition (°C) (à 1,013 bar)	-52.1 (point ébullition) (-40)
Glissement de température sous 1.013 bar (K)	12.8
Chaleur latente de vaporisation au point d'ébullition sous 1,013 bar (kJ/kg)	239.46
Limite de toxicité / limite de privation d'oxygène (ATEL / ODL) (kg/m <sup>3</sup> )	0.429
Limite pratique (kg/m <sup>3</sup> )	-
Type de lubrifiant	Huile synthétique POE

	<b>Fluide frigorigène R-1234ze(E)</b>
Type	HFO
Classe sécurité	A2L
Groupe de fluide « DESP »	2
GWP (AR4- valeur prise en compte dans le Règlement F-GAS N°517/2014 du 16 avril 2014 /AR5) (kg CO <sub>2</sub> /kg fluide)	7/< 1
Masse molaire (g/mol)	114
LFL (Limite inférieure inflammabilité) (kg/m <sup>3</sup> )	0.303
Température auto-inflammation (°C)	368°C
Température d'ignition sur surface chaude (°C)	> 800
T°C critique (°C)	109.4
P critique (bar)	363.5
T°C ébullition (°C) (à 1,013 bar)	-19
Glissement de température sous 1.013 bar (K)	0
Chaleur latente de vaporisation au point d'ébullition sous 1,013 bar (kJ/kg)	195.62
Limite de toxicité / limite de privation d'oxygène (ATEL / ODL) (kg/m <sup>3</sup> )	0.28
Limite pratique (kg/m <sup>3</sup> )	0.061
Type de lubrifiant	Huile synthétique POE, PAG

	<b>Fluide frigorigène R-290</b>
Type	Hydrocarbure
Classe sécurité	A3
Groupe de fluide « DESP »	1
GWP (AR4- valeur prise en compte dans le Règlement F-GAS N°517/2014 du 16 avril 2014 /AR5) (kg CO <sub>2</sub> /kg fluide)	3/3
Masse molaire (g/mol)	44
Limite inférieure inflammabilité (kg/m <sup>3</sup> )	0.038 (2.2%)
Température auto-inflammation (°C)	470°C
Température de surface maximale admise (°C)	370°C
Point éclair (°C)	-105
T°C critique (°C)	96.7
Pression critique (bar)	42.51
T°C ébullition (°C) (à 1,013 bar)	-42.1
Glissement de température sous 1.013 bar	0
Chaleur latente de vaporisation au point d'ébullition sous 1,013 bar (kJ/kg)	425.3
Limite de toxicité / limite de privation d'oxygène (ATEL / ODL) (kg/m <sup>3</sup> )	0.09
Limite pratique (kg/m <sup>3</sup> )	0.008
Type de lubrifiant	Huile minérale (naphténique) Huile synthétique (AB, PAO)

## ANNEXE 2 : EXEMPLES DE POINTS A VERIFIER ET DE RECOMMANDATIONS

Phase conception	Système assemblé sur site et chargé sur site	Système d'usine placé en extérieur	Système d'usine placé dans enceinte ventilée (IV)	Système d'usine placé dans salle des machines
Les différents composants d'une installation doivent être conçus pour un fonctionnement avec un fluide inflammable	x	x	x	x
En cas de fuite de fluide frigorigène, le fluide ne peut pas rentrer dans le bâtiment		x		
La charge de fluide dans le système est calculée et vérifiée selon le type de bâtiment, son implantation, le type de système (conforme à réglementation ou norme)	x	x	x	x
En présence d'une charge de fluide liée aux valeurs QLMV, QLAV, des mesures complémentaires sont considérées	x			
Aucune source d'inflammation à proximité directe du système frigorifique (ou un équipement adapté au risque de la zone)	x	x	x	x
L'alimentation électrique du système frigorifique est indépendante des équipements de sécurité du système (ventilation, alarme, éclairage)	x	x	x	x
L'alimentation électrique de tout élément électrique est isolée lorsque la concentration en fluide atteint 25% LII				x
Un équipement électrique devant fonctionner dans un environnement avec des niveaux de concentration de fluide > 25% LII doit être adapté à ce fonctionnement				x
Les détecteurs de fuite sont calibrés pour agir sur les systèmes de sécurité (alarme, arrêt, ventilation) à un niveau $\leq 25\%$ LII ou $< LII$ (selon bâtiment)	x		x	x
Le système de détection de fuite est adapté au fluide mesuré	x		x	x
Le système de détection est placé à l'endroit où existe un risque de stagnation de fluide (selon densité du fluide)	x		x	x

Phase installation	Système assemblé sur site et chargé sur site	Système d'usine placé en extérieur	Système d'usine placé dans enceinte ventilée (IV)	Système d'usine placé dans salle des machines
Une analyse de risque est menée pour l'installation du système	x			x
La réalisation des raccordements de tuyauteries est conforme à l'utilisation du fluide : raccords vissés, raccords brasés	x			
Le brasage est à effectuer sous un filet d'azote	x			
Les raccordements de tuyauteries dans les espaces occupés se font avec des raccords non démontables (sauf raccordement unité intérieure)	x			
La mise sous pression du système est faite avec de l'azote déshydraté	x			
Les points d'accès des systèmes sont étiquetés avec le symbole « flamme » approprié	x	x	x	x
Une notice d'avertissement est mise en place		x		x
Toute source d'inflammation est éloignée du système	x	x	x	x
La surface au sol / le volume du local sont adaptés à la charge en fluide du système	x			
Les mesures de sécurité sont adaptées à la quantité de fluide du système, à son emplacement	x	x	x	x
Avant toute charge du fluide, la ventilation du local est mise en route (et son fonctionnement est vérifié)	x			

Phase de mise en service	Système assemblé sur site et chargé sur site	Système d'usine placé en extérieur	Système d'usine placé dans enceinte ventilée (IV)	Système d'usine placé dans salle des machines
La présence et le fonctionnement du système de ventilation sont vérifiés pour empêcher la formation d'une atmosphère inflammable	X			
Le matériel (pompe à vide, balance de pesée, machine de récupération, bouteille de fluide) est adapté au type de fluide	X			
Un test d'étanchéité du système est effectué avant la charge	X			
La procédure de charge est définie	X			
Un contrôle d'étanchéité est réalisé après la charge du système	X			
Le système de détection de fuite est testé, vérifié	X			X
La documentation de l'installation est complète et vérifiée	X	X	X	X
Tous les équipements de sécurité sont vérifiés avant la mise en service	X	X	X	X
Juste après la mise en service, s'assurer que les conduites ne présentent pas de vibration anormale pouvant entraîner un risque de rupture	X			

<b>Phase exploitation (maintenance, réparation)</b>	<b>Système assemblé sur site et chargé sur site</b>	<b>Système d'usine placé en extérieur</b>	<b>Système d'usine placé dans enceinte ventilée (IV)</b>	<b>Système d'usine placé dans salle des machines</b>
Le niveau de compétences des opérateurs est en accord avec l'utilisation de fluides inflammables	x	x	x	x
Tous les équipements de sécurité (alarme, détecteur, ventilation) sont vérifiés et entretenus à des fréquences conformes aux notices fabricant	x		x	x
Une analyse des dangers et une appréciation des risques sont réalisées avant toute intervention (zones à délimiter, précautions, vérifications) afin de limiter tout risque (pas de source d'inflammation dans zone potentielle de stagnation de fluide en cas de fuite)	x	x	x	x
Un marquage de la zone d'entretien / réparation est présent ou à effectuer	x	x	x	x
Le matériel de manipulation est adapté à l'aspect inflammable des fluides (PAV, détecteur de fuite portable, manomètre, bouteilles, station de récupération). A minima, outils anti-étincelle pour les fluides A2L.	x	x	x	x
Le détecteur de fuite portatif est adapté au fluide et est étalonné	x	x	x	x
Le détecteur de fuite portatif est réglé à un niveau < 25% LII	x	x	x	x
Le détecteur de fluide portatif est allumé avant de pénétrer dans la zone d'intervention	x		x	x
La concentration de fluide dans la zone de travail est contrôlée en continu	x	x	x	x
Aucun matériau inflammable ou source d'inflammation se trouvent dans la zone de travail	x	x	x	x
Avant toute opération, s'assurer que la zone de travail est ventilée en permanence	x		x	x
Pour toute réparation, avoir le cas échéant une autorisation de travaux par points chauds	x	x	x	x
Avant tout travaux, l'alimentation électrique de l'installation est coupée	x	x	x	x
Un test d'étanchéité est effectué avant travaux pour s'assurer qu'il n'existe pas de risque de fuite	x	x	x	x
L'ouverture des conduits est réalisée avec un coupe tube uniquement. Pas de flamme nue	x			
Le système est purgé à l'azote sec avant et après la réparation	x	x	x	x
Avant toute intervention électrique, vérifier la concentration de gaz dans l'atmosphère	x	x	x	x

## **ANNEXE 3 : EXEMPLES DE LOGIGRAMMES : CAS GENERAL ET CAS D'APPLICATION**

Logigrammes « conception – installation » et « exploitation – maintenance »

**Conception – installation**  
**Actions à mener (références bibliographiques)**

Etape N°1 : décrire le site

Type de bâtiment,  
type de zone d'installation (local, SDM,  
extérieur...), liste des autres  
installations/équipements techniques  
(*chapitre 4*) - (NF EN 378-1, directives ATEX)

Etape N°2 : décrire l'installation

Nature du système : système d'usine (marquage CE),  
système assemblé sur site ; système direct, système  
indirect ;  
Schéma d'implantation (longueur/DN tuyauterie, raccords,  
passage tuyauteries en zone occupée, protections...)  
(*chapitre 4*) - (NF-EN 378-1, 378-2, arrêté 10 mai 2019,  
DESP)

Caractéristiques du fluide, charge de fluide et mesures  
associées  
(*chapitres 1, 4 – annexe 1*) - (NF EN 378-1, 378-3, arrêté 10  
mai 2019 (ERP sauf cat.5))

Etape N°3 : analyser les risques par rapport au site et à l'installation

Fuites de fluide (perte de confinement sur installation), quantité de fluide libérée entraînant une concentration > LII (et < LSI), étendue de la zone potentielle de stagnation de fluide, présence de sources inflammation (surface chaude, flamme, équipements électriques, étincelles)

A2L : risque incendie            A2, A3 : risque explosion

(*chapitres 1, 4, 6 – annexe 4*) - (NF EN 378-2, directives ATEX, NF EN 60079-10-1)

Etape N°4 : lister les mesures de sécurité à adopter pour l'installation et son environnement afin de réduire les risques

- Renforcement étanchéité du système, protection : type de raccords, protection tuyauterie, capotage...
- Pas de stagnation ou accumulation de fluide dans une zone
- Respect notice instruction fabricant (emplacement, distance de sécurité...)
- Conception adaptée des installations électriques selon étendue de zone de fuite : équipement adapté au risque (par exemple ATEX 2) si présence dans zone de fuite – arrêt des installations électriques en cas de fuite sauf équipements de secours (ventilateur urgence, détecteurs, alarme, éclairage secours...)
- Equipements de sécurité à prévoir (selon la zone, la charge de fluide) : nature, nombre, localisation, paramétrage des dispositifs de sécurité
- Adéquation entre le bâtiment, la zone d'implantation du système, la charge de fluide et les mesures de sécurité

(*chapitres 4, 5, 6 – annexe 2*) - (NF EN 378, arrêté 10 mai 2019 (ERP sauf cat.5), directives ATEX, NF EN 60079-10-1)

Etape N°5 : effectuer la mise en service

- Etat global de l'installation à vérifier (système frigorifique, équipements de sécurité...)
- Contrôle d'étanchéité
- Procédures à définir (charge), outillage à adapter
- Elaboration document technique (plan de l'installation, tracé, calcul de la charge, implantation dispositifs de sécurité...)

(*chapitres 4, 6, 7, 8 – annexe 2*) - (NF EN 378-2, F-Gas, arrêté 24 juillet 2020, arrêté 10 mai 2019 (ERP sauf cat.5))

**Exploitation – maintenance**  
**Actions à mener/vérifier (références bibliographiques)**

Etape N°1 : Prendre connaissance du site et de l'installation  
Adéquation bâtiment, zone installation, charge fluide, mesures de sécurité

Type de bâtiment,  
type de zone d'installation (local, SDM,  
extérieur...), autres  
installations/équipements techniques  
(chapitre 4) - (NF EN 378-1, directives ATEX)

Nature du système : système d'usine, système assemblé sur  
site ; système direct, système indirect ;  
Documentation technique (nature du fluide, charge de fluide,  
longueur et diamètre tuyauterie, tracé, dispositifs de sécurité ...)  
(chapitres 1, 4) - (NF-EN 378-1, 378-2, arrêté 10 mai 2019 (ERP  
sauf cat.5), CTP suivi en service des systèmes frigorifiques sous  
pression – juillet 2020)

Etape N°2 : analyser les risques pendant intervention et rédiger le DRPCE (Document Relatif à la Protection contre  
les Explosions)

Fuites de fluide (perte de confinement sur les équipements, rupture tuyauterie), quantité de fluide rejetée, source  
inflammation à proximité (flamme, matériel électrique), surface chaude en contact du fluide fuyard, milieu confiné

A2L : risque incendie                      A2, A3 : risque explosion

(chapitres 4, 5, 6 – annexe 4) (NF EN 378-2, directives ATEX, NF EN 60079-10-1, Guide « M » (groupes logés))

Etape N°3 : sécuriser et préparer la zone de travail

- Signalétique de danger, EPI
- Vérification des dispositifs de sécurité (présence, fonctionnement, localisation...)
  - Vérification de la ventilation de la zone
  - Arrêt de l'alimentation électrique de l'installation
  - Détecteur de gaz portatif adapté au risque
  - Absence de source d'inflammation dans la zone de travail
- Pas de stockage de matière inflammable à proximité de l'installation
- Tout équipement laissé sous tension pendant l'entretien (dispositifs de sécurité) doit être adapté au risque

(chapitres 4, 7, 8 – annexes 2, 4) (Directives ATEX, Guide « M » (groupes logés))

Etape N°4 : intervenir sur l'installation

- Outillage adapté au fluide, permis feu, EPI
- Procédures sur l'installation (récupération, tirage au vide, charge)
  - Test d'étanchéité
- Document technique de l'installation à mettre à jour

(chapitres 7, 8 – annexes 2, 6) (NF EN 378-3, 378-4, F-Gas, arrêté 24 juillet 2020, arrêté 10 mai 2019 (ERP sauf  
cat.5))

**Conception – installation**  
**Chiller – salle des machines – fluide A2L**

Etape N°1 : caractériser l'ensemble

Caractériser le système : puissance, nature du fluide, charge de fluide, dispositifs de protection, encombrement  
Caractériser la salle des machines : présence d'autres installations, dimensions...  
Analyser notice fabricant

Etape N°2 : analyser les risques dans la salle des machines

- présence de sources d'inflammation dans la zone d'installation du système et zone potentielle de fuite de fluide : surfaces chaudes (température maximale selon le fluide), flamme nue, équipements/matériels électrique (du chiller et des autres systèmes présents)
- Pas de restriction de charge de fluide : analyse de l'étendue de la zone dangereuse (zone de fuite de fluide où niveau de concentration > Limite Inférieure Inflammabilité du fluide) (NF EN 60079-10-1, logiciel dispersion de fuite)

Etape N°3 : choisir les équipements

- Conception des équipements (considérés comme source d'inflammation) adaptée au risque
- Détecteur de fluide à positionner où risque de concentration/stagnation du fluide (selon densité du fluide)
- Systèmes de ventilation pour conditions normales de fonctionnement (4 vol/h) asservi à alarme (et arrêt éventuel installation)
  - Système de ventilation d'urgence asservi au détecteur (système adapté au risque sauf si moteur électrique hors du flux d'air)
- Déclenchement du signal d'alarme (avertissement à l'extérieur et à l'intérieur de la salle des machines) pour un niveau de fluide  $\leq 25\%$  LII et maintien de l'alarme pour les concentrations supérieures (par exemple, paramétrage du détecteur pour niveau = 25% LII)
  - Alimentation électrique des équipements est isolée pour concentration fluide  $\leq 25\%$  LII
- Tout équipement électrique devant fonctionner à des concentrations de fluide > 25% LII (détecteur, alarme) doit être adapté au risque
  - Si charge fluide > Limite pratique, présence d'une porte directement sur extérieur
    - Panneau avertissement fluides inflammables

Etape N°4 : effectuer la mise en service

- Vérifier, compléter la documentation de l'installation (chiller et dispositifs de sécurité associés, sensibilité, paramétrage des capteurs)
  - Vérifier et tester l'implantation des dispositifs de sécurité, leur paramétrage
  - Prévoir les opérations et fréquence de maintenance (étalonnage, vérification)

**Exploitation - maintenance**  
**Chiller – salle des machines – fluide A2L**

Etape N°1 : connaître l'installation et son environnement

Connaissance de l'installation – analyse document technique (nature et charge du fluide, équipements) et notice fabricant (définition possible d'un périmètre de sécurité autour du chiller)

Etape N°2 : préparer l'intervention

- Disposer des EPI, permis de feu (si nécessaire), signalétique de danger, présence d'un extincteur
- Disposer dès l'entrée dans la salle des machines d'un détecteur de fluide portatif étalonné et adapté au fluide (détecteur réglé < 25% LII)
  - Vérifier en continu le niveau de concentration de fluide
- Effectuer une analyse des risques dans la zone d'intervention autour du système : pas de sources d'inflammation, pas de risque de fuite de fluide
  - Couper l'alimentation électrique du système

Etape N°3 : Intervenir sur l'installation

- Disposer d'un outillage adapté au fluide
- Effectuer une purge à l'azote du système avant toute intervention sur le circuit frigorifique
- Si opération de brasage, avoir obligatoirement une surveillance continue de la concentration de fluide et une ventilation
  - Procédures de récupération de fluide, tirage au vide, charge
  - Mise à jour documentation technique

## Conception – installation

### Unité de condensation (extérieur) et évaporateur dans chambre froide (avec occupation significative) – fluide A2L

#### Etape N°1 : caractériser l'installation

- Paramètres divers : puissance à fournir, nature du fluide et caractéristiques thermodynamiques, charge de fluide, tracé du circuit frigorifique, dispositifs de protection, longueur et diamètre tuyauteries, passage des tuyauteries, volume du local
  - Analyse notice fabricant
- Définition de l'activité, de la catégorie d'accès, de la densité de personne/m<sup>2</sup>

#### Etape N°2 : calculer la charge de fluide

- Calcul de la charge maximale selon l'emplacement du système, l'application (réfrigération), la catégorie d'accès de la chambre froide, le volume de la chambre froide et la limite inférieure inflammabilité (LII) du fluide =  $20\% \times LII \times \text{Volume chambre froide}$  (et  $\leq 25 \text{ kg}$ )
- Si nécessité d'augmenter la charge maximale de fluide, prévoir des mesures complémentaires de sécurité
- Mesures de sécurité complémentaires possibles : système de détection de fluide asservi à vanne d'arrêt du système, ventilation, alarme
  - Système de détection paramétré pour une action à un niveau  $\leq 25\% \text{ LII}$  du fluide

#### Etape N°3 : analyser les risques

- Vigilance sur l'emplacement en extérieur de l'unité de condensation (en cas de fuite, éviter entrée du fluide dans le bâtiment)
- Evaluer la présence de sources d'inflammation dans la zone d'installation du système et zone potentielle de fuite de fluide : surfaces chaudes (température maximale selon le fluide), flamme nue, équipements/matériels électrique)
- Définir l'étendue de la zone dangereuse : zone de fuite de fluide où niveau de concentration  $>$  Limite Inférieure Inflammabilité du fluide

#### Etape N°4 : choisir les équipements

- Etanchéité de l'installation à privilégier : raccords brasés, tuyauteries protégées
- Détecteur de fluide à positionner où risque de concentration/stagnation du fluide
- Dispositifs de sécurité éventuels (vannes d'isolement, alarme, ventilation) asservis à un système de détection de fuite : déclenchement pour niveau de concentration  $\leq 25\% \text{ LII}$  (avoir une étendue de zone dangereuse « négligeable »)
- Tout équipement électrique devant fonctionner pour des concentrations de fluide  $> 25\% \text{ LII}$  (détecteur, alarme) doit être adapté au risque

#### Etape N°5 : effectuer la mise en service

- Etablir la documentation de l'installation (notices et inspections)
- Vérifier et tester l'implantation des dispositifs de sécurité, leur paramétrage
  - Prévoir les opérations et fréquence de maintenance

### Exploitation - maintenance

## Unité de condensation (extérieur) et évaporateur dans chambre froide (avec occupation significative) – fluide A2L

### Etape N°1 : connaître l'installation et son environnement

Connaissance de l'installation – analyse document technique (nature et charge du fluide, équipements) et notice fabricant

### Etape N°2 : préparer l'intervention

- Disposer des EPI, permis de feu (si nécessaire), signalétique de danger, présence d'un extincteur
- Disposer dès l'entrée dans la salle des machines d'un détecteur de fluide portatif étalonné et adapté au fluide (détecteur réglé < 25% LII)
  - Vérifier en continu le niveau de concentration de fluide
- Effectuer une analyse des risques dans la zone d'intervention autour du système : pas de sources d'inflammation, pas de risque de fuite de fluide
  - Couper l'alimentation électrique du système

### Etape N°3 : intervenir sur l'installation

- Disposer d'un outillage adapté au fluide
- Effectuer une purge à l'azote du système avant toute intervention sur le circuit frigorifique
- Si opération de brasage, avoir obligatoirement une surveillance continue de la concentration de fluide et une ventilation
  - Procédures de récupération de fluide, tirage au vide, charge
  - Mise à jour documentation technique

## Application confort

### Système direct dans espace occupé – fluide A2L (exemple : split)

**ERP (cat 1 – 4)**

**Non ERP (cat 1 – 4)**

Calcul de la charge de fluide ( $h_0$  : hauteur installation) :

$$m_{\max} = 2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{(1/2)}$$

$$m_{\max} = 2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{(1/2)}$$

$h_0$  : 5 valeurs possibles

$h_0 > 2.2\text{m}$  (possible)

Augmentation possible de la charge de fluide

Oui si :

2 dispositifs de sécurité : vannes isolement circuit et ventilation asservies à un détecteur de fuite

Paramétrage du détecteur pour concentration  $< LII$

Autres caractéristiques :

DN liquide  $\leq 50\text{ mm}$  ( $DN \leq 2''1/8$ )

Isolation unités intérieures : B-s3,d0 (M1)

Pas de raccords démontables sauf unités intérieures

Distance de sécurité autour des raccords démontables des unités intérieures (pas de source d'inflammation) : 1-4m

Pas de distance de sécurité spécifique pour unité extérieure

Vérification annuelle dispositifs de sécurité (totalité dispositifs vérifiée sur 5 ans)

$$m_{\max} = 2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{(1/2)} \text{ et } \leq (1.5 \times 26 \times LII) \quad (\text{annexe C.2 NF EN 378-1})$$

$h_0$  : 4 valeurs possibles

$h_0 \leq 2.2\text{m}$

Pas d'augmentation possible de la charge

OU

Autre solution de calcul de charge intégrant « quantité limite de fluide » (QLMV, QLAV) et  $\leq 195 \times LII$  (annexe C.3 NF EN 378-1) :

(Charge fluide/volume local)

$\leq QLMV$

Pas d'exigences autres

QLMV  $<$  (Charge fluide/volume local)

$\leq QLAV$

+ 1 mesure de sécurité

(NF EN 378-3 - art. 6-8)

Détecteur paramétré pour

concentration  $< QLMV$  ( $< 25\% LII$ )

(Charge fluide/volume local)

$> QLAV$

+ 2 mesures de sécurité (NF EN 378-3 - art. 6-8)

Détecteur paramétré pour

concentration  $< 25\% LII$

Autres caractéristiques :

Pas d'exigences si charge fluide  $\leq 6 LII$

Pas de source d'inflammation à proximité d'une zone potentielle de fuite de fluide

## Application confort

### Système direct dans espace occupé – fluide A3 (exemple : split)

#### ERP (cat 1 – 4)

#### Non ERP (cat 1 – 4)

Calcul de la charge de fluide (  $h_0$  : hauteur installation ) :

$$m_{\max} = 2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{(1/2)}$$

$$m_{\max} = 2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{(1/2)}$$

$h_0$  : 5 valeurs possibles

$h_0 > 2.2\text{m}$  (possible)

$$m_{\max} = 2.5 \times LII^{(5/4)} \times h_0 \times A^{(1/2)} \text{ et } \leq \max(26 \times LII ; 1.5) \quad (\text{annexe C.2 NF EN 378-1})$$

$h_0$  : 4 valeurs possibles

$h_0 \leq 2.2\text{m}$

Augmentation possible de la charge de fluide

Pas d'augmentation de la charge de fluide

Oui si :

2 dispositifs de sécurité : vannes isolement circuit et ventilation asservies à un détecteur de fuite

Paramétrage du détecteur pour concentration  $< LII$

Autres caractéristiques :

DN liquide  $\leq 50\text{ mm}$  ( $DN \leq 2''1/8$ )

Isolation unités intérieures : B-s3,d0 (M1)

Pas de raccords démontables sauf unités intérieures

Distance de sécurité autour des raccords démontables des unités intérieures et extérieures (pas de source d'inflammation) : 2-10 m

Vérification annuelle dispositifs sécurité (totalité dispositifs vérifiée sur 5 ans)

Autres caractéristiques :

Pas d'exigences si charge fluide  $\leq 4\text{ LII}$

Pas de source d'inflammation à proximité d'une zone potentielle de fuite de fluide

Pas de raccords démontables en espace occupé (sauf pour raccordement direct aux unités intérieures)

mise en œuvre pratique des fluides frigorigènes inflammables et légèrement inflammables –

Rapport final COSTIC pour AFCE - ADEME

Mars 2021 – 114 / 140

## Application confort

### Système indirect dans salle des machines – fluide A2L (exemple : chiller)

#### ERP (cat 1 – 4)

Absence de restriction de charge de fluide  
Oui si :

2 dispositifs de sécurité : déclenchement extracteur d'air mécanique et arrêt système frigorifique (électrovanne) asservis à un dispositif de détection de fuites (2 capteurs)  
Paramétrage du système de détection pour concentration < LII  
Dispositif d'avertissement en cas de défaillance du système de détection et d'extraction  
Extracteur d'air mécanique de catégorie 3 (zone ATEX 2)

#### Non ERP (cat 1 – 4)

Pas de restriction de charge de fluide

Caractéristiques principales de la salle des machines :

Alarme (extérieur et intérieur de la salle des machines), ventilation mécanique d'urgence asservies à un dispositif de détection de fuites

Paramétrage du système de détection pour une concentration  $\leq 25\%$  LII

Ventilateur d'urgence par refoulement :

- Installé dans flux d'air et moteur hors flux d'air
- OU
- De conception adaptée à la zone dangereuse

Critère de température de surface maximale pour les surfaces chaudes (sources inflammation)

Conformité équipements électriques : alimentation isolée pour concentration fluide  $\leq 25\%$  LII.

**Application réfrigération**  
**Unité de condensation en extérieur et évaporateur dans chambre froide en rez-de-chaussée – fluide A2L**

**Catégorie accès chambre froide**

Accès surveillé : catégorie « b »

Accès réservé : catégorie « c »

Densité d'occupation

$\geq 1$  personne/10m<sup>2</sup>

$< 1$  personne/10m<sup>2</sup>

Calcul de la charge de fluide :  $20\% \times \text{LII} \times \text{volume chambre froide}$  et  $\leq 25$  kg

Pas de restriction de charge de fluide

OU Autre solution calcul de charge intégrant « quantité limite de fluide » (QLMV, QLAV) et  $\leq 195 \times \text{LII}$  (annexe C NF EN 378-1) :

(Charge fluide/volume chambre froide)  $\leq$  QLMV  
Pas d'exigences complémentaires

QLMV  $<$  (Charge fluide/volume chambre froide)  $\leq$  QLAV  
+ 1 mesure de sécurité (par exemple) (NF EN 378-3 - art. 6-8)  
- vannes isolement circuit frigorifique liées à détecteur de fuite de fluide  
Détecteur paramétré pour concentration  $<$  QLMV ( $<$  25% LII)

(Charge fluide/volume chambre froide)  $>$  QLAV  
+ 2 mesures de sécurité NF EN 378-3 - art. 6-8  
- Vannes isolement circuit frigorifique  
- Alarme (sonore et visuel) dans espace occupé  
Détecteur agissant sur vannes et alarme paramétré pour concentration  $<$  QLMV ( $<$  25% LII)

Etude sur la mise en œuvre pratique

## **ANNEXE 4 : EXEMPLE D'UNE ANALYSE DE RISQUES**

Cette exemple d'analyse de risques est inspiré des travaux menés par le SNEFCCA (Analyse des risques – installations frigorifiques) et notamment concernant « l'attribution » des critères d'occurrence et de gravité. Les différentes situations dangereuses sont classées avec un niveau d'occurrence de 2 (situation peu probable) et un niveau de gravité de 4 (situation critique). La combinaison du niveau d'occurrence et du niveau de gravité aboutit à un risque modéré.

Phase de vie	Phénomène dangereux (annexe D EN 378-2)	Situation dangereuse	Causes provoquant la situation dangereuse (et exemple de descriptif)		Cause provoquant le risque	Dommage - risque	Occurrence	Gravité	Mesures correctives pour réduire la cause provoquant la situation dangereuse	Mesures correctives pour réduire le risque
Transport - stockage	Fluide inflammable	Fuite	Source externe de chaleur (ouverture d'une soupape)		Température importante	Risque explosion	2	4	Ne pas stocker les bouteilles dans des lieux avec des températures élevées (proximité de sources de chauffage, rayonnement solaire direct)	
Conception - installation	Fluide inflammable	Fuite de fluide	Composant non adapté (détendeur, dispositif de sécurité...)		Sources inflammation dans la zone	Risque incendie	2	4	Faire valider les composants par le fabricant Prévoir une documentation de l'installation	
	Fluide inflammable		Mauvais brasage	Porosité brasure (mauvaise chauffe)	Présence d'une source d'inflammation (travaux points chauds, matériel électrique, surfaces chaudes, autres sources)	Risque incendie	2	4	Formation des opérateur aux techniques de brasage Réaliser un test étanchéité de l'installation	Formation des opérateurs aux risques incendie, explosion Avoir un permis feu Veiller à l'aération du local Disposer d'un système de détection de fluide
			Rupture de la brasure	Faiblesse mécanique assemblage						
	Fluide inflammable		Raccords vissés	Mauvais serrage	Serrage excessif	électrique, surfaces chaudes, autres sources)	Risque incendie	2	4	Formation du personnel aux techniques de raccords à visser (évasement, utilisation clé dynamométrique) Réaliser un test d'étanchéité de l'installation
		Mauvaise réalisation du dudgeon								
	Fluide inflammable	Fuite importante de fluide (concentration > LI, 25%LI selon régl)	Problème de stagnation du fluide Espace confiné (absence de ventilation) Absence de dispositif de détection-alarme Dysfonctionnement du dispositif de sécurité		Sources inflammation dans la zone	Risque incendie, explosion	2	4	Détecteur de fluide adapté et bien positionné (densité fluide) Présence alarme, ventilation Vérifier limite de charge et mesures éventuelles associées	
Installation	Fluide inflammable	Fuite de fluide	Mauvais réglage des outils de contrôle/détection			Risque accumulation de fluide non détecté	2	4	Formation des opérateurs aux risques incendie Détecteur de fluide adapté avec contrôle de la sensibilité	
Exploitation	Fluide inflammable	Fuite de fluide	Dégradation d'un joint		Présence source inflammation (travaux par points chauds, matériel électrique, surfaces chaudes, autres sources)	Risque incendie, brûlure	2	4	Formation du personnel aux risques incendie Planification (nature, fréquence) opérations de maintenance Détection de fuites (détecteur adapté et vérification de la sensibilité) Réduire le temps de fuite (détection et arrêt de l'installation) Réduire les effets (détection et ventilation) Outillage (électrique et autres) adapté au fluide	Vérifier présence et bon fonctionnement des systèmes de détection et de sécurité (ventilation, arrêt urgence) EPI
			Défaut de soudure (corrosion, porosité)							
			Rejet de fluide dans ambiance	Fluide non soumis à F-Gaz Mauvaise manipulation de l'opérateur		Présence source inflammation	Risque incendie, brûlure	2	4	Formation des opérateurs Baliser la zone de travail Empêcher toute source d'inflammation à proximité Ventiler le local
		Intervention sur circuit (chalumeau, brasure)	Erreur de manipulation Manque d'information sur les risques		Trace de fluide dans le circuit	Risque incendie, explosion	2	4	Formation, information des opérateurs aux risques Outillage adapté Tirage au vide du circuit Brasage sous filet d'azote	

ment inflammables –

## ANNEXE 5 : PROCEDURES SUR UN SPLIT AU R-32

Le système est un mono split réversible au R-32 (charge de fluide égale à 550 g). Des raccords dudgeons ont été réalisés au niveau des unités (intérieure et extérieure). La prise d'accès au niveau de l'installation pour les opérations de charge et de récupération de fluide se fait au niveau de l'unité extérieure.



Split system au R-32



Raccords dudgeon (unité extérieure)

- Procédure de charge de l'installation – installation à l'arrêt
  - Placer le raccord à filetage inversé (spécifique pour les bouteilles avec fluide inflammable) sur le raccord de la bouteille de fluide
  - Mettre en place à proximité du circuit à charger la bouteille de fluide placée au préalable sur une balance de pesée tarée
  - Raccorder, à l'aide d'un flexible, le robinet liquide de la bouteille à la voie de service du manifold
  - Raccorder la vanne HP du manifold à la vanne d'accès de l'installation
  - Ouvrir la bouteille
  - Ouvrir les vannes des flexibles et du manifold pour permettre la charge par différence de pression du fluide vers l'installation
  - Vérifier la charge au niveau de la balance de pesée
  - Fermer la bouteille
  - Mettre en fonctionnement le climatiseur (en mode froid – mode été) de sorte d'aspirer le fluide restant dans la tuyauterie
  - Fermer les vannes
  - Enlever la bouteille de fluide.



Raccord spécifique à placer sur la bouteille de fluide (fluide inflammable) pour permettre le raccordement du flexible



Raccordement de la vanne HP du manifold à la vanne d'accès de l'installation



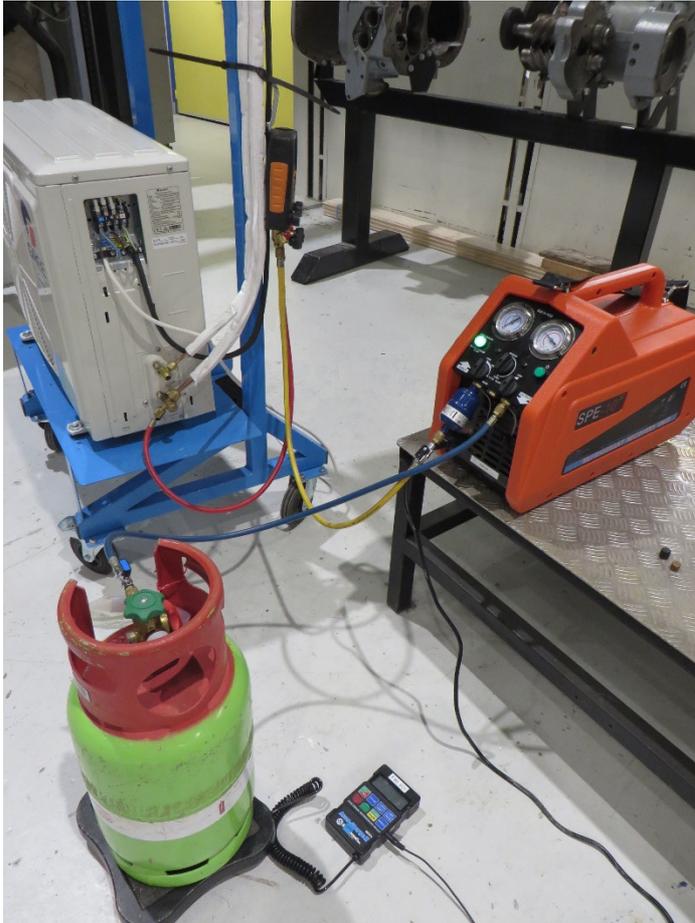
Procédure de charge

- Procédure de récupération de fluide– installation à l'arrêt
  - Effectuer au préalable un tirage au vide de l'unité de récupération jusqu'à lire une pression de 0 bar (éliminer toute trace de fluide dans circuit interne de la machine de récupération)
  - Fermer les vannes et arrêter la pompe à vide
  - Vérifier que la pression au niveau des manomètres de l'unité de récupération ne remonte pas.
  
  - Raccorder le manifold à l'installation (côté HP du manifold à vanne d'accès de l'installation (côté BP mode froid)
  - Placer le raccord à filetage inversé (spécifique pour les bouteilles avec fluide inflammable) sur le raccord de la bouteille de récupération

- Mettre à proximité du circuit à traiter la bouteille de récupération du fluide placée au préalable sur une balance de pesée tarée
- Raccorder le flexible entre l'unité de récupération et le robinet de la bouteille de récupération
- Raccorder le flexible entre l'unité de récupération et la voie de service du manifold
- Mettre en fonctionnement l'unité de récupération (mode liquide-liquide)
- Terminer la phase de récupération en phase vapeur (mode vapeur-liquide)
- Arrêter l'opération de récupération lorsque la pression absolue dans le circuit est de l'ordre de 0.4 bar (pression correspondant en général à l'arrêt automatique de l'unité de récupération)
- Fermer les vannes du manifold
- Purger la station de récupération (fonction purge sur l'unité) afin de récupérer le fluide restant dans la station jusqu'à avoir une pression absolue de 0 bar au niveau des manomètres de l'unité.
- Fermer les différentes vannes de raccordement.



Bouteille de récupération de R-32 avec raccord spécifique



Phase de récupération de fluide



Machine de récupération adaptée au R-32 avec filtre déshydrateur

## **ANNEXE 6 : FICHE INTERVENTION – BORDEREAU DE SUIVI DE DECHET**

Fiche pour fluides HFC, HFC-HFO :

Fiche intervention – Bordereau Suivi des Déchets : FI-BSD Cerfa 15497\*02 (+ éventuellement annexe 1 du formulaire)

Fiche pour fluides HFO purs, hydrocarbures:

Bordereau Suivi des Déchets : BSD Cerfa 12571\*01 (+ éventuellement annexe 1 du formulaire)

FICHE D'INTERVENTION / BORDEREAU DE SUMI DE DÉCHETS DANGEREUX pour les opérations nécessitant une manipulation de fluides frigorigènes effectuées sur un équipement, prévus aux articles R.543-82 et R.541-45 du code de l'environnement		Fiche N° :	
[1] OPERATEUR (Nom, adresse et SIRET):		[2] DETENTEUR (Nom, adresse et SIRET):	
Attestation de capacité n° :			
[3] Equipement concerné :	Identification : Nature du fluide frigorigène : R- Charge Totale : kg Tonnage équivalent CO <sub>2</sub> (HFC/PFC) : teq CO <sub>2</sub>		
[4] Nature de l'intervention :	<input type="checkbox"/> Assemblage de l'équipement <input type="checkbox"/> Contrôle d'étanchéité périodique <input type="checkbox"/> Mise en service de l'équipement <input type="checkbox"/> Contrôle d'étanchéité non périodique <input type="checkbox"/> Modification de l'équipement <input type="checkbox"/> Démantèlement <input type="checkbox"/> Maintenance de l'équipement <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :	Observations:	
<b>Contrôle d'étanchéité</b>			
[5] Détecteur manuel de fuite	Identification	Contrôlé le	
[6] Présence d'un système de détection des fuites :	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON		
<b>Fréquence minimale du contrôle périodique</b>			
[7] Quantité de fluide frigorigène dans l'équipement	HCFC <input type="checkbox"/> 2 kg ≤ Q < 30 kg <input type="checkbox"/> 30 kg ≤ Q < 300 kg <input type="checkbox"/> Q ≥ 300 kg HFC/PFC <input type="checkbox"/> 5 t ≤ teqCO <sub>2</sub> < 50 t <input type="checkbox"/> 50 t ≤ teqCO <sub>2</sub> < 500 t <input type="checkbox"/> teqCO <sub>2</sub> ≥ 500 t		
[8] Equip. HCFC et equip. HFC sans système de détection des fuites	<input type="checkbox"/> 12 mois <input type="checkbox"/> 6 mois <input type="checkbox"/> 3 mois		
[9] Equipements HFC avec système de détection des fuites	<input type="checkbox"/> 24 mois <input type="checkbox"/> 12 mois <input type="checkbox"/> 6 mois		
[10] Fuites constatées lors du contrôle d'étanchéité	<input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON		
	N°	Localisation de la fuite	
	1	Réparation de la fuite <input type="checkbox"/> Réalisée <input type="checkbox"/> A faire	
	2	<input type="checkbox"/> Réalisée <input type="checkbox"/> A faire	
	3	<input type="checkbox"/> Réalisée <input type="checkbox"/> A faire	
<b>[11] Manipulation du fluide frigorigène</b>			
Quantité chargée totale (A+B+C) :		kg	
Quantité de fluide récupérée totale (D+E) :		kg	
A - Dont fluide vierge :	kg	D - Dont fluide destiné au traitement : kg	
B - Dont fluide recyclé (incl. fluide récupéré et réintroduit) :	kg	E - Dont fluide conservé pour réutilisation (incl. réintroduction) : kg	
C - Dont fluide régénéré :	kg	Identifiant du contenant :	
Code Déchets : 14 06 01* - chlorofluorocarbones, HCFC, HFC - Fluides frigorigènes fluorés			
[12] Dénomination ADR/RID :	<input type="checkbox"/> UN 1078, Gaz frigorigère NSA (Gaz réfrigérant, NSA), 2.2 (C/E) <input type="checkbox"/> Autre cas :		
[13] Installation de destination du déchet (Nom, SIRET et adresse)	[14] Transporteur du déchet - si différent de l'opérateur (Nom, SIRET et adresse)		
[15] Observations :	[16] Installation de traitement (nom et adresse)		
[17] N° de bordereau de collecte de petites quantités :	Code R/D :		
[18] N° de bordereau de transformation traitement :	Quantité réceptionnée :		
Je soussigné certifie que l'opération ci-dessus a été effectuée.			
	Opérateur	Détenteur	Installation de traitement
Nom du Signataire :			
Qualité du Signataire :			
Date + Visa			







**Bordereau de suivi des déchets (suite)**

N° du bordereau de rattachement :

**- À REMPLIR EN CAS D'ENTREPOSAGE PROVISOIRE OU DE RECONDITIONNEMENT -**

<b>13. Réception dans l'installation d'entreposage ou de reconditionnement</b> N° SIRET : [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] NOM : Adresse : Quantité présentée : <input type="checkbox"/> réelle <input type="checkbox"/> estimée tonne(s) Date de présentation : / / Lot accepté : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Motif de refus : Date : / / Signature et cachet :		<b>14. Installation de destination prévue</b> N° SIRET : [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] NOM : Adresse : Tél. : Fax : Mèl : Personne à contacter : N° de CAP (le cas échéant) : Opération d'élimination / valorisation prévue (code D/R) : Cadre 14 rempli par : <input type="checkbox"/> Emetteur du bordereau (cf cadre 1) <input type="checkbox"/> Installation d'entreposage ou de reconditionnement (cf cadre 13)	
<b>15. Mentions au titre des règlements ADR, RID, ADNR, IMDG (le cas échéant) :</b> (à remplir en cas de reconditionnement uniquement)			
<b>16. Conditionnement :</b> <input type="checkbox"/> benne <input type="checkbox"/> citerne <input type="checkbox"/> GRV <input type="checkbox"/> fût <input type="checkbox"/> autre (préciser)		Nombre de colis :	
<b>17. Quantité</b> <input type="checkbox"/> réelle <input type="checkbox"/> estimée tonne(s) (à remplir en cas de reconditionnement uniquement)			
<b>18. Collecteur-transporteur après entreposage ou reconditionnement</b> N° SIREN : [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] NOM : Adresse : Tél. : Fax : Mèl : Personne à contacter :		Récépissé n° Limite de validité : Département : Mode de transport : Date de la prise en charge : / / Signature : <input type="checkbox"/> Transport multimodal (Cadres 20 et 21 à remplir)	
<b>19. Déclaration de l'exploitant du site d'entreposage ou de reconditionnement :</b> Je soussigné certifie que les renseignements portés ci-dessus sont exacts et établis de bonne foi. NOM : Date : / / Signature et cachet :			

**- À REMPLIR EN CAS DE TRANSPORT MULTIMODAL -**

<b>20. Collecteur-transporteur n°</b> N° SIREN : [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] NOM : Adresse : Tél. : Fax : Mèl : Personne à contacter :		Récépissé n° : Limite de validité : Département : Mode de transport : Date de prise en charge : / / Signature :	
<b>21. Collecteur-transporteur n°</b> N° SIREN : [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] NOM : Adresse : Tél. : Fax : Mèl : Personne à contacter :		Récépissé n° : Limite de validité : Département : Mode de transport : Date de prise en charge : / / Signature :	

*Ce feuillet n'est à joindre que lorsqu'une des cases est remplie.*

**Document à joindre au bordereau de suivi des déchets**  
**en cas de collecte de petites quantités de déchets relevant d'une même rubrique**

<b>N° du bordereau de rattachement :</b>	
<b>Emetteur du bordereau :</b>	
N° SIRET : [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ][ ] [ ]	Personne à contacter :
NOM :	Tél. : Fax :
Adresse :	Mél :
<b>Rubrique déchet:</b> [ ][ ][ ][ ][ ][ ][ ][ ]	
<b>Dénomination usuelle du déchet :</b>	
<b>Expéditeur n° :</b>	
N° SIRET : [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ][ ] [ ]	Quantité <input type="checkbox"/> réelle <input type="checkbox"/> estimée tonne(s)
NOM :	Date de remise : / /
Adresse :	Signature / cachet de l'expéditeur :
Tél. : Fax :	
Mél :	
Personne à contacter :	
<b>Expéditeur n° :</b>	
N° SIRET : [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ][ ] [ ]	Quantité <input type="checkbox"/> réelle <input type="checkbox"/> estimée tonne(s)
NOM :	Date de remise : / /
Adresse :	Signature / cachet de l'expéditeur :
Tél. : Fax :	
Mél :	
Personne à contacter :	
<b>Expéditeur n° :</b>	
N° SIRET : [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ][ ] [ ]	Quantité <input type="checkbox"/> réelle <input type="checkbox"/> estimée tonne(s)
NOM :	Date de remise : / /
Adresse :	Signature / cachet de l'expéditeur :
Tél. : Fax :	
Mél :	
Personne à contacter :	
<b>Expéditeur n° :</b>	
N° SIRET : [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ][ ] [ ]	Quantité <input type="checkbox"/> réelle <input type="checkbox"/> estimée tonne(s)
NOM :	Date de remise : / /
Adresse :	Signature / cachet de l'expéditeur :
Tél. : Fax :	
Mél :	
Personne à contacter :	
<b>Expéditeur n° :</b>	
N° SIRET : [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ] [ ][ ][ ][ ][ ] [ ]	Quantité <input type="checkbox"/> réelle <input type="checkbox"/> estimée tonne(s)
NOM :	Date de remise : / /
Adresse :	Signature / cachet de l'expéditeur :
Tél. : Fax :	
Mél :	
Personne à contacter :	

## ANNEXE 7 : FORMATIONS RELATIVES AUX FLUIDES INFLAMMABLES

Organisme de formation	Titre / Contenu des formations
COSTIC	Equipements frigorifiques à nouveaux fluides – Mise en service et maintenance (2j)
	<p>Caractéristiques des fluides naturels (ammoniac, CO2, fluide inflammable...)</p> <p>Principaux points réglementaires</p> <p>Diagramme enthalpique et performances de ces fluides</p> <p>Caractéristiques de fonctionnement des équipements avec ces fluides</p> <p>Principaux risques lors des interventions : toxicité, incendie, pression</p> <p>Procédures particulières d'intervention</p> <p>Equipements spéciaux pour les interventions sur le circuit frigorifique</p> <p>Travaux pratiques sur les équipements pédagogiques au CO<sub>2</sub>, au R-32 et au R-290 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relevé des grandeurs</li> <li>- Connexion des manomètres et des équipements du frigoriste</li> <li>- Application des procédures</li> <li>- Détection des fuites</li> </ul>
AFPA	<p>Manipuler des fluides frigorigènes hydrocarbures en toute sécurité</p> <p>Appliquer des procédures de manipulation des fluides frigorigènes R-600a et R-290 (1j)</p>
	<p>Rappel sur la réglementation européenne sur les fluides frigorigènes.</p> <p>Connaissance des spécificités des fluides frigorigènes hydrocarbures.</p> <p>Étude technique spécifique du matériel au R-290/R-600a.</p> <p>Etude des risques et fiches sécurité.</p> <p>Utiliser l'outillage spécifique aux interventions sur fluide hydrocarbure.</p> <p>Manipuler les fluides de type hydrocarbure sur un équipement frigorifique.</p>
APAVE	Manipuler des fluides frigorigènes de type hydrocarbure (R-290/R-600a) (2j)
	<p>Fonctionnement des installations frigorifiques</p> <p>Cycle frigorifique et diagramme enthalpique</p> <p>Caractéristiques des fluides R-600a et R-290, limite de charge suivant la norme NF EN 378-1</p> <p>Technologie du matériel</p> <p>Travaux pratiques (1 jour)</p>
APAVE	<p>Maîtriser les spécificités d'installation et d'intervention sur les systèmes de climatisation et de chauffage avec des fluides classés inflammables (R-32, R-290, HFO) (1j)</p>
	<p>Contexte de la F-GAS</p> <p>Réglementation (évolution de l'article CH 35 pour les ERP) et norme NF EN 378-1 applicables pour l'installation des systèmes de climatisation et de pompe à chaleur aux fluides classés inflammables (R-32, R-290, HFO)</p> <p>Risques et moyens matériels spécifiques aux interventions</p> <p>Opérations de récupération et de charge en fluide R-32</p> <p>Suivi documentaire, Cerfa et ses annexes</p> <p>Évaluation des connaissances</p>

Organisme de formation	Titre / Contenu des formations
La RPF Formation	<p>Hydrocarbures R-290 et R-600a : comment les utiliser en réfrigération? (1j)</p> <p>Présentation des propriétés physiques des R-290 et R-600a et de leurs particularités.  Avantages et inconvénients des R-290 et R-600a utilisés comme réfrigérant.  Norme EN378 et prescription par rapport aux fluides inflammables.  Règles d'implantation et normes ATEX.  Analyse du circuit frigorifique d'une installation de R-290.  Opération de maintenance.  Liste de l'outillage spécifique.  Entretien et dépannage courant des installations.</p>
La RPF Formation	<p>Hydrocarbures : les manipuler et intervenir en toute sécurité (1 j)  (maîtriser les aspects spécifiques des R-290 et R-600a utilisés dans les petites installations)</p> <p>Règles de sécurité sur l'utilisation des hydrocarbures.  Caractéristiques des R-290 et R-600a.  Diagramme des R-290 et R-600a.  Organes spécifiques.  Changement d'un composant : vidange et mise en sécurité de l'installation, tirage au vide.  Maintenance des installations hydrocarbures : manipulations spécifiques.  Mise en route et arrêt d'une installation hydrocarbures pour maintenance préventive et corrective : les bonnes pratiques.</p>
Cemafroid Formation	<p>Norme NF EN 378, fluides A2L et inflammables (1j)  (maîtriser les exigences de sécurité et d'environnement des systèmes frigorifiques)</p> <p>Les fluides A2L et inflammables : classification  La réglementation applicable aux ERP  La norme NF EN 378 appliquée aux installations fonctionnant avec des fluides A2L et inflammables  Savoir mener une étude de risque  Concevoir et implanter des installations frigorifiques avec fluide inflammable dans le respect de la réglementation et pour une exploitation en sécurité</p>

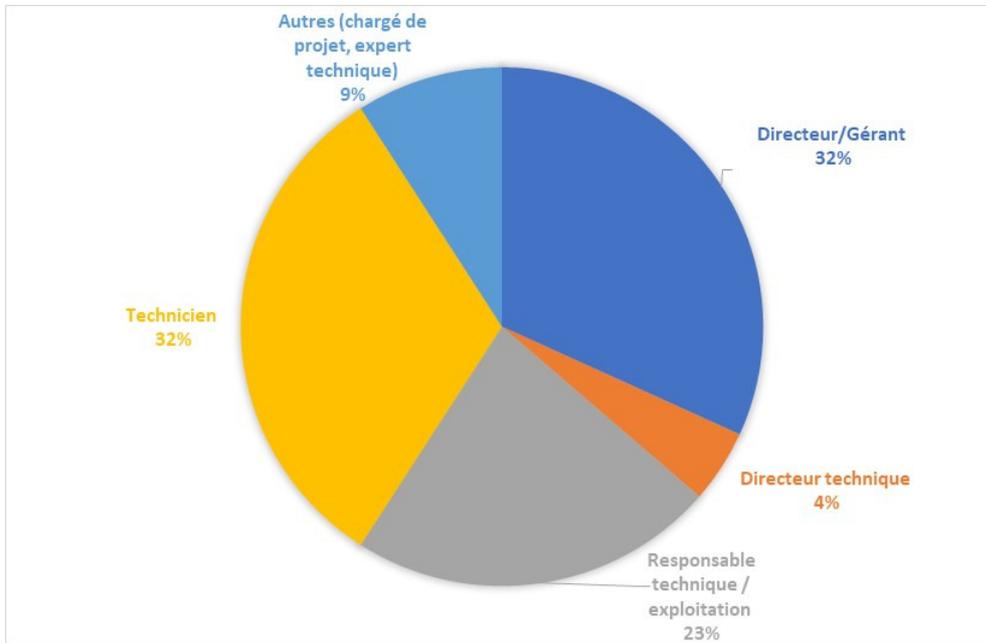
Organisme de formation	Titre / Contenu des formations
Clauger formation	<p>Installation et sécurité des équipements frigorifiques fonctionnant avec des fluides inflammables (hydrocarbures et autres) (1j)</p> <hr/> <p>Connaissance des circuits frigorifiques avec fluide inflammable :  Rappel sur les notions de base des circuits frigorifiques  Diagramme enthalpique du R-290, R-600 et R-32  Caractéristiques importantes des fluides frigorigènes inflammables, propriétés chimiques et frigorifiques spécifiques</p> <p>Concevoir et Implanter un équipement frigorifique avec fluide inflammable :  Étude des dangers et analyse des risques des installations frigorifiques avec hydrocarbures (A3) et autres fluides inflammables (A2/ A2L)  Cadre réglementaire des installations frigorifiques avec fluides inflammables dans les ICPE et ERP  Application de la norme EN 378 et identification des zones de sécurité ATEX  Approche de la fabrication (DESP), conduite et suivi en exploitation des Equipements Sous Pression (cf. Arrêté du 20/11/2017)  Chaîne de sécurité : coffret de détection des fuites, moyens de protection et d’alerte en cas de fuite,  Equipeement de Protection Collective / Protection Individuelle  Plans d’Intervention en Urgence (PUI /POI /PPI)  Signalisation et procédures d’intervention  Conduite à tenir en cas d’incident / accident et premiers secours à un accidenté</p> <p>Exploiter en sécurité une installation frigorifique avec fluide inflammable :  Visites de maintenance et contrôles périodiques  Procédures « Arrêt / Marche » en mode normal  Procédures pour gestion en mode dégradé et mise en sécurité  Déchargement / Chargement, stockage et transfert des fluides inflammables</p> <p>Applications pratiques :  Visite technique et commentée d’une installation frigorifique en service, si disponible sur site  Visualisation sur site des points dangereux, des moyens de détection et de protection</p>

Organisme de formation	Titre / Contenu des formations
Clauger Formation	<p>Maintenance en sécurité des installations frigorifiques avec fluides inflammables (1j)</p> <p>Connaissance des installations frigorifiques avec fluide inflammable :</p> <p>Avantages et inconvénients par rapport aux autres fluides</p> <p>Caractéristiques importantes des fluides frigorigènes inflammables, propriétés chimiques et frigorifiques spécifiques (diagramme enthalpique du R-290, R-600 et R-32)</p> <p>Comprendre les facteurs d'inflammation</p> <p>Connaître les points importants de la norme EN378 applicable aux fluides inflammables</p> <p>Réglementation sur le stockage et le transport</p> <p>Équipement de Protection Collective / Protection Individuelle</p> <p>Conduire une installation frigorifique avec fluide inflammable :</p> <p>Les compresseurs et l'huile (forte solubilité)</p> <p>Chaîne de sécurité : contrôleurs de détection des fuites et leurs actions, moyens de protection et d'alerte en cas de fuite</p> <p>Les soupapes de sécurité et leur installation, raccordement</p> <p>Précaution d'installation de l'équipement</p> <p>Approche de la conduite et du suivi en exploitation des Équipements Sous Pression (cf. Arrêté du 20/11/2017)</p> <p>Assurer la maintenance en sécurité des installations frigorifiques avec fluide inflammable :</p> <p>Analyse des risques et réflexion sur l'environnement de travail,</p> <p>Outillage spécifique, détecteurs de fuites portables,</p> <p>Procédures de maintenance pour intervention en sécurité</p> <p>Tirage au vide de l'installation et transfert de fluide</p> <p>Applications pratiques : Tirage au vide, Vidange d'un compresseur, Rajout d'huile dans un compresseur, Utilisation du groupe de transfert, Changement d'un déshydrateur, Visite technique et commentée d'une installation en service</p> <p>Visualisation sur site des points dangereux, des moyens de détection et de protection</p>

Organisme de formation	Titre / Contenu des formations
CFI Orly	<p>Manipuler des fluides frigorigènes propane et isobutane (R-290 et R-600a) (1j)</p> <p>Les hydrocarbures :</p> <p>Cycle thermodynamique (Propane (R-290), Isobutane (R-600a))</p> <p>Utiliser les fluides de type hydrocarbure en rapport avec la EN 378</p> <p>Calcul de performance et comparatif par rapport à des HFC</p> <p>Technologie du matériel :</p> <p>Étude des éléments du système frigorifique</p> <p>Manipulation :</p> <p>Intervention sur circuit</p> <p>Contrôle de fonctionnement</p> <p>Ouverture du circuit frigorifique et recharge</p> <p>Mise en place d'une maintenance préventive et curative</p>
GFF	<p>Intervenir sur un équipement hydrocarbure en toute sécurité (1j)</p> <p>La théorie :</p> <p>Rappel théorique des caractéristiques physiques des hydrocarbures</p> <p>Limites d'application de ces fluides</p> <p>Définition des composants compatibles A3/A2-A2L</p> <p>Notion de limite de charge selon la réglementation</p> <p>Les organes de sécurité</p> <p>Les précautions et recommandations pour le remplacement des composants en SAV</p> <p>Les spécificités de l'outillage</p> <p>La pratique :</p> <p>Exercice pratique d'identification des composants et de leur rôle sur l'installation</p> <p>Exercice pratique autour des modes opératoires de maintenance et de dépannage sur équipement HC</p> <p>Effectuer une charge de petit équipement propane</p> <p>Réaliser des sertissages type froid ménager (Lokring) et type froid commercial</p>

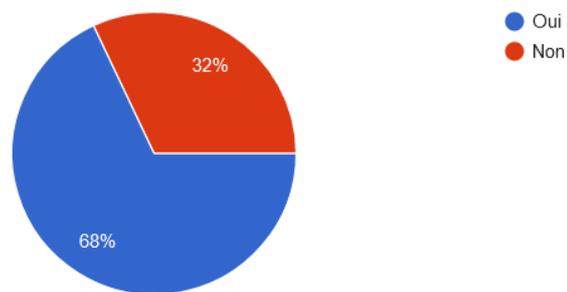
# ANNEXE 8 : ENQUETE AUPRES DES PROFESSIONNELS

Votre fonction principale :



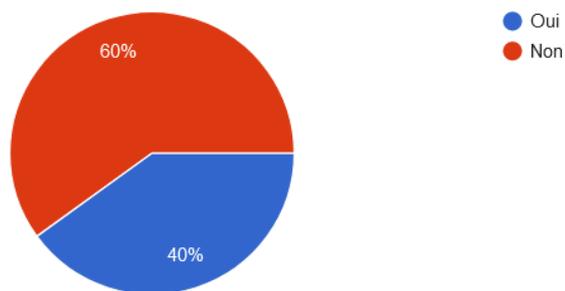
Avez-vous déjà manipulé des fluides légèrement inflammables (R32, R1234ze, R454B...) :

25 réponses



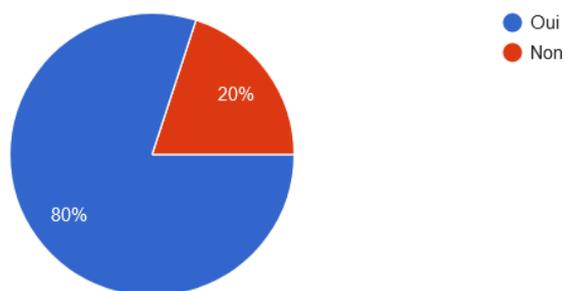
Avez-vous déjà manipulé des fluides hautement inflammables (hydrocarbures : R290, R600a...) :

25 réponses

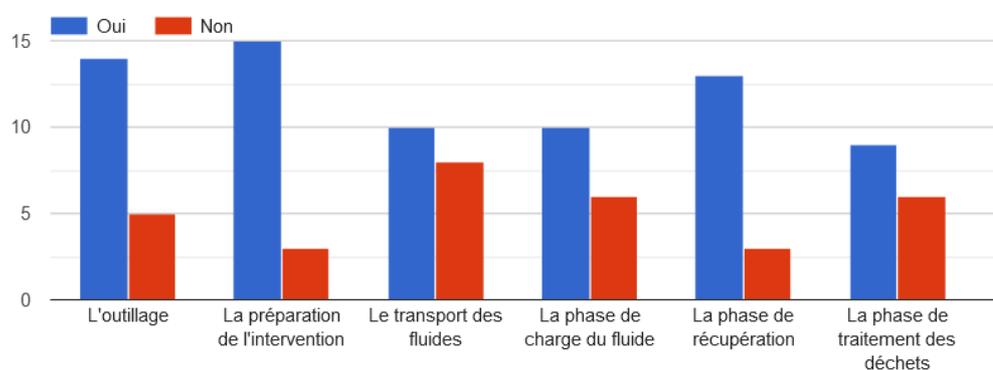


La manipulation des fluides inflammables et légèrement inflammables a nécessité une adaptation de vos procédures d'intervention

25 réponses

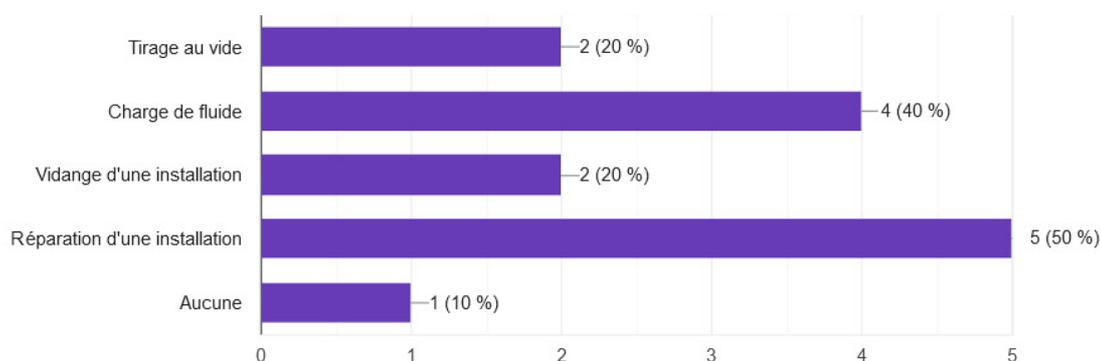


Si OUI à la question précédente, préciser sur quels aspects se font les adaptations :

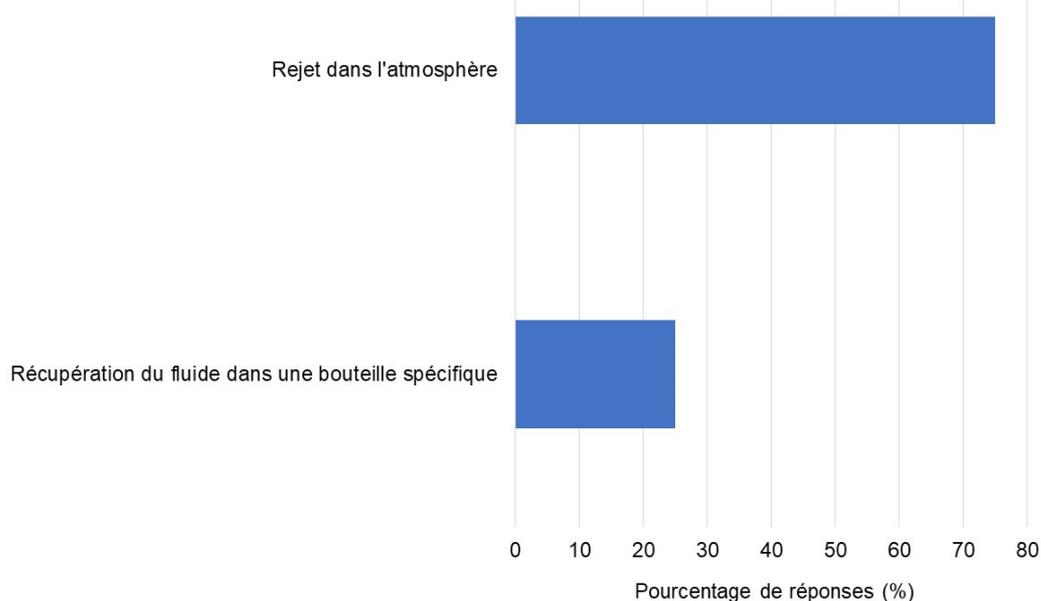


Si vous manipulez des fluides inflammables, avez-vous déjà rencontré des difficultés pratiques lors des procédures de :

10 réponses



Quelle procédure de vidange utilisez-vous sur une installation au R290 ?



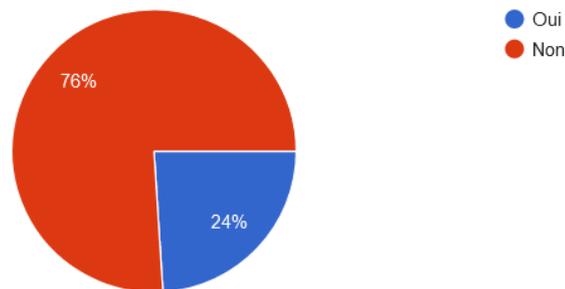
Si vous manipulez déjà les fluides inflammables, quelles sont les mesures de sécurité que vous prenez avant toute manipulation :

- Après enlèvement de la charge, tirage au vide avant toute intervention sur le circuit
- Intervention à deux techniciens avec une appréciation des risques et de l'environnement de travail
- Utilisation de matériel adapté (pompe à vide et station de récupération spécifiques au R-32)
  - Avant toute opération de brasure, laisser un filet d'azote

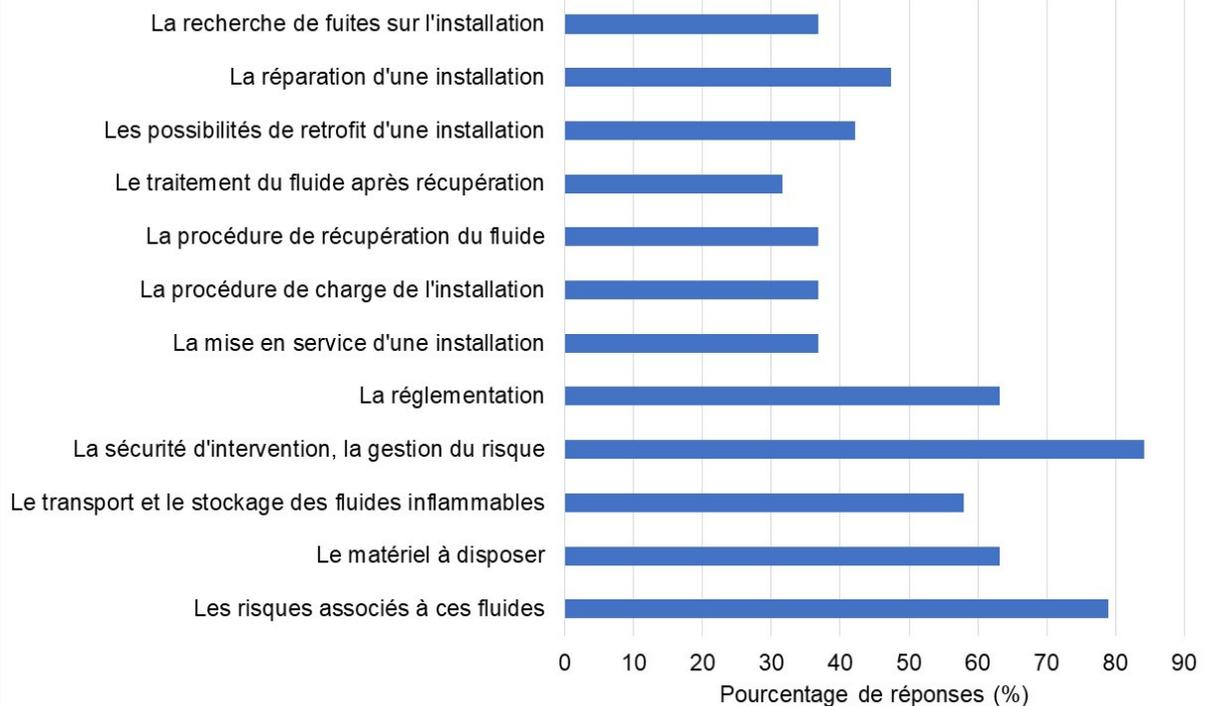
- Détermination d'un périmètre de sécurité avec présence d'un extincteur à proximité immédiate
- Absence de tension sur coffret ou composant électrique de l'équipement
- Pas de source de chaleur à proximité de l'installation et aération de la zone
- Tirage au vide avant ouverture du circuit
- Vérification que le local est bien ventilé.

Jugez-vous être suffisamment informé ou formé à la manipulation des fluides inflammables et légèrement inflammables ?

25 réponses



Sur quels points souhaiteriez-vous disposer de plus d'informations et de compétences ?



Avez-vous des éléments à apporter par rapport à votre propre expérience de manipulation des fluides inflammables (points importants à considérer, à faire, à ne pas faire...) ?

- Formation impérative et techniciens dédiés pour ces interventions
- Clarifier le classement en zone et les obligations du client par rapport aux Code du Travail : modification document DUER, information de son personnel...
- S'assurer de l'absence totale de fluide dans l'installation avant utilisation du chalumeau - présence résiduelle possible dans l'huile des compresseurs
- Information à destination de la profession sur les risques encourus (analyse de risque, calcul de charge, zonage, adéquation du matériel)