



U-3ARC
WEBINAIRE DE FORMATION
N°31

LES FLUIDES FRIGORIGENES
INFLAMMABLES
Partie 2

Raoudha MASSAOUDI

30 MARS 2024



Sommaire

1/ Objectifs

2/ Classification de sécurité

3/ Caractéristiques physique des Fluides Frigorigènes inflammables alternatifs

4/ Applications des fluides frigorigènes alternatifs

5/ Propriétés d'inflammabilité des fluides frigorigènes

6/ Restrictions d'utilisation - taille maximale de la charge


7/ Détermination des charges limites des fluides frigorigènes inflammables


8/ L'analyse des risques

9/ Procédures d'intervention appliquées aux fluides frigorigènes inflammables



Classification de sécurité

	HIGHER FLAMMABILITY	A3 R-50, R-170, R-290, R-600a, R-441a, R-1270	B3 R-1140
	LOWER FLAMMABILITY	A2 R-142b, R-152a	B2 R-30, R-40, R-611, R-717
		A2L HFO-1234yf, HFO-1234ze	
NO FLAME PROPAGATION	A1 R-11-R-14, R-22, R-113, R-114, R-115, R-134a, R-410A, R-449B, R-1234zd	B1 R-10, R-21, R-123, R-764	
		LOWER TOXICITY	HIGHER TOXICITY



Détermination des charges limites des fluides frigorigènes inflammables

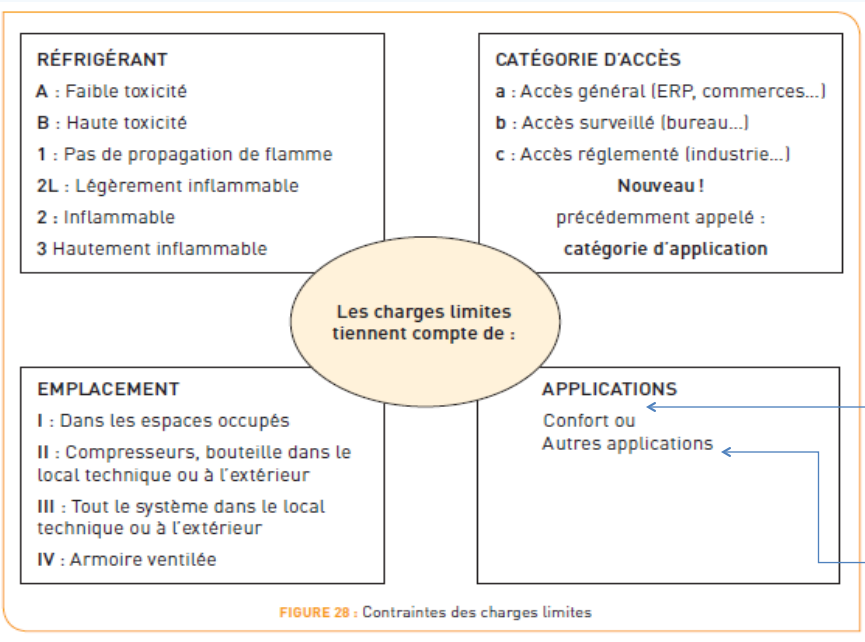


FIGURE 28 : Contraintes des charges limites

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

$$M_{max} < 20\% * LII * \text{volume du local}$$



Généralité

L'entreprise doit :

- Déterminer l'outillage nécessaire pour l'installation.
 - Protéger le site d'installation et les équipes :
 - Protection collective : informer le client avant intervention en sus du plan de prévention.
 - Protection individuelle : équiper son personnel avec les EPI (Equipement de Protection Individuelle) nécessaires suivant la réglementation (lunettes, masque anti projection, gants de protection, chaussures de sécurité, vêtements de travail, etc.)
 - Installer les équipements avec des équipes qualifiées (brasure, manipulation des fluides, etc.).
- **Attention à utiliser le bon outillage et le bon matériel correspondant aux contraintes de chaque fluide.**

Généralité



Plus spécifiquement pour les fluides A3 ,A2 et A2L , l'entreprise doit :

- Vérifier l'absence de source d'inflammation et point d'ignition (flammes, étincelles, appareils électriques et/ou électroniques) ;
- Travailler dans un lieu bien ventilé ;
- Eviter l'accumulation de charge électrostatique.
- Utiliser l'outillage qui correspond à la norme « ATEX » (ATmosphère EXplosive), anti étincelants ou anti déflagrant pour le matériel suivant :
 - la pompe à vide avec composants électriques anti-étincelants ;
 - la station de charge composants électriques anti-étincelants ;
 - la station de récupération composants électriques anti-étincelants ;
 - le détecteur de fuite approprié;
- Mettre à disposition un extincteur approprié à proximité (Poudre ABC)
 - Utiliser des flexibles pour évacuer le gaz en dehors du périmètre d'intervention ;
 - Utiliser un explosimètre pour vérifier l'absence de fluide inflammable avant intervention.



Attention : La formation des techniciens à la « Manipulation des fluides R290 et R600A – Propane et Isobutane » est obligatoire. (Code du travail).

Analyse des risques



L'analyse des risques **est une action préalable importante** qui doit être menée par **chacun des acteurs du cycle de vie** des systèmes frigorifiques (de celui qui conçoit le système à celui qui est en charge de la mise au rebut du système en passant par celui qui réalise la maintenance).

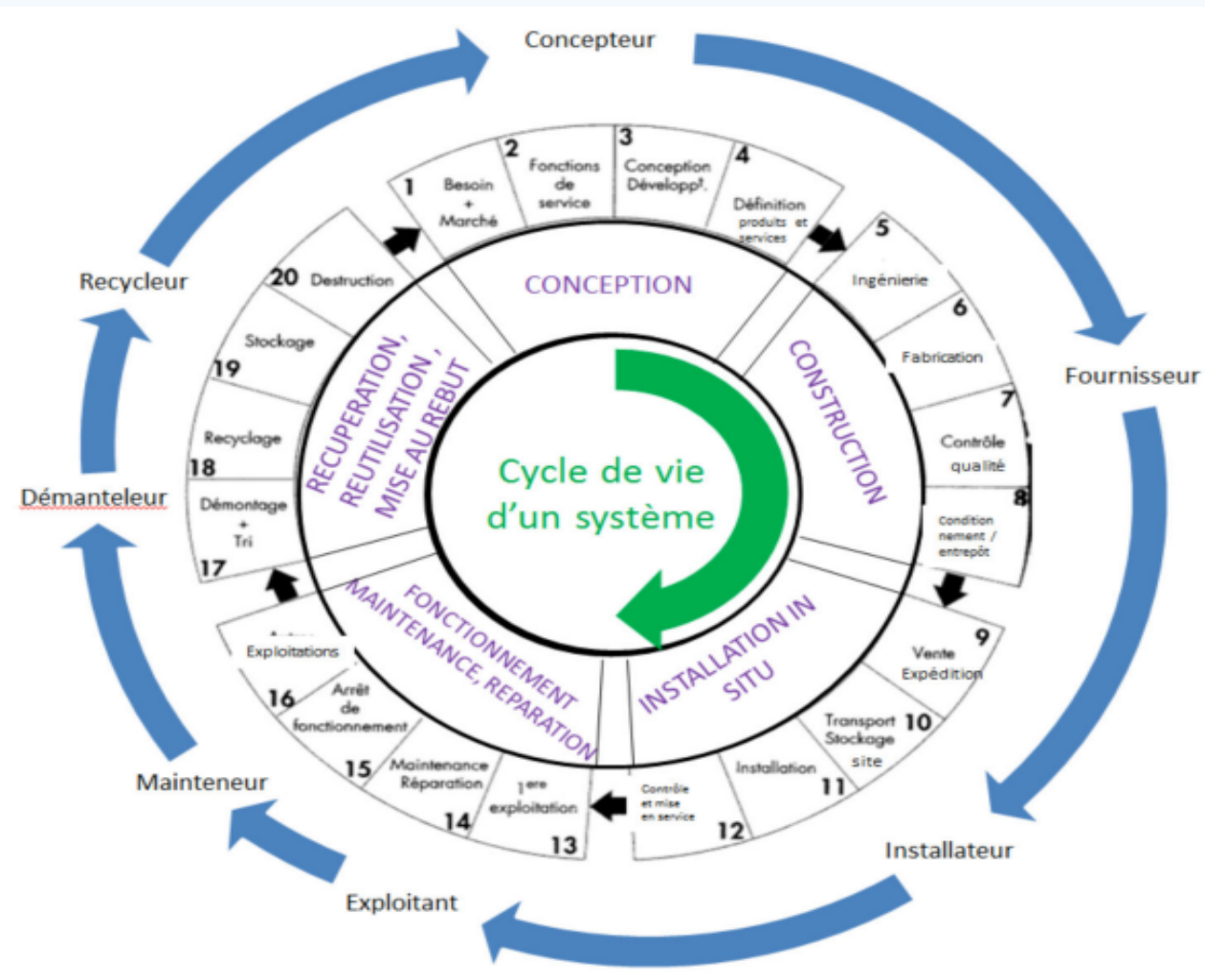
La norme NF EN 378 : 2017 ne cite pas explicitement le terme d'analyse des risques. En revanche, elle précise que « ***l'objectif est de réduire les dangers possibles des systèmes frigorifiques et des fluides frigorigènes pour les personnes, les biens et l'environnement*** ».

La norme NF EN 378 : 2017 ne précise pas le format d'analyse qu'il faut utiliser : c'est à l'entreprise de décider.



Le cycle de vie d'une installation frigorifique

La figure ci-dessus montre les différents intervenants durant le cycle de vie d'un équipement frigorifique.



Les différentes étapes de l'analyse des risques



La description des étapes ci-dessous se base largement sur la norme NF EN ISO 12100 qui est citée en référence par la norme NF EN 378 : 2017

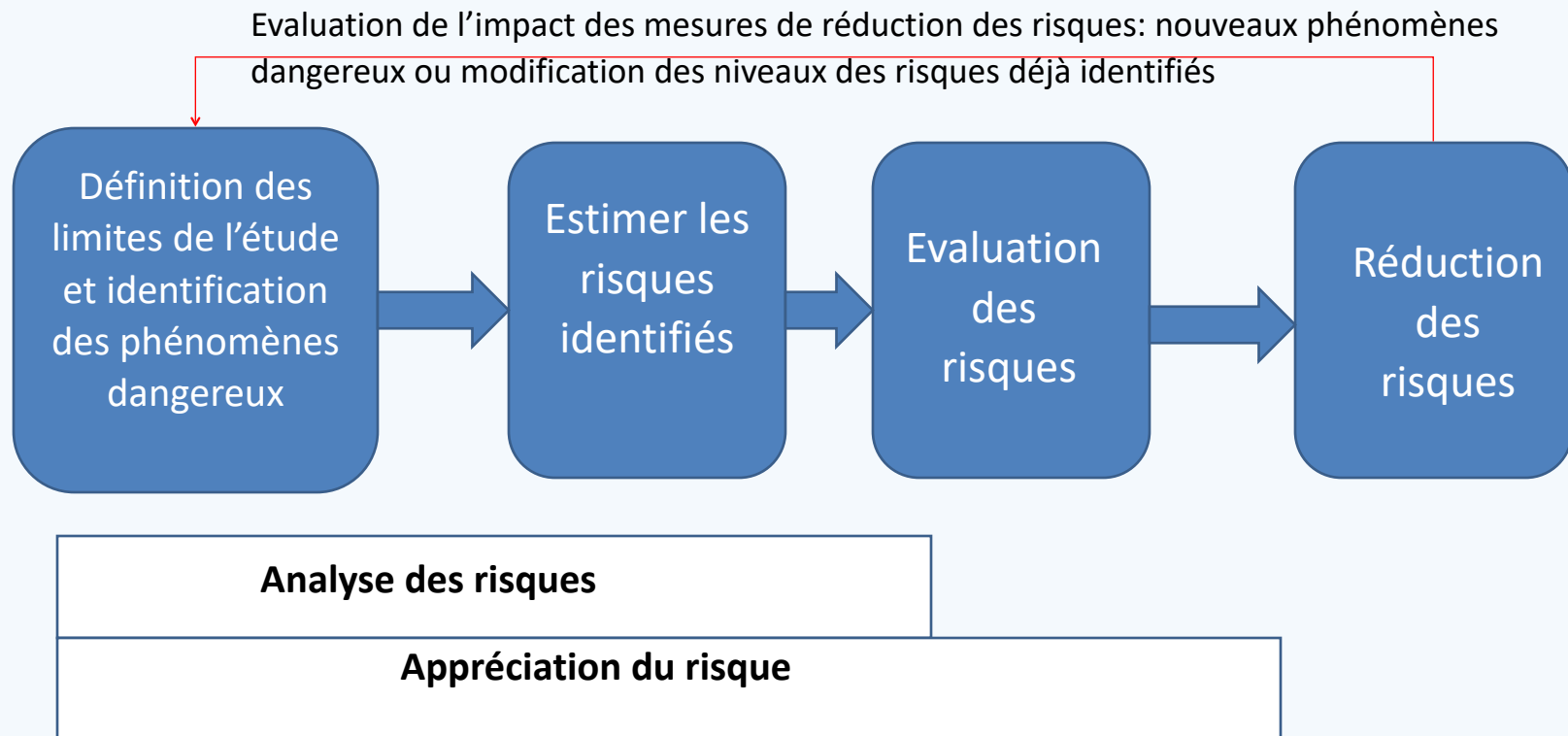


Figure : Schéma simplifié du processus de gestion des risque suivant la norme NF EN ISO 12100



Définition des limites de l'étude et identification des phénomènes dangereux

La définition rigoureuse du périmètre d'étude est importante car elle conditionne les phénomènes dangereux qui seront identifiés.

L'identification d'un phénomène dangereux est le point de départ d'un scénario qui aboutit au dommage

La norme NF EN 378 : 2017 cite les termes de « phénomène dangereux » et de « situation dangereuse » qui permettent de décrire le scénario aboutissant au dommage :

- ✓ Le « **phénomène dangereux** » est une source potentielle de dommage.
- ✓ La « **situation dangereuse** » est une situation dans laquelle les personnes, les biens et l'environnement sont exposés au phénomène dangereux.
- ✓ Le « **dommage** » décrit les conséquences potentielles d'une situation dangereuse sur les personnes, les biens et l'environnement.

Analyse des risques

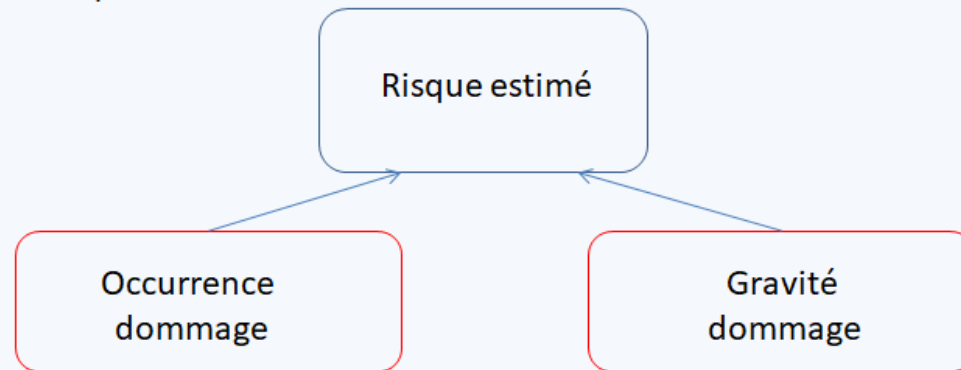
Les différentes étapes de l'analyse des risques



Estimer les
risques
identifiés

Estimer un risque consiste à définir l'occurrence et la gravité du dommage associé à chaque couple situation dangereuse/phénomène dangereux.

Un objectif important de la norme NF EN 378 : 2017 est de fournir au concepteur les facteurs-clés qui modulent ces deux paramètres.



Analyse des risques

Les différentes étapes de l'analyse des risques



Evaluation des risques

L'évaluation des risques doit permettre d'atteindre deux objectifs :

- ✓ Décider quels sont les risques qui doivent être réduits.
- ✓ Si des réductions des risques sont mises en œuvre, vérifier qu'elles n'introduisent pas de phénomènes dangereux supplémentaires ou n'augmentent pas le niveau des autres risques.

Le ou les critères d'acceptabilité du risque ne sont pas fixés par la norme NF EN 378 : 2017. En revanche, il est nécessaire que des règles précises qui établissent si un risque doit être réduit soient prédéfinies. C'est à l'entreprise de les édicter.

Analyse des risques

Les différentes étapes de l'analyse des risques



Réduction des risques

Si un risque n'est pas acceptable, il faut le réduire par la mise en œuvre d'actions de réduction du risque. L'ensemble des actions de réduction des risques est appelé « *plan de maîtrise des risques* ».

Pour réduire le niveau d'un risque, il est possible de procéder de deux façons :

- ✓ diminuer la fréquence du risque ;
- ✓ diminuer la gravité du risque.

les leviers d'action possibles pour diminuer l'occurrence du risque sont :

- ❖ Supprimer ou limiter l'apparition des causes amenant à la situation dangereuse
- ❖ Eviter que la combinaison du phénomène dangereux et d'une cause amène à la situation dangereuse.
- ❖ Supprimer ou limiter l'apparition des causes faisant passer de la situation dangereuse au dommage.
- ❖ Eviter que la combinaison de la situation dangereuse et d'une cause provoque le dommage.

En revanche, il n'est pas toujours possible de réduire la gravité d'un dommage.

Analyse des risques

Les différentes étapes de l'analyse des risques



La description des étapes ci-dessous se base largement sur la norme NF EN ISO 12100 : 2010 qui est citée en référence par la norme NF EN 378 : 2017

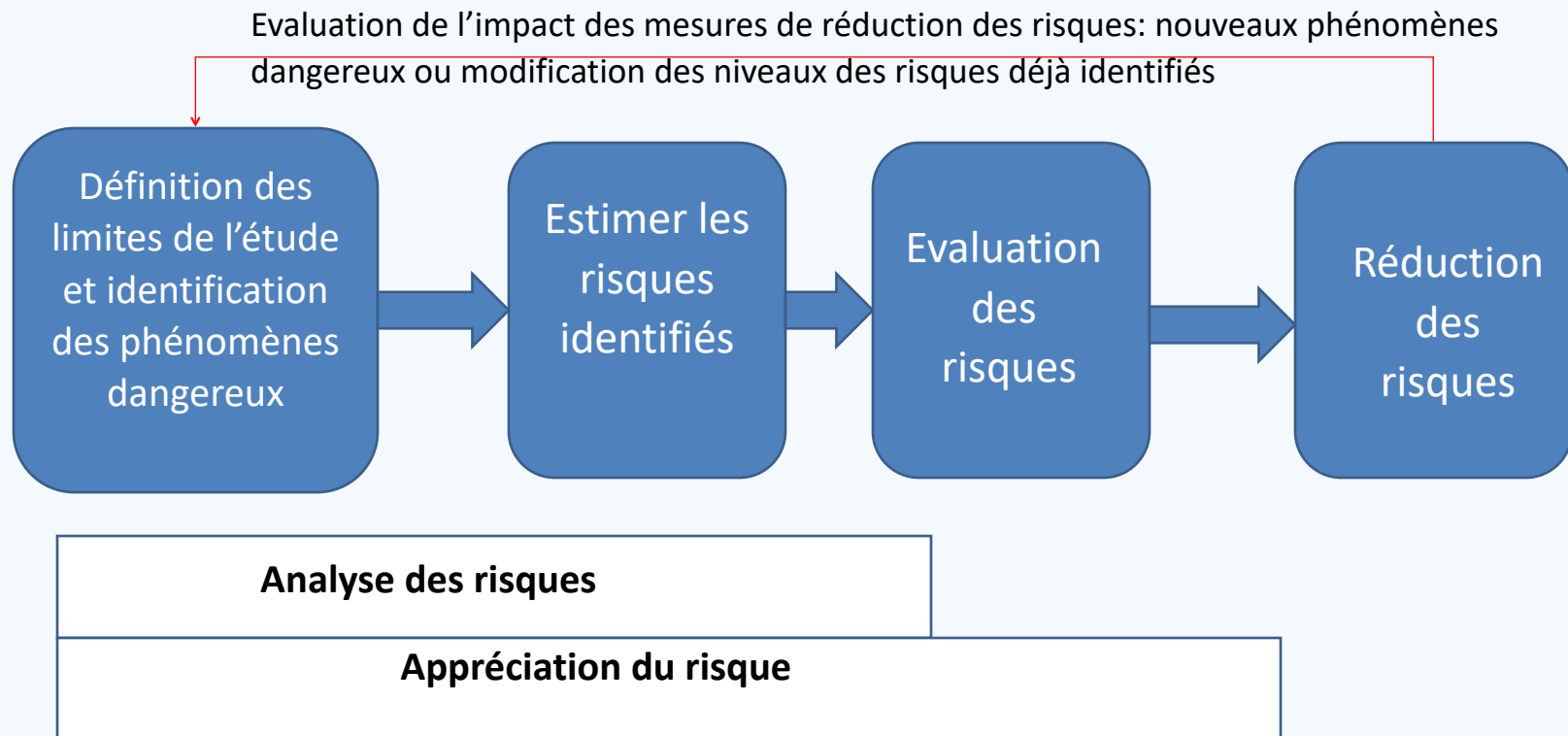


Figure : Schéma simplifié du processus de gestion des risque suivant la norme NF EN ISO 12100

L'analyse des risques



CHAQUE ACTEUR DU CYCLE DE VIE DOIT PREPARER UNE ANALYSE DE RISQUE POUR SON PHASE ET POUR LES PHASES QUI SUIT SON INTERVENTION

ANALYSE PRELIMINAIRE		EVALUATION DU RISQUE ATEX						MESURES COMPLEMENTAIRES DE PREVENTION ET DE PROTECTION							
		Fréquence d'apparition du risque				Gravité du risque		Suivi (décisions, suite à donner...)							
Unité de travail <i>Installation et nature du combustible</i>	- Équipements - Phases de travail - Phases de procédé - Activités - Dysfonctionnements	Zonage initial		Identification des sources d'inflammation <i>Type et conditions de présence (fonctionnement normal, maintenance)</i>	Mesures de prévention mises en place		Zonage après prise en compte des mesures existantes		Facteur d'exposition*	Système de protection contre les explosions**	Dispositions complémentaires ou d'amélioration à mettre en œuvre	Suivi (décisions, suite à donner...)			
		Localisation	Type de zone, dimensionnement		Nature des mesures	Maîtrise, efficacité, pérennité	Localisation	Type de zone, dimensionnement				Mesures retenues	Délai et responsable	Date de réalisation	Améliorations attendues, commentaires

Grille d'évaluation des risques

L'analyse des risques



CHAQUE ACTEUR DU CYCLE DE VIE DOIT PREPARER UNE ANALYSE DE RISQUE POUR SON PHASE ET POUR LES PHASES QUI SUIT SON INTERVENTION

ANALYSE PRELIMINAIRE		EVALUATION DU RISQUE ATEX								MESURES COMPLEMENTAIRES DE PREVENTION ET DE PROTECTION								
		Fréquence d'apparition du risque				Gravité du risque				Suivi (décisions, suite à donner...)								
		Zonage initial		Identification des sources d'inflammation		Mesures de prévention mises en place		Zonage après prise en compte des mesures existantes								Facteur d'exposition*		Système de protection contre les explosions**
Unité de travail <i>Installation et nature du combustible</i>	- Équipements - Phases de travail - Phases de procédé - Activités	Localisation	Type de zone, dimensionnement	Type et conditions de présence	Nature des mesures	Maîtrise, efficacité, etc.	Localisation	Type de zone, dimensionnement					Mesures retenues	Délai et responsabilité	Date de réalisation	Améliorations attendues, commentaires	Validation	

Le produit combustible est le fluide frigorigère inflammable. L

considérer sont

- Nature du fluide
- Classe sécurité
- Groupe DESP
- Densité
- Limite inférieure
- Température d'in

Analyse du système frigorigère

L'analyse du système comprend

- Les caractéristiques de fonctionnement,
- Son emplacement
- Sa catégorie,
- La nature du système (direct ou indirect)
- Sa charge en fluide .

L'analyse des risques



CHAQUE ACTEUR DU CYCLE DE VIE DOIT PREPARER UNE ANALYSE DE RISQUE POUR SON PHASE ET POUR LES PHASES QUI SUIT SON INTERVENTION

ANALYSE PRELIMINAIRE		EVALUATION DU RISQUE ATEX						MESURES COMPLEMENTAIRES DE PREVENTION ET DE PROTECTION						
		Fréquence d'apparition du risque			Gravité du risque									
Unité de travail <i>Installation et nature du combustible</i>	- Équipements - Phases de travail - Phases de procédé - Activités - Dysfonctionnements	Zonage initial		Identification des sources d'inflammation	Mesures de prévention mises en place		Zonage après prise en compte des mesures existantes	Facteur d'exposition*	Système de protection contre les explosions**	Dispositions complémentaires ou d'amélioration à mettre en		Suivi (décisions, suite à donner...)		
		Localisation	Type de zone, dimensionnement	Type et conditions de présence (fonctionnement normal, maintenance)	Nature des mesures	Maitrise, efficacité, pérennité	Localisation	Type de zone, dimensionnement			Mesures catégorisées	Délai et responsabilité	Date de réalisation	Améliorations attendues

dispositifs électriques provoquant des étincelles peuvent être les suivants:

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)
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 fissure)
	Corrosion brasure (environnement, réalisation)
	Matériel, outillage défectueux (flexible)
	Rejet de fluide
	Pressostat (rupture soufflet)
	Soupape de sécurité (défaut d'étanchéité)

interrupteurs marche/arrêt, par exemple sur les prises électriques, à vide, des lignes de récupération, des détecteurs, des interrupteurs d'éclairage, des interrupteurs standard, des compresseurs standard et protecteurs de surcharge (klixon), des interrupteurs standard (haute pression, basse pression, pression différentielle de l'huile), des interrupteurs d'éclairage standard (ballasts), des interrupteurs standard (par exemple pour le dégivrage) et régulateurs, des interrupteurs de fuites électroniques non adaptés

L'analyse des risques



CHAQUE ACTEUR DU CYCLE DE VIE DOIT PREPARER UNE ANALYSE DE RISQUE POUR SON PHASE ET POUR LES PHASES QUI SUIT SON INTERVENTION

ANALYSE PRELIMINAIRE		EVALUATION DU RISQUE ATEX		MESURES COMPLEMENTAIRES DE PREVENTION ET DE PROTECTION						
		Fréquence d'apparition du risque	Gravité du risque							
Unité de travail <i>Installation et nature du combustible</i>	- Équipements - Phases de travail - Phases de procédés - Activités - Dysfonction	Zonage initial	Identification des	Mesures de prévention	Zonage à risque	Exigences	Suivi (décisions, suite à donner...)	Date de	Améliorations attendues, commentaires	Validation

❖ 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 $< 25\% \times L_{II}$ 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 (matériaux antistatique)





Exemple d'analyse des risques

Données de base

Unité de climatisation avec le fluide frigorigène HFC -32 (R32)	
Nature du fluide	Fluide frigorigène HFC -32
Classe sécurité	A2L
Groupe DESP	1
Limite inférieure d'inflammabilité (kg/m ³)	0.307 (13.3%)
Limite pratique (kg/m ³)	0.061
Température d'inflammation (°C)	648
Catégorie d'accès	b
Emplacement du système frigorifique	Classe II (le groupe dans un local technique ou à l'extérieur)
Classification du système	Détente directe
Application	Confort



Phase de vie	Sous phase de vie (cf note 2)	Phénomène Dangereux	Situation dangereuse	Cause provoquant l'apparition de la situation dangereuse	Cause provoquant le passage de la situation dangereuse au risque	Classe de l'emplacement de la machine (de I à IV)	Risque	Mesures diminuant la probabilité d'apparition du risque (
Fonctionnement	Utilisation du système	Fluide frigorigène A2L	Fuite importante de fluide A2L	*Dégradation d'un Joint *Rupture d'une Tuyauterie * Ouverture d'une soupape non raccordée	Présence d'une source d'inflammation dans l'air atteignant La LII	Classe II	Inflammation	* Vérification du fonctionnement de la ventilation pour les conditions normales * Vérification du bon fonctionnement de la détection de fluide et de la ventilation d'urgence
Visite de Maintenance (réparation fuite)	Brasure fuite R32 dans une gaine non ventilée)	Fluide frigorigène A2L	Concentration de R32 trop importante	Gaine non ventilée	Pas de permis feu	Non pertinent	Incendie	* Ventilation de la colonne Rappel de l'importance de la sécurité par l'Employeur * Port d'EPI * Présence d'extincteur
Maintenance (remplacement Compresseur)	Brasure compresseur		combinaison du fluide avec l'huile lors du brasage	Brasure dans un espace restreint	Anoxie en présence de flamme ou incendie		Anoxie en présence de flamme ou incendie	Pas tirage au vide lors de l'opération pour éviter le contact de la flamme et du R32



Procédures d'intervention appliquées aux fluides frigorigènes inflammables

Lors des interventions de maintenance sur un système frigorifique, 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.

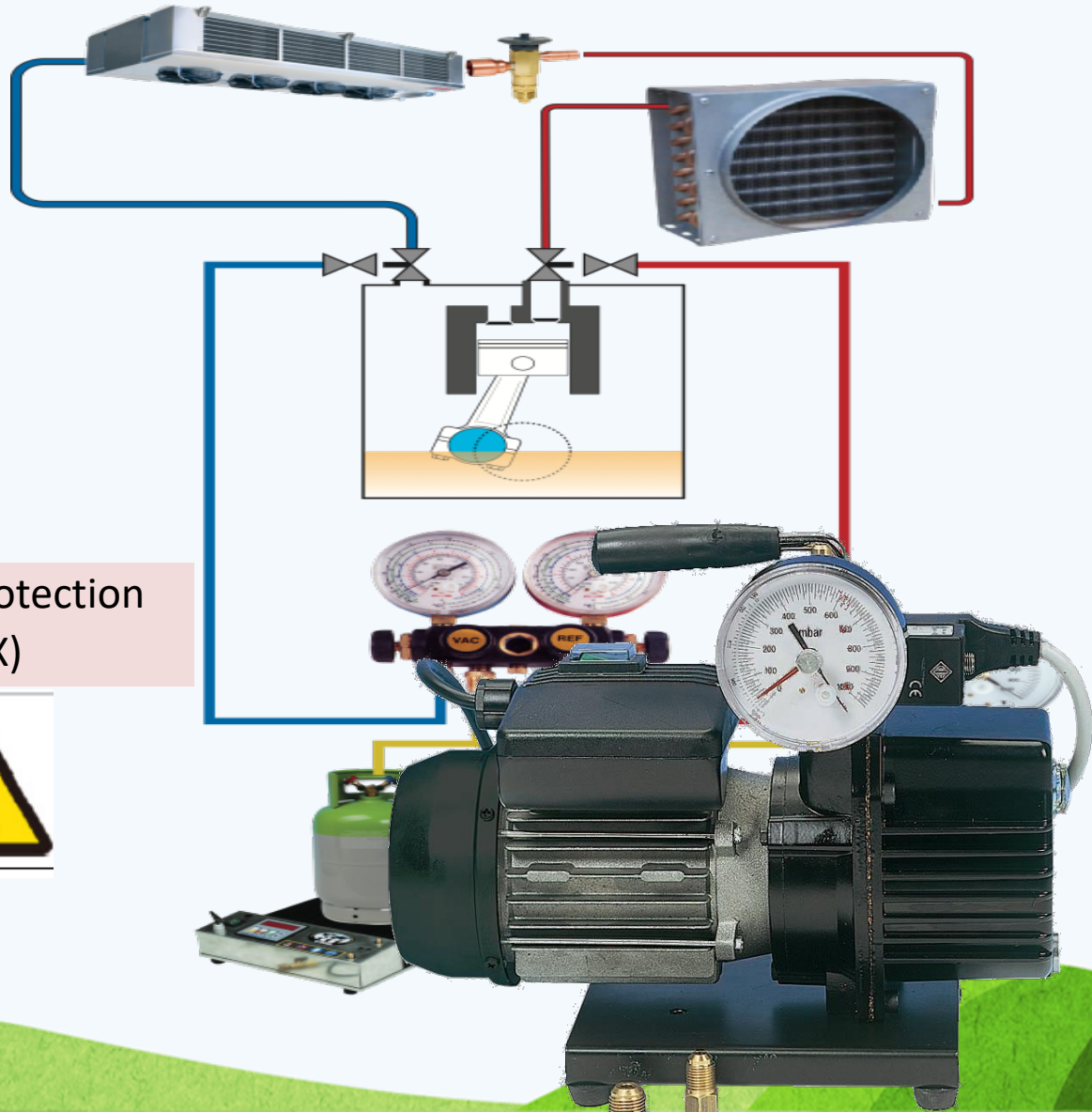
Outillages et précautions de manipulation avant intervention

En raison de l'inflammabilité du fluides frigorigènes, le matériel utilisé pour toute opération de manipulation du fluide dans un circuit frigorifique doit être du **matériel spécifique approuvé**

« ATEX »



- Pompe à vide spécifique avec protection sur toute la partie électrique (ATEX)





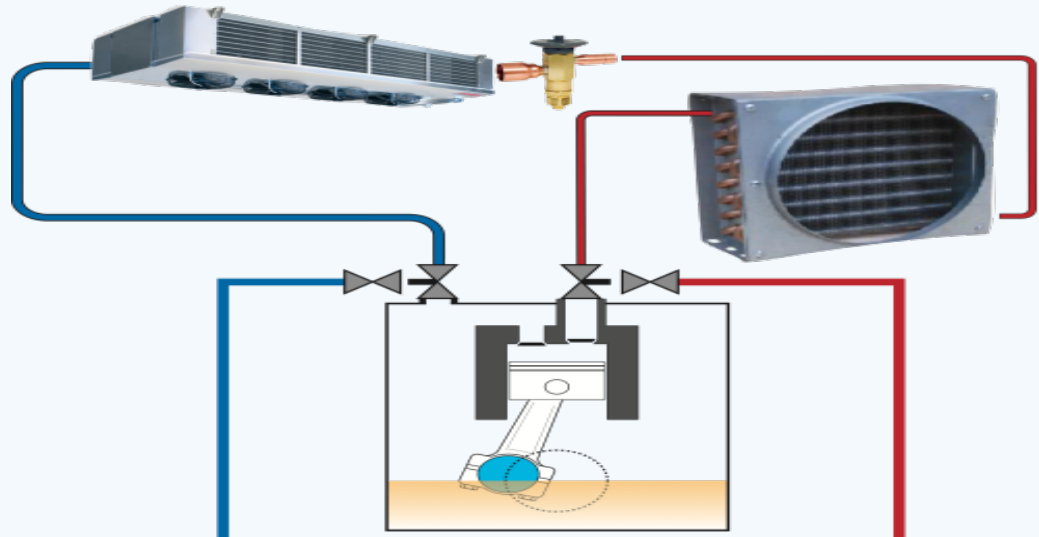
Outillages et précautions de manipulation avant intervention

En raison de l'inflammabilité du fluides frigorigènes, le matériel utilisé pour toute opération de manipulation du fluide dans un circuit frigorifique doit être du **matériel spécifique approuvé**

« ATEX »



- Station de récupération spécifique aux fluides frigorigènes inflammables





Outillages et précautions de manipulation avant intervention

En raison de l'inflammabilité du fluides frigorigènes, le matériel utilisé pour toute opération de manipulation du fluide dans un circuit frigorifique doit être du **matériel spécifique approuvé**

« ATEX »



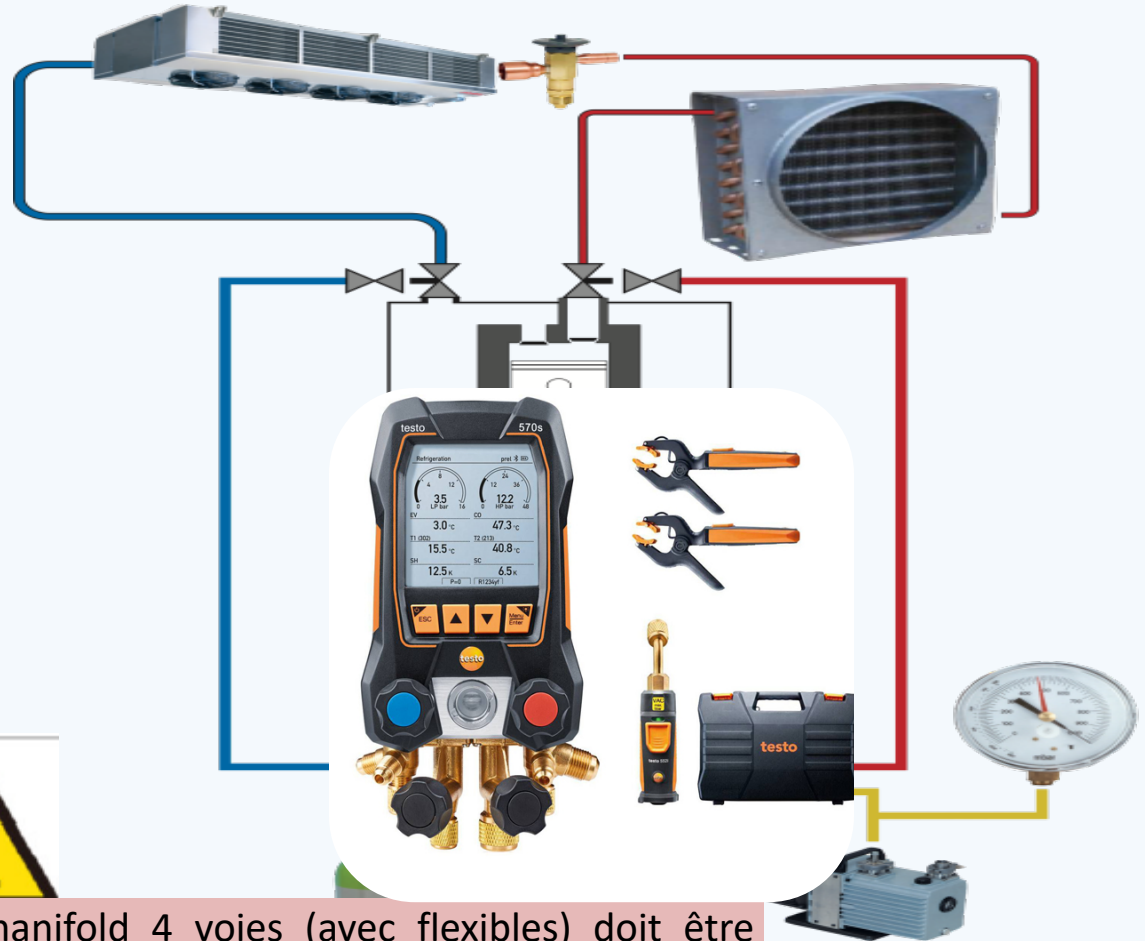
- Bouteille de récupération spécifique pour les fluides frigorigènes inflammables



Outillages et précautions de manipulation avant intervention

En raison de l'inflammabilité du fluides frigorigènes, le matériel utilisé pour toute opération de manipulation du fluide dans un circuit frigorifique doit être du **matériel spécifique approuvé**

« ATEX »



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

Outillages et précautions de manipulation avant intervention

En raison de l'inflammabilité du fluides frigorigènes, le matériel utilisé pour toute opération de manipulation du fluide dans un circuit frigorifique doit être du **matériel spécifique approuvé**

« ATEX »



- Détecteur de fuite adapté aux fluides frigorigènes inflammables en termes de sensibilité.



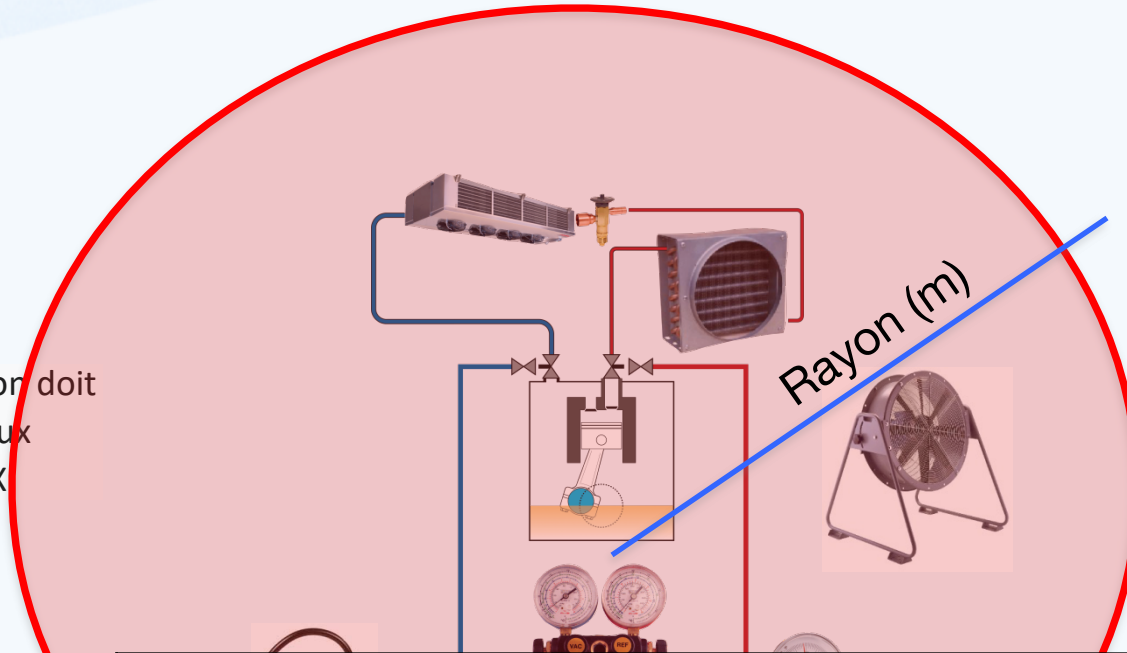
Procédures d'intervention appliquées aux fluides frigorigènes inflammables



- 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



système de ventilation doit être conforme aux exigences ATEX



Rayon en m			
Diamètre intérieur D de la tuyauterie faisant circuler la phase liquide (mm)	Installations extérieures avec fluides A2 ou A3	Installations intérieures avec fluides A2L ou A2	Installations intérieures avec fluides A3
$D \leq 10$	2	1	2
$10 < D \leq 20$	4	2	4
$20 < D \leq 50$	10	4	10

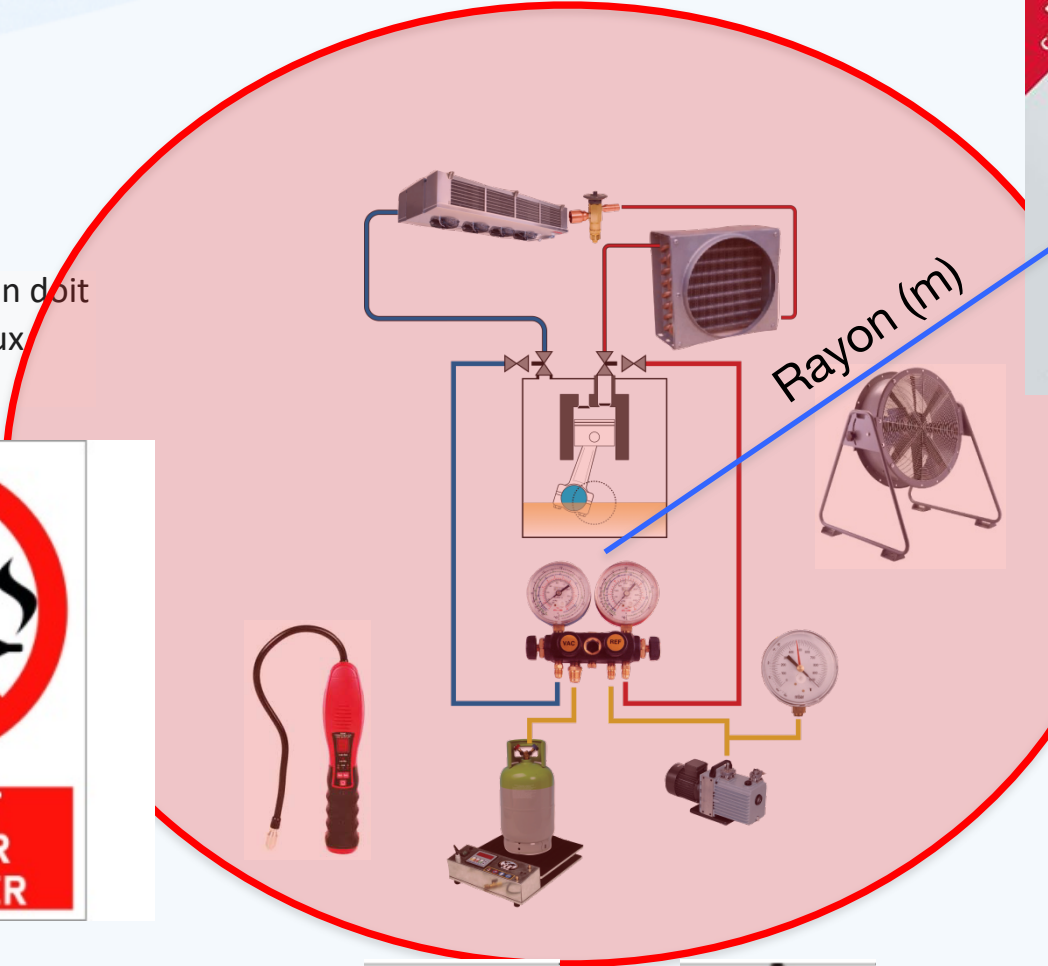


Procédures d'intervention appliquées aux fluides frigorigènes inflammables

- Signaler, délimiter la zone de travail pour alerter les personnes du danger (pas de cigarettes, pas de flammes nues...)



système de ventilation doit être conforme aux exigences ATEX



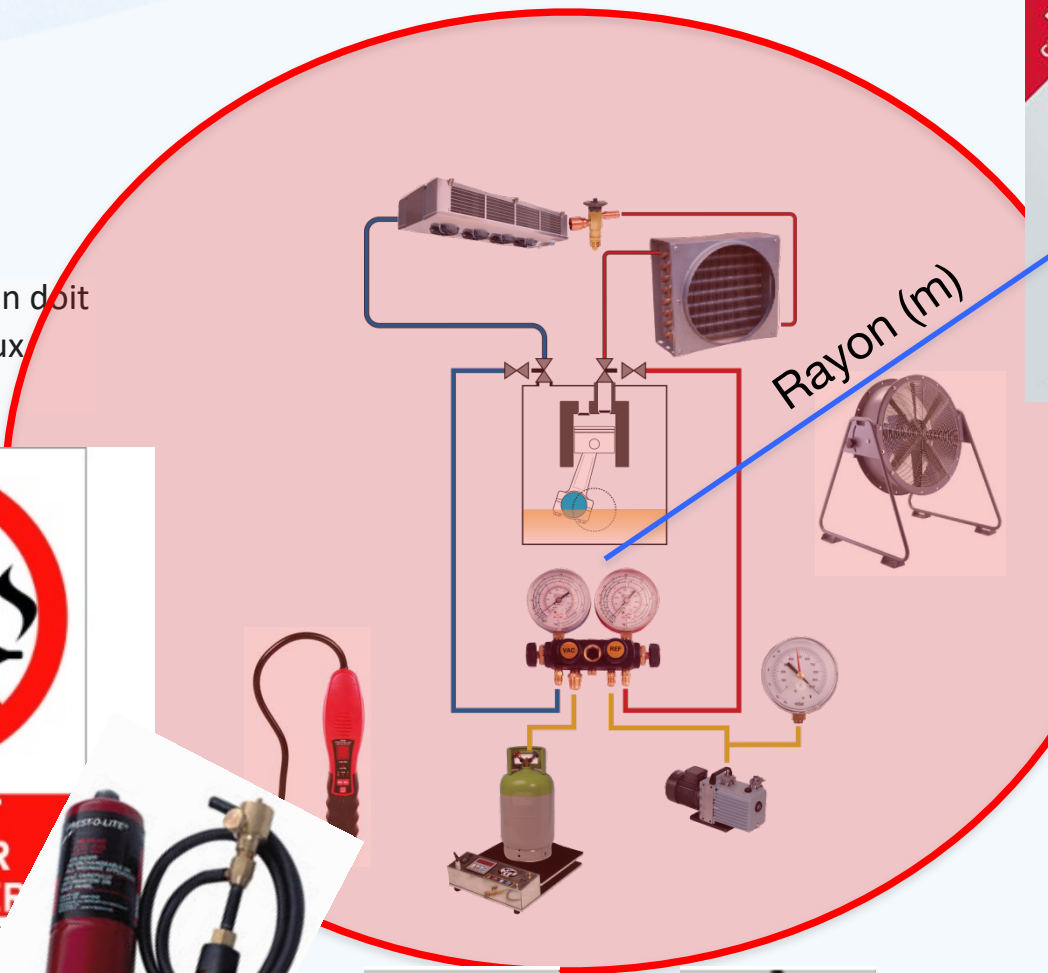


Procédures d'intervention appliquées aux fluides frigorigènes inflammables

- S'assurer de la présence d'extincteur d'incendie adapté à proximité



système de ventilation doit être conforme aux exigences ATEX



inrs Institut national de recherche et de sécurité • www.inrs.fr
© INRS 2020 - AK 854



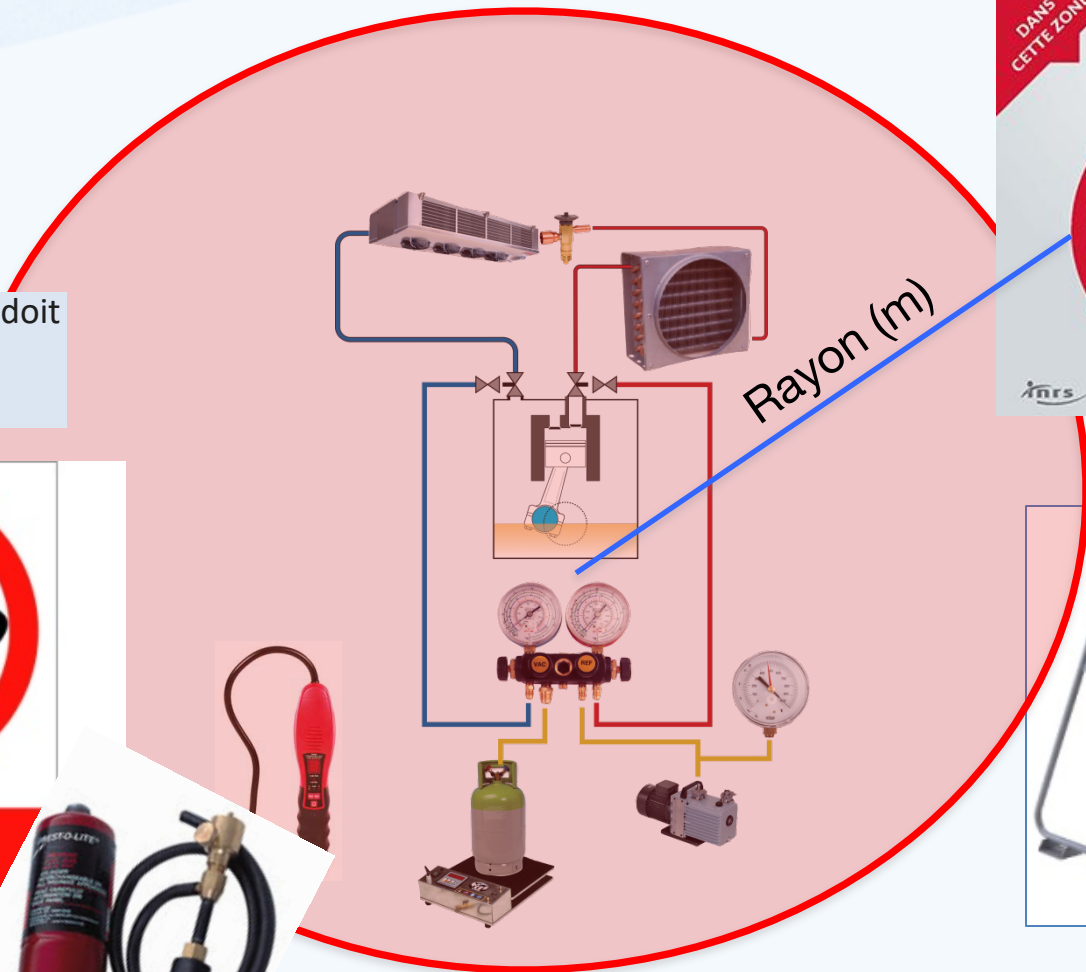
inrs Institut national de recherche et de sécurité • www.inrs.fr
© INRS 2020 - AK 855

Procédures d'intervention appliquées aux fluides frigorigènes inflammables

Être dans une zone ventilée



système de ventilation doit être conforme aux exigences ATEX





Procédures d'intervention appliquées aux fluides frigorigènes inflammables

Avoir des vêtements de travail adapté.

Appareil ATEX

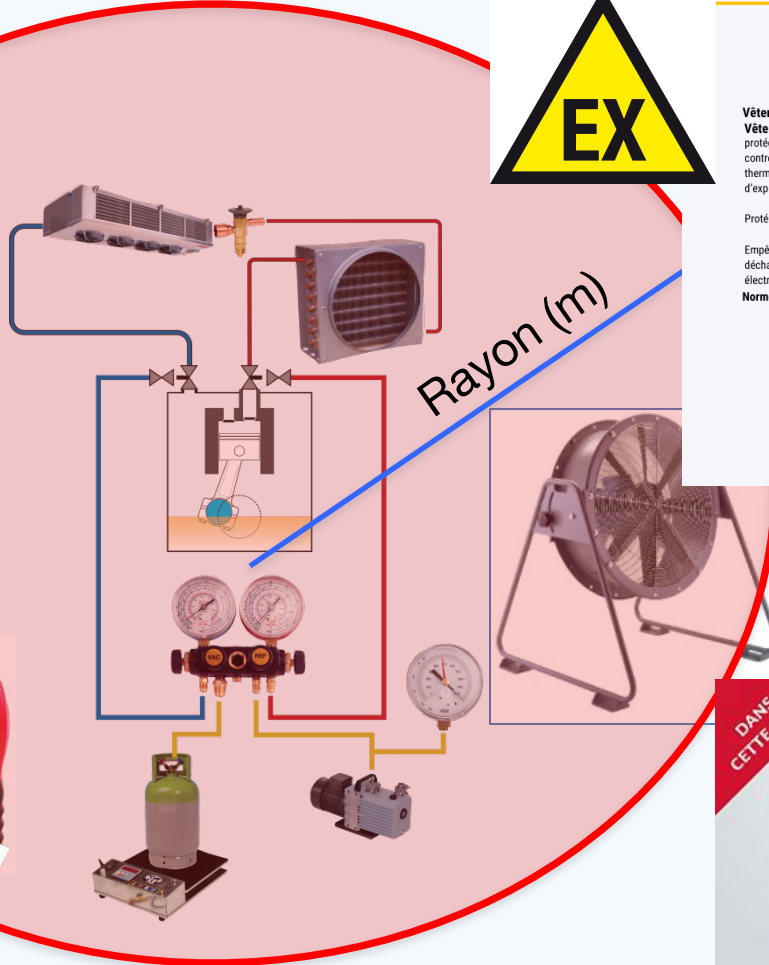
Ne pas intervenir sans formation

INRS Institut national de recherche et de sécurité - www.inrs.fr © INRS 2020 - AX 854

système de ventilation doit être conforme aux exigences ATEX



INTERDIT DE FUMER ET VAPOTER



Fiche EPI : ATEX

Vêtements de travail
Vêtements haute visibilité
 protéger le porteur contre les risques thermiques en cas d'explosion.

Protéger du froid.

Empêcher les décharges électrostatiques

Normes : EN 1149
 EN ISO 14116
 EN ISO 11612



Protection de la tête
 Protéger des chutes d'objets et des chocs - casque/casque avec visière

Norme : EN 397/A1
 EN 166



Protection des mains
 Protéger des charges électrostatiques

Normes : EN 1149
 EN 60903



Protection des pieds
 assurer la protection antistatique pour empêcher les départs d'explosion

Norme : EN ISO 20345



DANS CETTE ZONE

PAS D'ÉTINCELLE OU DE FLAMME !

INRS Institut national de recherche et de sécurité • www.inrs.fr © INRS 2020 • AX 854





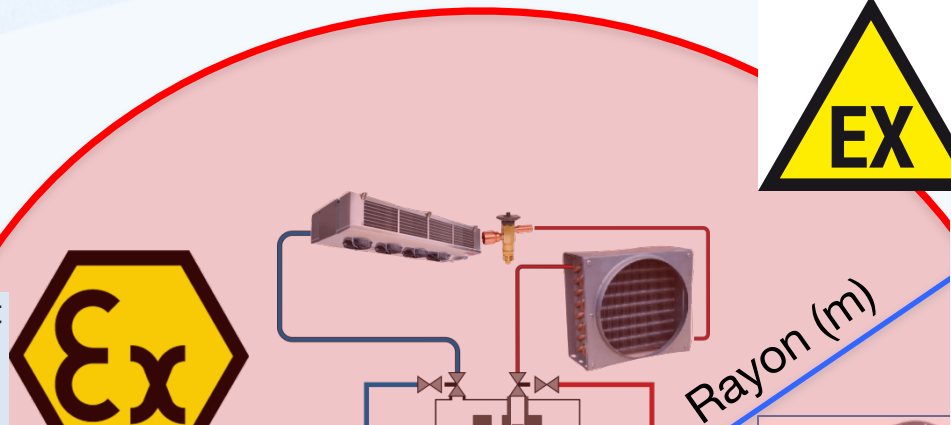
Procédures d'intervention appliquées aux fluides frigorigènes inflammables

Appareil ATEX

Ne pas intervenir sans formation

INRS Institut national de recherche et de sécurité • www.inrs.fr • © INRS 2020 • AX 853

système de ventilation doit être conforme aux exigences ATEX



Fiche EPI : ATEX

Vêtements de travail
Vêtements haute visibilité
 protéger le porteur contre les risques thermiques en cas d'explosion.

Protéger du froid.

Empêcher les décharges électrostatiques
Normes : EN 1149
 EN ISO 14116
 EN ISO 11612



- Protection de la tête**
 Protéger des chutes d'objets et des chocs - casque/casque avec visière
Norme : EN 397/A1
 EN 166
- Protection des mains**
 Protéger des charges électrostatiques
Normes : EN 1149
 EN 60903
- Protection des pieds**
 assurer la protection antistatique pour

- Vérifier la présence et le fonctionnement des dispositifs éventuels de sécurité dans la zone de travail : capteurs et système de détection, alarme, ventilation
- 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



INRS Institut national de recherche et de sécurité • www.inrs.fr
 © INRS 2020 • AX 854



Attention

la moindre imprudence peut nous
couter la vie,
et pire encore: la liberté

Jacques Mesrine





MERCI POUR VOTRE ATTENTION