



Décembre 2017 / 36^e Note d'Information sur les technologies du froid

Les frigorigènes inflammables

L'IIF publie régulièrement des Notes d'Information à l'intention des décideurs du monde entier. Ces notes présentent une synthèse des connaissances sur des thèmes clés liés aux technologies du froid et à ses applications. Chaque note propose des axes de développement prioritaires pour l'avenir et expose les recommandations de l'IIF en ce sens.

Avec l'élimination des substances qui appauvrissent l'ozone, les frigorigènes inflammables ont suscité un intérêt croissant. Suite à l'Amendement de Kigali dans le cadre du Protocole de Montréal, qui prévoit la réduction progressive des hydrofluorocarbures, il est fort probable que les frigorigènes inflammables représenteront la majorité des frigorigènes à moyen et à long terme. Au regard des risques inhabituels supplémentaires que représente l'utilisation des frigorigènes inflammables (au moins en ce qui concerne les applications domestiques et commerciales), il est essentiel que les parties prenantes se familiarisent avec tous les aspects ayant un impact potentiel sur l'utilisation de ces frigorigènes. Ceux-ci regroupent les caractéristiques d'inflammabilité, les classifications, les règles d'application telles que les normes et règlements de sécurité et les normes applicables sur la durée de vie entière des systèmes et équipements : le transport, la conception, la construction et l'entretien des installations, la maintenance et les autres activités de manutention des frigorigènes. Cette Note d'Information vise à fournir une introduction à ces questions.

Cette Note d'Information a été préparée par Daniel Colbourne, et a été revue par plusieurs experts des commissions de l'IIF.



INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION
INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID

www.iifir.org

iif-iir@iifir.org



[#refrigeration](https://twitter.com/refrigeration)

177, boulevard Malesherbes, 75017 PARIS – France

T: 33 (0) 1 42 27 32 35 – F: 33 (0) 1 47 63 17 98

Introduction

L'impact environnemental est généralement un élément essentiel dans le choix des frigorigènes. Depuis que l'élimination des substances qui appauvrissent l'ozone (SAO) a débuté, certains frigorigènes inflammables – principalement l'ammoniac (R717) et les hydrocarbures (R290, R600a, R1270, ...) – ont représenté une alternative intéressante. Ceci est dû à leur potentiel d'appauvrissement de l'ozone (PAO) nul, leur potentiel de réchauffement planétaire (PRP ou GWP) négligeable, leur efficacité potentiellement élevée et leur faible coût.

Parallèlement au développement et à l'introduction du premier Règlement européen sur certains gaz à effet de serre fluorés (Règlement F-gaz en 2006), de la Directive européenne sur les émissions provenant des systèmes de conditionnement d'air dans les véhicules à moteur (Directive UE MAC), plus récemment du second Règlement européen sur les gaz à effet de serre fluorés (Règlement F-gaz de 2014) et enfin de l'Amendement de Kigali au Protocole de Montréal ^[1], l'adoption de frigorigènes à faible GWP s'est accrue de manière très significative. Ce sujet est traité de manière approfondie dans d'autres Notes d'Information telles que « [Tour d'horizon des réglementations limitant l'utilisation des HFC. Le point sur le Règlement F-gaz de l'UE](#) » et « [Frigorigènes alternatifs : les options actuelles sur le long terme et leurs applications](#) ».

Parmi tous les frigorigènes avec un PAO nul, actuellement référencés avec la notation R-numéro dans l'édition 2014 de la norme internationale ISO 817 Fluides frigorigènes - Désignation et classification de sécurité - il existe près de 60 frigorigènes avec un GWP < 1000. 47 d'entre eux sont inflammables. Sur les 46 dont le GWP est < 500, seuls cinq sont non-inflammables (R744, R1233zd(E), R1336mzz(Z), R514A et R515A). En outre, une récente étude menée sur les nouveaux frigorigènes potentiels indique que tout autre frigorigène à faible GWP susceptible d'être adopté pour un usage commun, est également inflammable ^[2]. Il en découle que la majorité des frigorigènes dont les pays devront faire usage pour respecter leurs obligations en vertu du second Règlement F-gaz ou de l'Amendement de Kigali, seront inflammables.

Le but de cette Note d'Information est de fournir un aperçu des implications importantes que représentent ces frigorigènes inflammables pour les parties prenantes de l'industrie.

Utilisation actuelle et historique des frigorigènes inflammables

Avant la mise en œuvre du Protocole de Montréal, le frigorigène inflammable le plus utilisé était le R717, principalement dans l'entreposage frigorifique industriel et les applications de transformation. Depuis la mise en œuvre du Protocole de Montréal, il a été plus largement utilisé. Par ailleurs, l'isobutane (R600a) a été introduit pour une utilisation dans les réfrigérateurs domestiques, principalement en Europe. Aujourd'hui, les frigorigènes inflammables sont utilisés dans une certaine mesure dans presque tous les secteurs du FCAPC (froid, conditionnement d'air et pompes à chaleur) ^[3] :

- le froid domestique (R600a) ;
- les petites unités de froid commercial (R600a, R290, R1234yf) ;

- les équipements de froid indirect pour la vente (R290, R1270, R717) ;
- les petits systèmes de conditionnement d'air (R32, R290) ;
- les refroidisseurs (R1234yf, R1234ze(E), R290, R1270, R717, R32).

Toutefois, la quantité de frigorigènes inflammables utilisée actuellement ne représente encore qu'une fraction de la consommation totale de frigorigènes.

Comme indiqué précédemment, 30 à 40 autres frigorigènes inflammables sont actuellement à l'étude pour une utilisation dans de nombreux systèmes de FCAPC. Il est probable qu'un nombre important de ces frigorigènes commence à être mis en œuvre, en particulier dans les régions où un programme de réduction progressive des HFC est prévu de façon imminente.

Avec l'introduction des frigorigènes inflammables, les professionnels de l'industrie doivent faire face à un grand nombre de nouvelles considérations liées aux mesures de sécurité à mettre en place face aux risques d'incendie et d'explosion. Par le passé, de telles considérations n'étaient jamais applicables à la conception, la construction, l'installation, l'essai, l'entretien et le démantèlement de la plupart des systèmes de FCAPC. En raison de ces implications, l'utilisation des frigorigènes inflammables est une question qui suscite la controverse chez certaines parties prenantes. Néanmoins, toutes doivent avoir conscience du potentiel d'inflammabilité des frigorigènes, savoir appréhender ce risque et déterminer comment la conception, les procédures, les pratiques et les informations doivent être modifiées afin d'en tenir compte.

Les caractéristiques d'inflammabilité et leurs implications

La caractéristique importante des frigorigènes inflammables, c'est que lors de l'ignition, ils peuvent entretenir une flamme. Il s'agit en fait d'une réaction de propagation chimique qui consomme les réactifs non brûlés (frigorigène et air), tout en dégageant de la chaleur à très haute température. La probabilité, la durée et l'intensité de ce processus dépendent d'un certain nombre de caractéristiques d'inflammabilité :

- limite inférieure d'inflammabilité (LII) et limite supérieure d'inflammabilité (LSI) ;
- concentration stœchiométrique ;
- température d'auto-inflammation (TAI) ;
- énergie minimale d'inflammation (EMI) ;
- courant minimal d'inflammation (CMI) ;
- température de flamme adiabatique (TFA) ;
- vitesse de combustion laminaire (VCL) ;
- chaleur de combustion ;
- pression maximale d'explosion et vitesse maximale de montée en pression ;
- interstice expérimental maximal de sécurité (IEMS) ;

Les données pour ces caractéristiques relatives à un grand nombre de frigorigènes inflammables sont accessibles dans les manuels et les normes de sécurité. Cependant la plupart des sources ne citent que certains de ces paramètres et il est donc difficile d'obtenir un résumé complet de tous les fluides frigorigènes. Ces caractéristiques sont déterminées selon des méthodes de test définies qui diffèrent entre les normes et les autres publications ; les valeurs publiées varient parfois considérablement dans la littérature.

La combustion de frigorigènes halogénés inflammables (et non-inflammables) crée des produits de décomposition dangereux qui doivent également être pris en compte dans l'évaluation des risques.

Il y a trois principaux domaines où l'inflammabilité influe sur l'utilisation des fluides frigorigènes et des équipements qui leur sont associés : la détermination de la quantité « sûre » de frigorigène, l'évitement des sources potentielles d'ignition et la limitation des conséquences de l'ignition.

En cas de dégagement de frigorigène inflammable, un gradient de concentration s'établit entre le frigorigène pur et l'air. Quelque part entre ces deux limites, le mélange se situe entre la LII et la LSI. Bien qu'il soit sensible à une multitude de conditions, un frigorigène avec une limite inférieure d'inflammabilité plus basse et une limite supérieure d'inflammabilité plus élevée peut donc potentiellement produire un plus grand volume de matière inflammable. Un plus grand volume inflammable augmente le risque que le mélange n'entre en contact avec une source d'ignition et qu'un plus grand volume de gaz ne puisse brûler. Un moyen de limiter la taille et l'étendue d'un volume inflammable est de minimiser les quantités stockées de la substance.

Les sources potentielles d'ignition peuvent inclure les flammes, les surfaces chaudes, les arcs électriques et les décharges électrostatiques. Une TAI et un EMI/CMI plus faibles signifient qu'un mélange inflammable est plus susceptible d'être enflammé par de telles sources potentielles d'ignition et il est donc important d'y prêter la plus grande attention. Les substances avec un IEMS plus petit nécessitent que l'équipement électrique soit dans des enceintes moins poreuses pour éviter la propagation des flammes vers l'extérieur (bien que ce paramètre ne suffise pas à garantir la sécurité à lui seul).

Si un mélange inflammable s'enflamme, l'intensité du phénomène est dépendante de la quantité d'énergie stockée et de la vitesse à laquelle le front de flamme se déplace. Ainsi, une TFA, une VCL et une chaleur de combustion plus élevées impliquent généralement de plus sévères déflagrations, conduisant à des surpressions plus élevées et à un rayonnement thermique plus important. Par conséquent, ces frigorigènes requièrent traditionnellement une plus grande attention afin de minimiser ces conséquences, bien qu'une VCL inférieure puisse aussi causer une combustion de plus longue durée, augmentant potentiellement le risque d'un feu secondaire. Les conséquences secondaires sont fortement influencées par les conditions environnantes (comme le degré de confinement de l'espace, les matériaux de construction, la proximité de personnes et de matières combustibles). Par ailleurs, les frigorigènes fluorés ont tendance à produire des composés hautement toxiques tels que le fluorure d'hydrogène et le fluorure de carbonyle, par le processus de combustion qui introduit une autre conséquence primaire.

Des mises en garde, une signalisation et des instructions appropriées sont essentielles pour fournir des informations sur ces caractéristiques.

Les classifications d'inflammabilité

Il existe différents schémas de classification qui découlent des différents domaines dans lesquels des substances inflammables sont manipulées.

Il existe trois systèmes de classification. Chaque système a une signification dans des contextes différents.

ISO 817 et ANSI/ASHRAE 34

Dans l'industrie du FCAPC, le système de classification de la sécurité des fluides frigorigènes détaillé dans les normes ISO 817 et ANSI/ASHRAE 34 est probablement le plus largement reconnu. Quatre classes ISO 817 sont considérées en termes d'inflammabilité :

- classe 1 (pas de propagation de flamme) : frigorigènes qui ne présentent pas de propagation de la flamme dans l'air à 60 °C et 101,3 kPa ;
- classe 2L (légèrement inflammables) : frigorigènes qui présentent une propagation de flamme à 60 °C et 101,3 kPa, ont une LII > 3.5 % en volume, une chaleur de combustion < 19.000 kJ/kg et une vitesse de combustion maximum ≤ 0.10 m/s ;
- classe 2 (inflammables) : frigorigènes qui présentent une propagation de flamme à 60 °C et 101,3 kPa, ont une LII > 3.5 % en volume, une chaleur de combustion < 19.000 kJ/kg ;
- classe 3 (très inflammables) : frigorigènes qui présentent une propagation de flamme à 60 °C et 101,3 kPa et ont une LII ≤ 3.5 % en volume ou ont une chaleur de combustion $\geq 19\ 000$ kJ/kg.

Ces classifications ont un impact principalement sur la détermination du dimensionnement de la charge de frigorigène et sur d'autres caractéristiques de conception des systèmes et équipements de FCAPC.

CEI 60079-20-1

Les normes internationales pour la prévention de l'inflammation des gaz et vapeurs inflammables reposent sur un système de classification correspondant à celui qui est détaillé dans la norme CEI 60079-20-1.¹

Pour les gaz et les vapeurs, on distingue plusieurs classes en fonction de l'IEMS et / ou du ratio CMI (par rapport au méthane)² :

- groupe IIA : IEMS $\geq 0,9$ mm ou ratio CMI > 0,9 ;
- groupe IIB : $0,55$ mm \leq IEMS < 0,9 mm ou $0,5 \leq$ ratio CMI $\leq 0,8$;
- groupe IIC : IEMS < 0,5 mm ou ratio CMI < 0,45.

La plupart des frigorigènes inflammables seraient classés dans le groupe IIA. L'impact des différentes classes est en grande partie lié à des exigences spécifiques pour les différents types de protection appliqués aux sources potentielles d'ignition conformément à la norme CEI 60079 et la série de normes ISO/CEI 80079, à savoir la protection de type Ex.

¹ Actuellement en cours de révision sous la référence ISO/CEI 80079-20-1

² Il y a une corrélation très étroite entre l'IEMS, la distance d'extinction et le CMI ^[4]

Système Général Harmonisé (SGH) des Nations Unies

Un système de classification d'inflammabilité relativement simple a été mis en place dans le cadre du Système Général Harmonisé (SGH), ainsi que dans celui des réglementations-types des Nations Unies pour le transport des marchandises dangereuses. Il repose sur deux catégories de base (en plus de la classe des non-inflammables) :

- Gaz qui, à 20 °C et à la pression normale de 101,3 kPa :
 - sont inflammables en mélange à 13 % ou moins en volume avec l'air ;
 - ou ont un domaine d'inflammabilité en mélange avec l'air d'au moins 12 %, quelle que soit la limite inférieure d'inflammabilité ;
- Gaz autres que ceux de la catégorie 1 qui, à 20 °C et à la pression normale (101,3 kPa), ont un domaine d'inflammabilité lorsqu'ils sont en mélange avec l'air.

L'inflammabilité est déterminée selon la norme ISO 10156 : 2010. Dans ce cadre, presque tous les frigorigènes inflammables rentrent dans la classe 1. En ce qui concerne la terminologie et l'étiquetage de sécurité, tous les récipients et les systèmes contenant des frigorigènes inflammables doivent porter le symbole de la flamme, le mot « danger » et la mention « gaz extrêmement inflammable ». Ce système de classification est celui qui est imposé dans les fiches de données de sécurité dans la plupart des pays.

Règles applicables

Le champ des règles et réglementations concernant l'utilisation et l'application des substances inflammables, que ce soit ou non dans les systèmes et les équipements de FCAPC, est complexe et contradictoire dans la plupart des pays.

En règle générale, les différentes catégories qui s'appliquent sont :

- des réglementations générales qui régissent l'application et la manutention des substances inflammables, indépendamment de l'utilisation finale ou du secteur industriel ;
- des réglementations portant sur le transport (et parfois le stockage) de toute substance inflammable,
- des réglementations et des codes concernant le secteur du bâtiment, qui s'appliquent spécifiquement dans plusieurs situations où des substances inflammables sont utilisées à l'intérieur des bâtiments, y compris pour les systèmes de FCAPC ;
- des normes de sécurité applicables à l'utilisation de substances inflammables dans des circonstances générales ;
- des normes de sécurité pour des applications générales (telles que tout équipement ou installation de FCAPC), ou pour des produits spécifiques (tels que des réfrigérateurs ou des pompes à chaleur) ;
- les codes de bonnes pratiques de l'industrie, tels que ceux qui s'appliquent généralement aux équipements ou installations de FCAPC.

La situation varie considérablement d'un pays à l'autre. Certains pays ne sont soumis à aucune règle d'application, excepté peut-être quelques brèves directives indicatives émanant d'une entité gouvernementale particulière ou d'une association industrielle. À l'inverse, dans certains pays, toutes les catégories de règles d'application évoquées plus haut sont présentes. Parmi les différentes catégories de règles identifiées plus haut, certaines ont la préséance sur d'autres en raison des variations dans les systèmes juridiques des pays.

Réglementations concernant les substances inflammables

Les pays disposent d'une multitude de moyens pour légiférer (ou non) sur la manipulation des substances inflammables et des équipements associés. Plusieurs pays et régions ont adopté une législation cadre qui régit les situations impliquant le rejet éventuel de gaz inflammables (et de poussières).

En Europe, il y a deux ensembles de législations : la directive européenne sur les équipements et systèmes de protection destinés à une utilisation sous atmosphères potentiellement explosibles (« ATEX fabricants ») et la directive européenne sur la sécurité et la protection de la santé des travailleurs du risque potentiel présenté par les atmosphères explosibles (« ATEX utilisateurs »). La directive « ATEX fabricants » s'applique aux équipements qui sont utilisés dans des atmosphères potentiellement explosibles et aux installations qui peuvent entrer en contact avec des atmosphères explosibles. Ceci exige qu'une évaluation des risques d'inflammabilité soit effectuée et nécessite de réduire la quantité de matériaux inflammables, mais aussi de minimiser la probabilité de rejets, d'appliquer des mesures (telles que la ventilation) pour éliminer les atmosphères potentiellement inflammables, d'éviter les potentielles sources d'ignition et, le cas échéant, de mettre en place des mesures permettant de limiter la gravité des conséquences en cas d'ignition. Ces directives n'imposent pas de contraintes pratiques telles que la limitation des quantités de substances inflammables ou des situations où elles peuvent être utilisées. La directive « ATEX utilisateurs » suit la même approche fondée sur les risques, mais requiert en plus que le personnel qui manipule des substances inflammables ait suivi la formation requise et dispose des équipements appropriés.

Les réglementations d'autres pays, telles que celles de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande (santé et sécurité au travail (substances et matières dangereuses)), de la Fédération de Russie (loi sur la sécurité industrielle des installations industrielles dangereuses), de la Chine (loi sur la qualité des produits et loi sur la sécurité de la production), du Brésil (Portaria 83:2006) et de l'Inde, sont comparables à l'ATEX. Au Japon, ce type de risque est couvert par la loi sur la sécurité des gaz à haute pression et complétée par d'autres mesures telles que la loi sur la sécurité industrielle et la santé et les exigences de construction des équipements électriques destinées aux atmosphères explosibles.

Aux États-Unis et au Canada, il n'existe pas de législation nationale comparable à l'ATEX. Ce sont les provinces, les états, le comté et/ou les normes locales du bâtiment qui définissent l'utilisation de normes de sécurité spécifiques (voir ci-dessous). Malgré cela, le cadre réglementaire et le recours aux normes en vigueur telles que les normes NFPA et UL, fixent un objectif de sécurité similaire à celui d'autres pays occidentaux.

Réglementations concernant le transport de substances inflammables

La plupart des pays adhèrent aux diverses réglementations des Nations Unies pour le transport de substances dangereuses.

La principale source est le Règlement type des Nations Unies pour le Transport des marchandises dangereuses, qui s'applique généralement aux transports routier et ferroviaire. Il prévoit des dispositions spécifiques pour les équipements frigorifiques utilisant des frigorigènes inflammables (UN3358), selon lesquelles une machine frigorifique contenant moins de 12 kg de frigorigène inflammable n'est pas soumise au Règlement à condition qu'elle soit protégée par sa conception elle-même (c'est-à-dire qu'elle soit conforme aux normes de sécurité en vigueur). Les équipements contenant plus de 12 kg de gaz, eux, doivent subir des tests de pression types d'au moins trois fois la pression opérationnelle maximale et doivent être conformes aux normes d'emballage détaillées dans le Règlement.

Concernant le transport de systèmes par voie maritime, ce sont les règles du code maritime international des matières dangereuses qui s'appliquent. Elles suivent les directives du Règlement type.

Les règles concernant le transport par voie aérienne sont différentes. L'Organisation de l'Aviation civile internationale / l'Association Internationale du Transport Aérien interdisent le transport d'équipements contenant plus de 0,1 kg de frigorigène inflammable, que ce soit dans les avions de ligne ou les avions cargos. Toutefois, si le frigorigène inflammable est contenu dans des cylindres métalliques, 150 kg sont autorisés au maximum.

Réglementations pour les bâtiments et codes applicables aux substances inflammables

De nombreux pays ont des réglementations (ou des codes) qui ont un impact sur l'utilisation potentielle des frigorigènes inflammables. Il existe deux situations. Dans la première, les règlements interdisent ou limitent explicitement l'utilisation d'une certaine quantité de fluides frigorigènes inflammables dans certains types de bâtiments ; c'est le cas actuellement en France, en Italie, à Singapour, en Espagne et en Thaïlande notamment. Dans la seconde, des réglementations exigent que tout système ou équipement associé au bâtiment respecte les normes relatives au produit et/ou à l'installation ; c'est le cas par exemple aux États-Unis et au Canada. Un grand nombre de pays n'a pas de réglementation sur les bâtiments ayant une incidence sur l'utilisation des frigorigènes inflammables.

Normes de sécurité pour les substances inflammables dans des circonstances générales

Une série de normes internationales, étroitement liées aux réglementations encadrant l'utilisation sécuritaire de substances inflammables, a été adoptée à l'échelle nationale par la plupart des pays et invoquée par ces réglementations nationales. Ces normes sont principalement celles qui font partie des séries CEI 60079 et ISO/CEI 80079. Parmi ces normes, on trouve :

- la norme CEI 60079-20-1 sur la classification et les propriétés des substances inflammables ;
- la norme CEI 60079-10-1 sur la classification par zones (zonage) des atmosphères potentiellement inflammables ;

- la série de normes CEI 60079-29 sur les détecteurs de gaz et les systèmes de détection de gaz inflammables ;
- la norme CEI 60079-0, -1, -2, -5, -6, -7, -15, -18, -26, -32, -33, -39 (etc.) sur la protection des équipements électriques ou autres destinés à une utilisation dans des zones potentiellement inflammables ;
- la norme CEI 60079-14 sur la conception, la sélection et la mise en place d'installations électriques destinées à une utilisation dans des atmosphères potentiellement inflammables ;
- la norme ISO/CEI 80079-36-37 et -38 sur les équipements non électriques utilisés dans des atmosphères potentiellement inflammables ;
- la norme CEI 60079-19 sur la réparation, la révision et la récupération des équipements utilisés dans des atmosphères potentiellement inflammables.

Bien que ces normes soient souvent négligées lors de l'utilisation de frigorigènes inflammables du fait qu'elles sont étroitement liées aux réglementations de sécurité de nombreux pays, il est essentiel qu'elles soient prises en considération. En raison des exigences d'application générale, ces normes sont également applicables aux bâtiments dans de nombreux pays.

Normes de sécurité pour les produits, les équipements et les installations de FCAPC

Les normes de sécurité spécifiques à un secteur sont les plus connues des personnes travaillant dans l'industrie du FCAPC. Les normes internationales les plus importantes, ainsi que les normes régionales européennes et les normes nationales américaines équivalentes, sont répertoriées à la page suivante dans le tableau 1, qui indique à quel secteur elles s'appliquent. Les normes « verticales », également connues sous le nom de normes produits, tendent à s'appliquer à des types d'équipements spécifiques, alors que les normes « horizontales » couvrent tous les équipements d'un secteur donné. Il est à noter que des normes équivalentes sont également publiées dans de nombreux autres pays.

Ces normes portent sur les sujets suivants, qui sont essentiels à l'utilisation économique des frigorigènes inflammables :

- les limites sur la quantité de charge en frigorigène ;
- le contrôle des composants électriques et des composants à surfaces chaudes ;
- l'utilisation de dispositifs limiteurs de pression et de décharge ;
- l'utilisation de détecteurs de gaz ;
- la construction de salles des machines ;
- les débits d'air d'extraction, de ventilation et/ou de circulation.

Bien que ces normes de sécurité soient très familières aux professionnels de l'industrie du FCAPC, elles sont souvent d'application volontaire (dès lors qu'il s'agit de questions liées à l'inflammabilité). Les normes liées spécifiquement aux atmosphères potentiellement explosibles ont habituellement préséance. Si certaines exigences des normes régissant

les systèmes de FCAPC peuvent permettre une interprétation spécifique à l'application de normes de la série CEI 60079, de nombreuses incohérences sont cependant à déplorer tant en ce qui concerne la philosophie que les mesures pratiques. Il est essentiel que les professionnels n'appliquent pas un ensemble de règles d'une manière qui entre en conflit avec un autre.

Il est reconnu que les normes de sécurité actuelles constituent des obstacles importants à l'adoption de frigorigènes inflammables et que des mesures devraient être prises pour remédier à la situation [5, 6, 7]. En raison de l'attention portée à l'utilisation plus large des frigorigènes inflammables, des actions sont menées au niveau régional, national et international pour réviser et/ou modifier ces normes afin de permettre leur plus large utilisation, et aussi pour gagner en cohérence avec la série de normes CEI 60079.

Tableau 1 : Champ d'application des différentes normes de sécurité internationales et régionales pour les systèmes de FCAPC

		Verticales				Horizontales
		CEI 60335-2-24	CEI 60335-2-40	CEI 60335-2-89	ISO 13043	ISO 5149-1, -2, -3, -4
Secteur	Internationales					
	Régionales et industrie (exemples)	EN 60335-2-24; UL 250	EN 60335-2-40; UL 484	EN 60335-2-89; UL 471	SAE J2773	EN 378-1, -2, -3, -4; ASHRAE-15
Froid domestique		X				
Froid commercial				X		X
Systèmes industriels						X
Transport frigorifique						X ³
Pompes à chaleur air-air pour conditionnement d'air			X			X
Pompes à chaleur pour chauffer l'eau			X			X
Refroidisseurs			X			
Conditionnement d'air automobile					X	

Les codes de bonnes pratiques de l'industrie du FCAPC

Plusieurs organisations industrielles ont développé des codes de sécurité visant à mieux guider les professionnels à travers la multitude de normes et de réglementations associées à l'utilisation des frigorigènes inflammables, et à leur fournir une interprétation plus opérationnelle de ce que sont leurs obligations. C'est le cas notamment de l'Institut britannique du froid (IOR) qui a édité le « code des bonnes pratiques pour les systèmes frigorifiques utilisant des frigorigènes A2 et A3 », et de l'Institut australien du froid, du

3 Pas applicable pour ASHRAE 15

conditionnement d'air et du chauffage (AIRAH) avec le « guide de sécurité des frigorigènes inflammables ». En plus de cela, de nombreux fabricants de composants et de systèmes frigorifiques proposent des recommandations sur le sujet.

Considérations pour les équipements de FCAPC pendant leur durée de vie

Lorsqu'un équipement de froid, de conditionnement d'air ou de pompe à chaleur est développé, mis au point ou utilisé, l'utilisation de frigorigènes inflammables génère de nouvelles contraintes tout au long de la vie de l'équipement (de sa conception à son démantèlement). Un aperçu des étapes importantes est montré à la fin de cette note dans la figure 2, avec des exemples concernant les activités spécifiques et le personnel requis pour chaque étape. Tout comme pour d'autres problématiques telles que la sécurité des équipements sous pression et la sécurité des équipements électriques, les professionnels doivent être conscients des dangers éventuels et des moyens de les atténuer pour garantir leur intégrité. Parmi ces différentes étapes où un fluide frigorigène inflammable est utilisé, certaines présentent plus que d'autres des risques d'inflammabilité.

Par exemple, les étapes telles que la production, le stockage et le transport ont tendance à créer moins de risque d'inflammabilité, car elles concernent une très courte période de la durée de vie de l'équipement, mais aussi parce qu'elles sont habituellement gérées par le fabricant, qui peut contrôler la situation plus facilement.

Lorsque l'équipement est « en cours d'utilisation », et qu'il fonctionne alors sans interférence, le niveau de risque dépend en grande partie des caractéristiques de conception et de construction spécifiques, qui sont généralement gérées de façon appropriée si les réglementations et les normes sont convenablement respectées.

Les principes de base sont :

- minimiser la charge de fluide frigorigène ;
- construire un circuit frigorifique afin de minimiser les fuites ;
- éliminer toutes les sources potentielles d'ignition dans l'équipement ;
- s'assurer que la conception ne peut donner lieu à des mélanges inflammables persistants ;
- concevoir l'équipement de façon à minimiser la gravité des conséquences en cas d'ignition ;
- prévoir des mesures d'atténuation lorsque cela est approprié : détecteur de gaz, débit d'air et moyens de limiter la quantité de frigorigène libéré ;
- mettre en place une signalisation pour avertir des risques d'inflammabilité ;
- fournir des instructions relatives à l'installation, l'entretien et la maintenance.

Néanmoins, même si l'on considère que l'équipement répond aux exigences nécessaires en termes de conception, la certitude qu'il a correctement été installé et l'intégrité des caractéristiques dont on l'a doté pour réduire les risques sont essentielles pour évaluer le niveau de risque encouru pendant l'utilisation. Le fait de ne pas respecter les instructions

d'installation pourrait rendre l'équipement dangereux (comme installer un système à charge élevée dans une pièce de petite taille ou faire passer des tuyauteries dans des espaces vulnérables). D'autre part, un entretien inapproprié peut également rendre dangereux un équipement sûr à la base. C'est le cas par exemple si un équipement électrique doté d'une protection contre les explosions défectueux est remplacé par des composants ayant la même fonction, mais sans la protection anti-explosion requise, en cas de remplissage des systèmes au-delà de la charge autorisée, de remplacement de joints brasés par des joints évasés, de défaut d'entretien des systèmes de détection de gaz ou encore de non-respect des dispositions définies en matière de ventilation.

Cependant, c'est lors des activités impliquant la manipulation du frigorigène, telles que l'installation, l'entretien et la mise hors service, que le risque devient beaucoup plus élevé. Ces activités impliquent souvent le transfert de quantités de frigorigène inflammable et des rejets intentionnels (lignes de purge ou événements). La probabilité de survenance d'atmosphères inflammables est élevée. La probabilité de se trouver en présence de sources potentielles d'ignition est également élevée en cas d'intervention sur l'équipement électrique du système, d'utilisation de certains équipements tels que des machines de récupération ou des torches de brasage défectueuses, ou tout simplement en allumant une cigarette. En plus de la fréquence élevée d'ignition à laquelle le technicien est confronté, ces situations accroissent potentiellement la gravité des conséquences subies (par exemple en termes de dose thermique et de contact avec des produits de décomposition). Une formation adaptée, des techniciens qualifiés et des équipements et outils appropriés peuvent réduire considérablement les risques d'inflammabilité durant les activités qui impliquent la manipulation de frigorigènes ^[8].

Remarques finales

Les principaux enjeux identifiés tout au long de cette Note d'Information sont les suivants :

- L'industrie du FCAPC, particulièrement dans les pays non visés à l'article 5 (sujets à un calendrier de réduction progressive des HFC plus rapide), doit se préparer à une utilisation accrue des frigorigènes inflammables. Il est probable que les frigorigènes inflammables feront leur entrée dans presque tous les sous-secteurs.
- Avec le développement des frigorigènes inflammables, ce sont de nombreux paramètres techniques, réglementaires et d'infrastructure que de nombreux professionnels du secteur vont devoir prendre en considération. Cela nécessite une réflexion sur toute la durée de vie des équipements de FCAPC et sur les obligations du personnel impliqué dans leur utilisation.
- Les frigorigènes inflammables possèdent une variété de caractéristiques qui influent sur la probabilité qu'ils ont de s'enflammer et sur la gravité des conséquences en cas d'ignition. Il convient donc de tenir compte de ces caractéristiques lors de la conception de ces équipements et du processus d'évaluation des risques.
- Les frigorigènes inflammables font l'objet de classifications particulières en fonction de leurs caractéristiques d'inflammabilité. Cependant, des schémas de classification différents sont appliqués selon les contextes techniques et légaux.

- Le nombre et les types de règles et réglementations applicables aux substances inflammables en général et aux frigorigènes inflammables en particulier sont divers, tant au niveau national qu'international. C'est une situation complexe qui nécessite une bonne compréhension de ces informations de la part des professionnels du secteur, y compris les ingénieurs concepteurs, le personnel en charge de la fabrication, les installateurs, les techniciens de maintenance et d'entretien et ceux qui interviennent dans la mise hors service et le démantèlement des équipements de FCAPC ;
- Dans de nombreux pays, les règles et réglementations peuvent, intentionnellement ou non, constituer des obstacles à l'utilisation des frigorigènes inflammables. Les organismes gouvernementaux associés au Protocole de Montréal devraient déterminer si ces règles – en particulier les réglementations en matière de construction et les normes de sécurité – n'empêchent ou ne limitent pas l'utilisation des frigorigènes inflammables, et tenter de remédier à la situation pour qu'il n'y ait plus d'entrave à leur utilisation ;
- La connaissance et la recherche sur l'utilisation sans risque des frigorigènes inflammables demeurent relativement limitées. Il est donc indispensable de poursuivre les recherches sur les nombreux aspects liés au risque d'inflammabilité. Toutes les parties prenantes intéressées sont encouragées à apporter leur contribution à cet objectif ;
- Les frigorigènes inflammables demeurent un sujet sensible et divisent l'opinion, en particulier quant au fait qu'ils soient considérés ou non comme « acceptables ». Il est important d'avoir conscience des nombreux intérêts de travailler dans un sens ou dans l'autre.

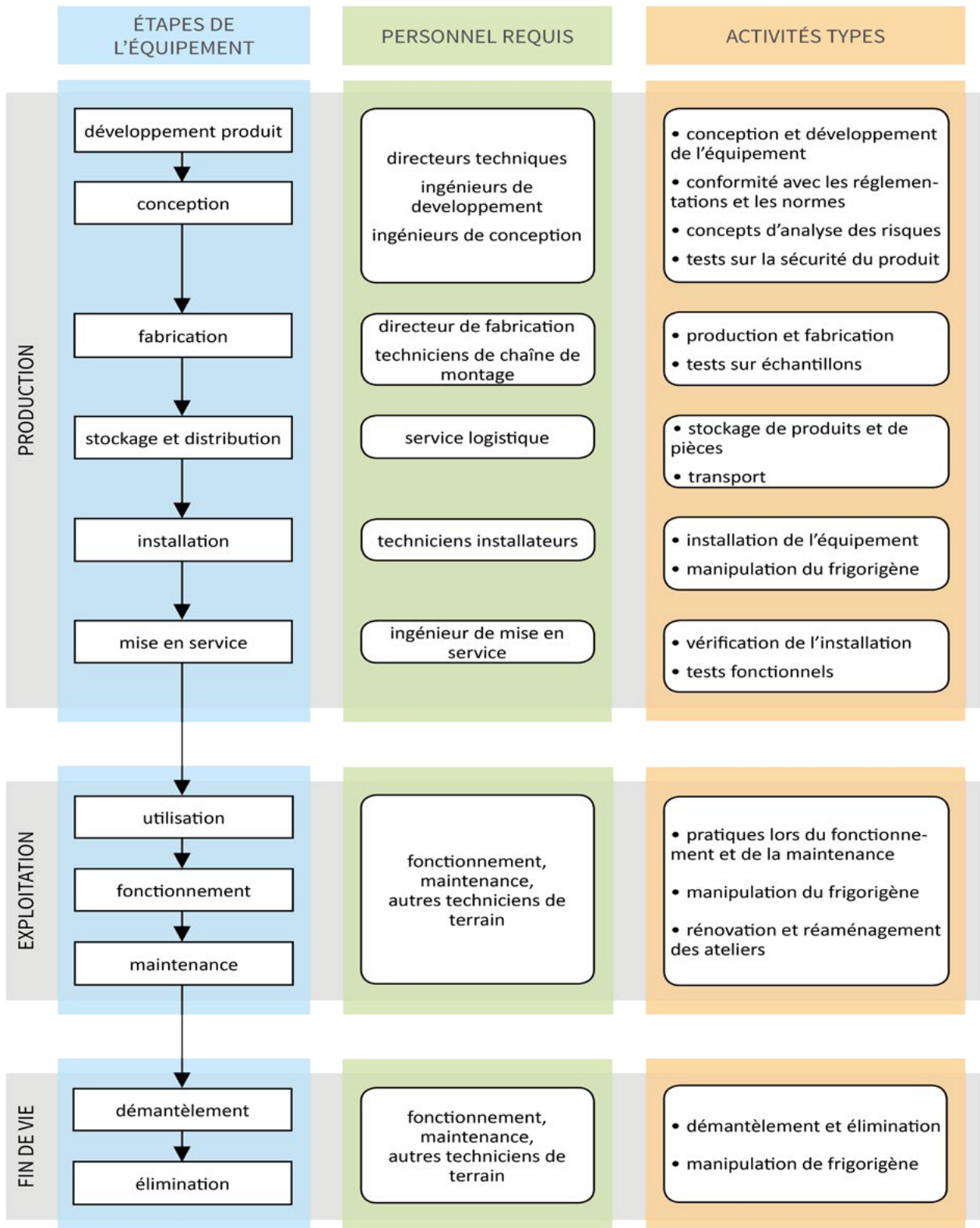


Figure 1 : Revue des étapes de la durée de vie de l'équipement, du personnel requis et des activités clés de chaque étape ^[9].



Recommandations

L'IIF conseille aux parties intéressées de tenir compte des questions soulevées dans cette Note d'Information, et en particulier des points suivants :

- Afin de se conformer aux réglementations encadrant l'utilisation des frigorigènes HFC, il conviendra d'utiliser largement ceux qui ont un faible GWP et une grande partie de ceux-ci sont inflammables.
- En raison des conséquences délétères potentielles de l'inflammation de ces frigorigènes, leur utilisation exige des mesures appropriées de conception et de construction afin d'assurer le niveau de sécurité requis.
- Certains pays ont tendance à avoir des réglementations génériques sur les gaz inflammables, qui régissent l'utilisation et l'application de toute substance inflammable. Beaucoup adoptent des normes de sécurité qui préconisent la façon dont les frigorigènes inflammables doivent (ou ne doivent pas) être utilisés. Un certain nombre de pays ont des normes nationales de construction qui limitent l'utilisation des frigorigènes inflammables. Il est essentiel pour les pays d'évaluer leurs normes et réglementations nationales et de s'assurer qu'elles n'entravent pas inutilement l'utilisation de frigorigènes adaptés.
- Les travaux de recherche et de développement pour une utilisation plus sûre des frigorigènes inflammables menés actuellement, conduiront probablement à des réglementations plus rigoureuses et plus largement applicables à leur utilisation. Les parties prenantes, y compris industrielles, gouvernementales et académiques, devraient s'impliquer dans le processus visant à réduire les effets potentiellement indésirables.
- Certaines normes de sécurité dans le secteur du FCAPC imposent actuellement des restrictions quant à l'utilisation de certains frigorigènes inflammables pour certaines applications. Il convient d'y remédier pour disposer d'un choix plus large et potentiellement plus rentable de solutions techniques. Étant donné que ces normes de sécurité du secteur du FCAPC fixent souvent des obligations incompatibles avec les exigences historiques imposées par les normes régissant plus généralement les substances inflammables, il est recommandé aux organismes de normalisation de travailler en plus étroite collaboration pour résoudre les problématiques rencontrées de toute part, y compris la cohérence entre les normes CEI de la série 60079 et les normes de sécurité propres aux systèmes de FCAPC.

Copyright © 2017 IIR/IIF All rights reserved/Tous droits réservés



Références

- [1] UNEP. The Kigali Amendment (2016): The amendment to the Montreal Protocol agreed by the Twenty-Eighth Meeting of the Parties (Kigali, 10-15 October 2016). In UNEP website **[en ligne]**. 2017.
Disponible sur : <<http://ozone.unep.org/en/handbook-montreal-protocol-substances-deplete-ozone-layer/41453>> (Consulté le 20/11/2017)
- [2] MCLINDEN M. O., BROWN J. S., BRIGNOLI, R., et al. Limited options for low-global-warming-potential refrigerants. Nature Communications **[en ligne]**. 2017, vol.8, 9 p.
Disponible sur : <<https://www.nature.com/articles/ncomms14476>> (Consulté le 20/11/2017)
- [3] UNEP. Report of the Technology and Economic Assessment Panel **[en ligne]**. Decision XXVII/4 task force update report on further information on alternatives to ozone-depleting substances. Nairobi, Kenya: UNEP, 2016, 179 p.
Disponible sur : <http://bit.ly/UNEP_TEAP_XXVII_4> (Consulté le 20/11/2017)
- [4] GROVE J. R. Measurement of quenching diameters and their relation to the flameproof grouping of gases and vapours. I.Chem.E **[en ligne]** Symposium series n°25, p.51-54.
Disponible sur : <<http://bit.ly/Grove1968>> (Consulté le 20/11/2017)
- [5] UNEP. Barriers to the use of low-GWP refrigerants in developing countries and opportunities to overcome these. In UNEP website **[en ligne]**. 2010.
Disponible sur : <http://bit.ly/UNEP_Lemmet> (Consulté le 20/11/2017)
- [6] UNEP. Report of the Technology and Economic Assessment Panel **[en ligne]** Decision XXVIII/4: Establishment of regular consultations on safety standards. Nairobi, Kenya: UNEP, 2016, 2p.
Disponible sur : <http://bit.ly/UNEP_TEAP_XXVIII_4> (Consulté le 20/11/2017)
- [7] EUROPEAN COMMISSION. Report from the Commission **[en ligne]**. Barriers posed by codes, standards and legislation to using climate-friendly technologies in the refrigeration, air conditioning, heat pumps and foam sectors. Brussels, Belgium: European Commission, 2016, 8p.
Disponible sur : <<http://bit.ly/UECom2016>> (Consulté le 20/11/2017)
- [8] COLBOURNE D. 2011. Risk analysis of flammable refrigerant handling during service and maintenance activities. In : Proceedings of the 23rd IIR International Congress of Refrigeration, August 21-26, 2011, Praha **[en ligne]**. Paris : IIR, 2011, 9p.
Disponible sur : <<http://bit.ly/Fridoc-Colbourne-2011>> (Consulté le 20/11/2017)
- [9] COLBOURNE D., HUEHREN R., EDERBERG L. 2010. Guidelines for the safe use of hydrocarbon refrigerants **[en ligne]** Eschborn, Germany: GIZ Proklima, 2012, 320 p.
Disponible sur : <<http://bit.ly/ColbourneGIZ>> (Consulté le 20/11/2017)