



**U-3ARC
TRAINING WEBINAR
N°31**

**FLAMMABLE REFRIGERANTS
Part 2**

Raoudha MASSAOUDI

MARCH 30, 2024



Summary

1/ Objectives

2/ Security classification

3/ Physical characteristics of alternative flammable refrigerants

4/ Applications of alternative refrigerants

5/ Flammability properties of refrigerants

6/ Use restrictions - maximum load size


7/ Determination of the limit loads of flammable refrigerants


8/ Risk analysis

9/ Intervention procedures for flammable refrigerants



Security classification

	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
	NO FLAME PROPAGATION	A2L HFO-1234yf, HFO-1234ze	
		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



Determination of limit loads for flammable refrigerants

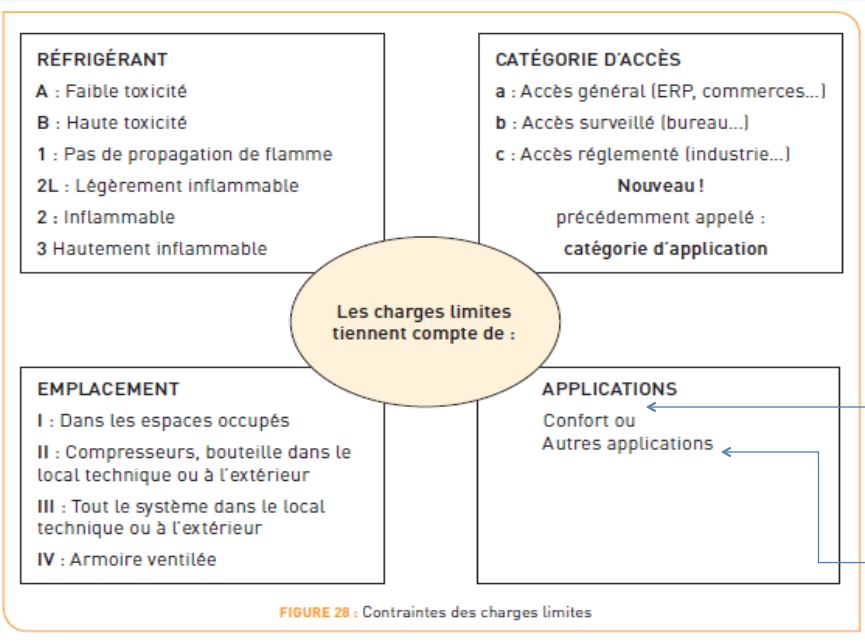


FIGURE 28 : Contraintes des charges limites

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

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



Generality

The company must:

- Determine the tools needed for installation.
- Protect the installation site and teams:
 - Collective protection: inform the client before intervention in addition to the prevention plan.
 - Individual protection: equip your staff with the necessary PPE (Personal Protective Equipment) according to regulations (goggles, anti-projection mask, protective gloves, safety shoes, work clothing, etc.)
- Install equipment with qualified teams (brazing, fluid handling, etc.).

➤ **Be careful to use the right tools and equipment corresponding to the constraints of each fluid.**

Generality



More specifically for A3, A2 and A2L fluids, the company must:

- Check for ignition sources and ignition points (flames, sparks, etc.) electrical and/or electronic appliances);
- Work in a well-ventilated area;
- Avoid the build-up of electrostatic charge.
- Use tools that correspond to the "ATEX" (ATmosphere EXplosive), non-sparking or explosion-proof standard for the following equipment:
 - the vacuum pump with non-sparking electrical components;
 - the charging station with non-sparking electrical components;
 - the recovery station, non-sparking electrical components;
 - the appropriate leak detector;
- Provide a suitable fire extinguisher nearby (ABC Powder)
- Use hoses to evacuate the gas outside the perimeter of intervention;
- Use an explosive meter to check for flammable fluids before responding.



Please note: Technician training in "Handling R290 and R600A Fluids – Propane and Isobutane" is mandatory. (Labour Code).

Risk analysis



Risk analysis is **an important preliminary action** that must be carried out by **each of the actors in the life** cycle of refrigeration systems (from the one who designs the system to the one who is in charge of the disposal of the system and the one who carries out the maintenance).

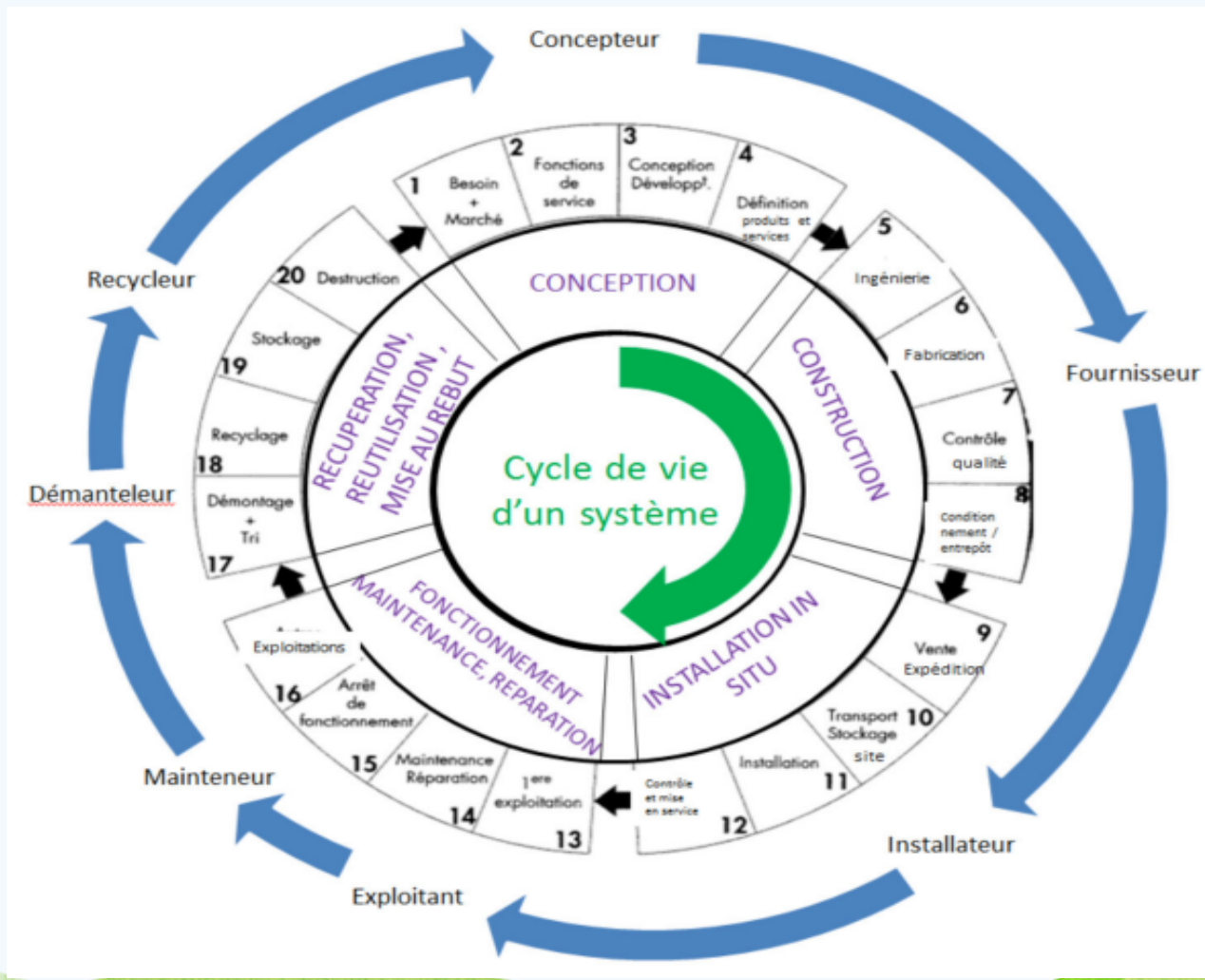
The NF EN 378:2017 standard does not explicitly mention the term risk analysis. On the other hand, it states that « **the objective is to reduce the possible dangers of refrigeration systems and refrigerants for people, property and the** » environment.

The NF EN 378:2017 standard does not specify the analysis format that must be used: it is up to the company to decide.



The life cycle of a refrigeration installation

The figure above shows the different stakeholders during the life cycle of refrigeration equipment.



The different stages of risk analysis



The description of the steps below is largely based on the NF EN ISO 12100 standard, which is referenced by the NF EN 378:2017 standard

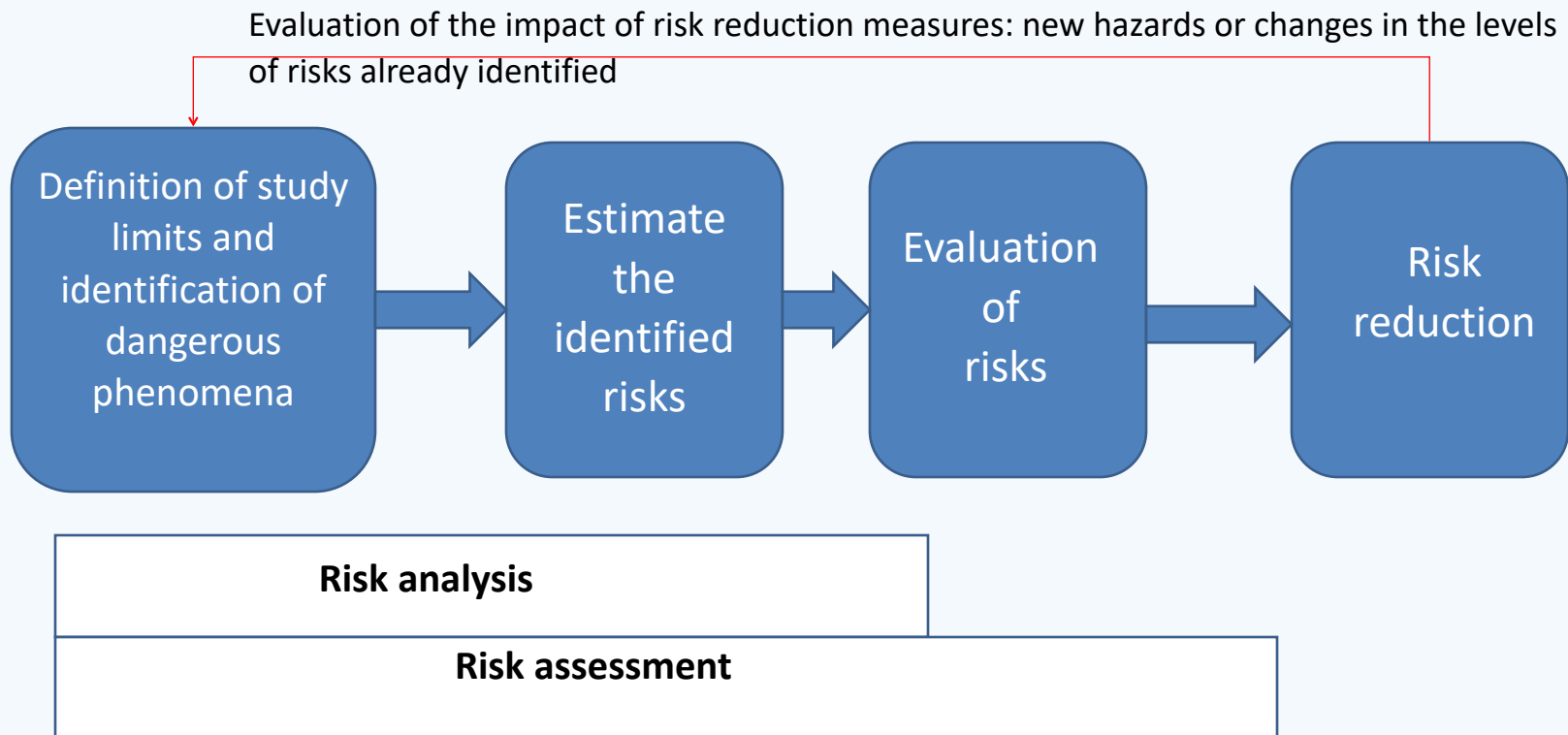


Figure: Simplified diagram of the risk management process according to the NF EN ISO 12100 standard

The different stages of risk analysis



Definition of study limits and identification of dangerous phenomena

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.

Risk analysis

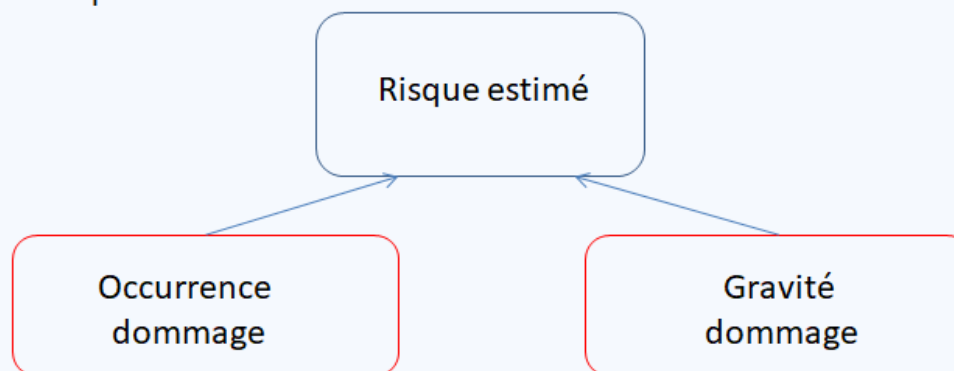
The different stages of risk analysis



Estimate
the
identified
risks

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.



Risk analysis

The different stages of risk analysis



Evaluation of risks

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.

Risk analysis

The different stages of risk analysis



Risk reduction

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.

Risk analysis

Risk analysis



EACH LIFE CYCLE STAKEHOLDER MUST PREPARE A RISK ANALYSIS FOR ITS PHASE AND FOR THE PHASES FOLLOWING ITS 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	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 œuvre	Suivi (décisions, suite à donner...)				
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 .

Risk analysis



EACH LIFE CYCLE STAKEHOLDER MUST PREPARE A RISK ANALYSIS FOR ITS PHASE AND FOR THE PHASES FOLLOWING ITS 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
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 détenteur)												
		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)												

dispositifs électriques provoquant des étincelles peuvent être les suivants:

interrupteurs marche/arrêt, par exemple sur les prises électriques,

relais à vide,

transformateurs de récupération

transformateurs

transformateurs d'éclairage

transformateurs standard

transformateurs compresseur standard et protecteurs de surcharge (klixon)

transformateurs standard (haute pression, basse pression, pression différentielle de l'huile)

transformateurs d'éclairage standard (ballasts)

transformateurs standard (par exemple pour le dégivrage) et régulateurs

transformateurs de fuites électroniques non adaptés

Risk analysis



EACH LIFE CYCLE STAKEHOLDER MUST PREPARE A RISK ANALYSIS FOR ITS PHASE AND FOR THE PHASES FOLLOWING ITS 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 - Dysfonction	Zonage initial	Identification des	Mesures de prévention	Zonage à risque	Exemples	Suivi (décisions, suite à donner...)	Date de réalisation	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)





Example of risk analysis

Basic data

Air conditioning unit with refrigerant HFC -32 (R32)	
Nature of the fluid	Refrigerant HFC -32
Safety class	A2L
DESP Group	1
Lower flammability limit (kg/m ³)	0.307 (13.3%)
Practical limit (kg/m ³)	0.061
Ignition temperature (°C)	648
Access category	b
Location of the refrigeration system	Class II (the group in a technical room or outside)
System classification	Direct relaxation
Application	Comfort



Life phase	Under phase of life (see note 2)	Phenomenon dangerous (see note 1)	Situation dangerous	Provoking cause the appearance of the situation dangereuse	Provoking cause the passage of the situation dangerous at risk	Class of the location of the machine (from I to IV)	Risk	Measures decreasing the probability of occurrence of risk
Functioning	Use of the system	Refrigerant A2L	Significant leak of A2L fluid	<ul style="list-style-type: none"> *Deterioration of a Joint *Rupture of a Piping * Opening of an unconnected valve 	Presence of a source of ignition in the air reaching The LII	<i>Class II</i>	Inflammation	<ul style="list-style-type: none"> * Verification of operation of the ventilation for normal conditions * Voucher verification operation of the detection of fluid and emergency ventilation
Maintenance Visit (leak repair)	Solder R32 leak in an unventilated duct)	Refrigerant A2L	Concentration of R32 too much important	Unventilated duct	No fire permit	No relevant	Fire	<ul style="list-style-type: none"> * Column ventilation Reminder of the importance of safety by the Employer * Wearing PPE * Presence of fire extinguisher
Maintenance (replacement Compressor)	Solder compressor		combination of fluid with oil during brazing	Soldering in a tight space	Anoxia in the presence of flame or fire		Anoxia in the presence of flame or fire	No vacuum draw during of the operation for avoid contact with the flame and R32



Intervention procedures applied to flammable refrigerants

During maintenance work on a refrigeration system, there is a risk of a flammable atmosphere. All operators must be informed of this risk and must be able to prepare their intervention and act in complete safety.

Intervention procedures applied to flammable refrigerants

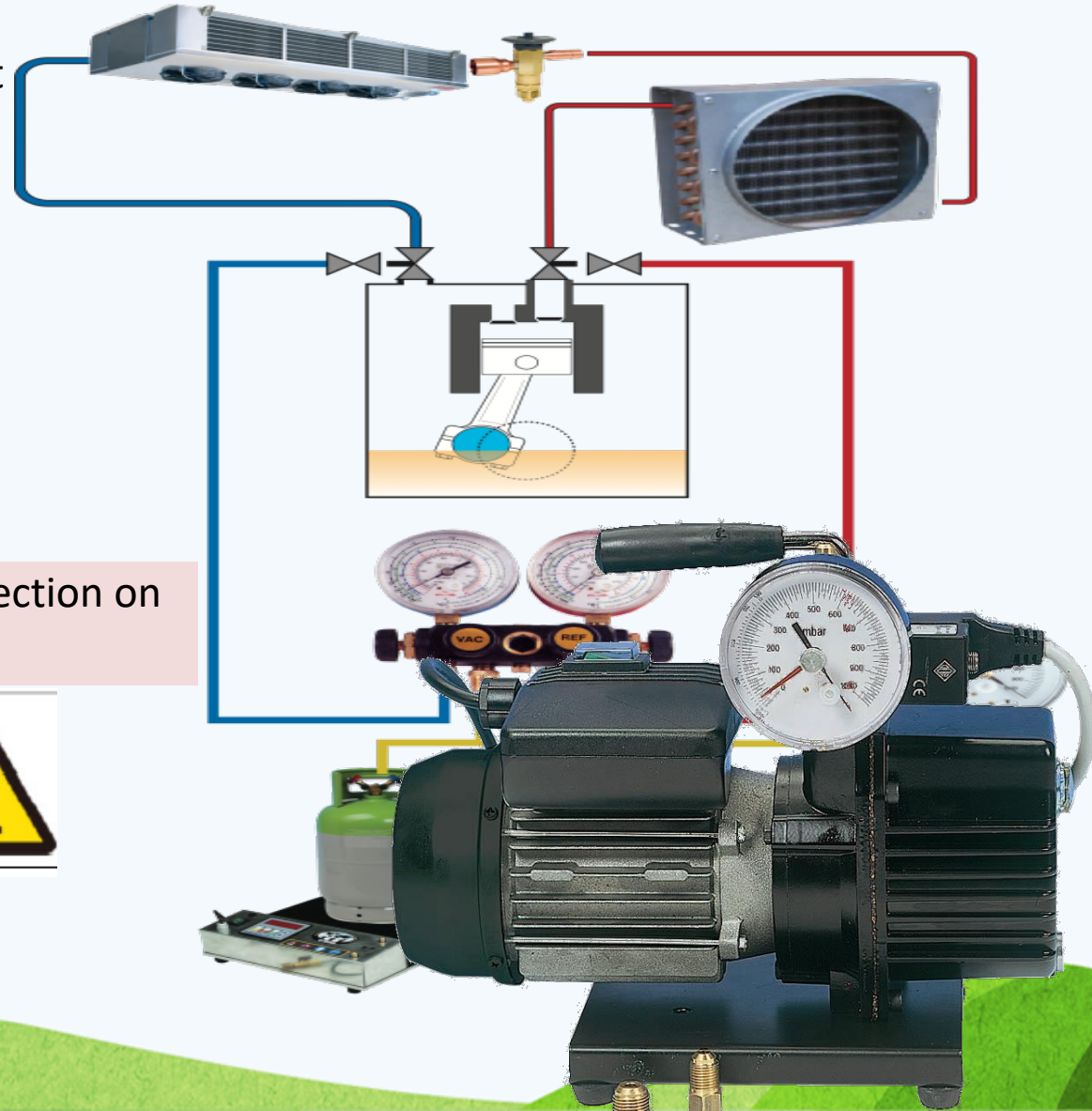


Tools and handling precautions before intervention

Due to the flammability of refrigerant fluids, the equipment used for any fluid handling operation in a refrigeration circuit must be of **specific approved material**



- Specific vacuum pump with protection on the entire electrical part (ATEX)



Intervention procedures applied to flammable refrigerants



Tools and handling precautions before intervention

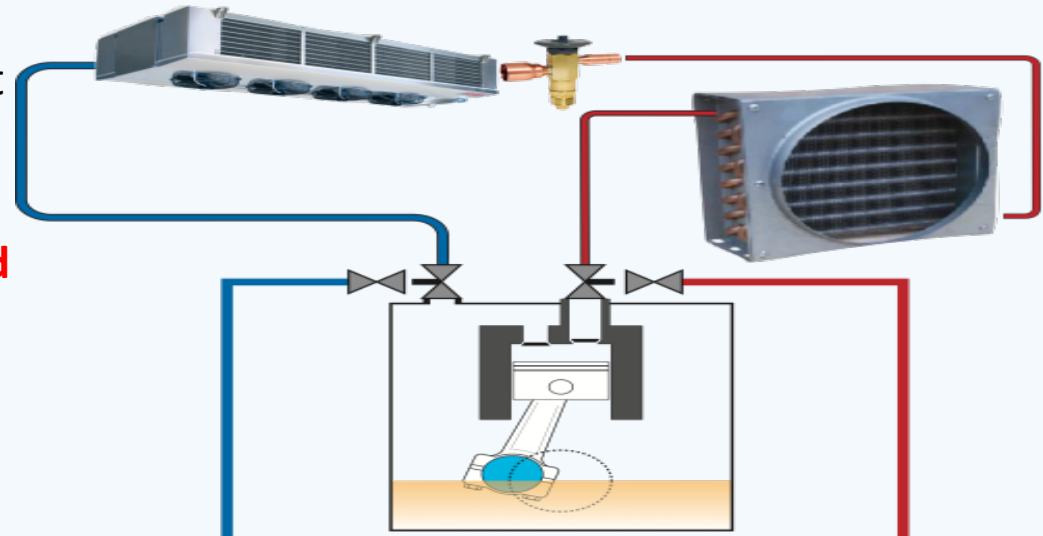
Due to the flammability of refrigerant fluids, the equipment used for any fluid handling operation in a refrigeration circuit must be **specific approved**

equipment

"ATEX"



- Recovery station specific to flammable refrigerants



Intervention procedures applied to flammable refrigerants



Tools and handling precautions before intervention

Due to the flammability of refrigerant fluids, the equipment used for any fluid handling operation in a refrigeration circuit must be of

specific approved material

"ATEX"



- Specific recovery bottle for flammable refrigerants



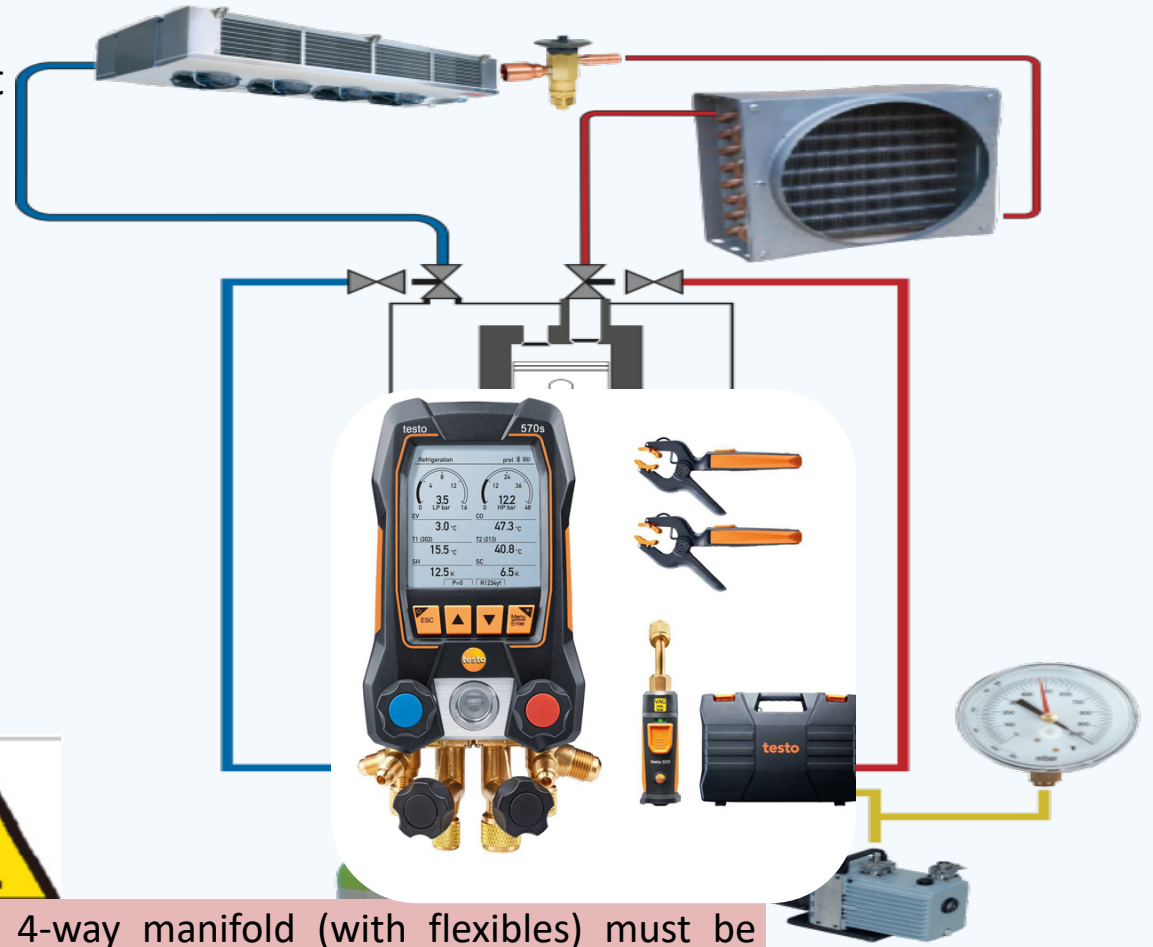
Intervention procedures applied to flammable refrigerants



Tools and handling precautions before intervention

Due to the flammability of refrigerant fluids, the equipment used for any fluid handling operation in a refrigeration circuit must be of **specific approved material**

"ATEX"



- The electronic pressure gauge or 4-way manifold (with flexibles) must be adapted to the refrigerants used (the thermodynamic characteristics of the hydrocarbons must be taken into account).

Intervention procedures applied to flammable refrigerants



Tools and handling precautions before intervention

Due to the flammability of refrigerant fluids, the equipment used for any fluid handling operation in a refrigeration circuit must be of **specific approved material**



- Leak detector suitable for flammable refrigerants in terms of sensitivity.



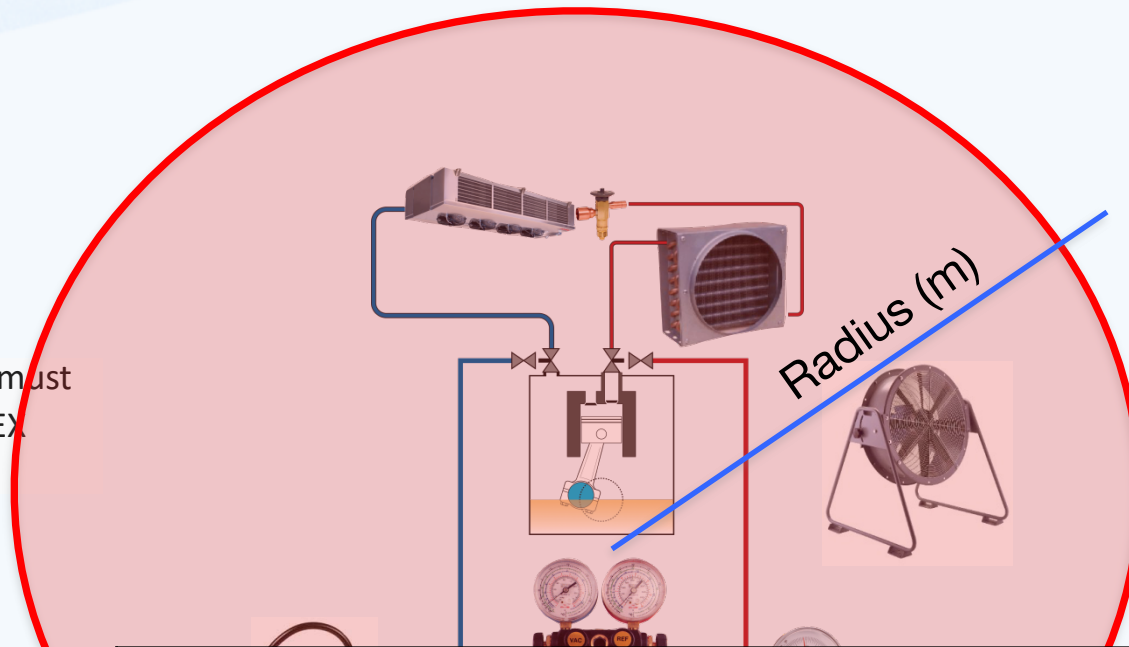
Intervention procedures applied to flammable refrigerants



- Define a safety perimeter of a few meters around the intervention zone and ensure the absence of flammable materials or ignition sources in this zone



ventilation system must comply with ATEX requirements



Radius in m			
Inner diameter D piping circulating the liquid phase (mm)	Outdoor facilities with A2 or A3 fluids	Facilities interior with A2L or A2 fluids	Facilities interior with A3 fluids
$D \leq 10$	2	1	2
$10 < D \leq 20$	4	2	4
$20 < D \leq 50$	10	4	10

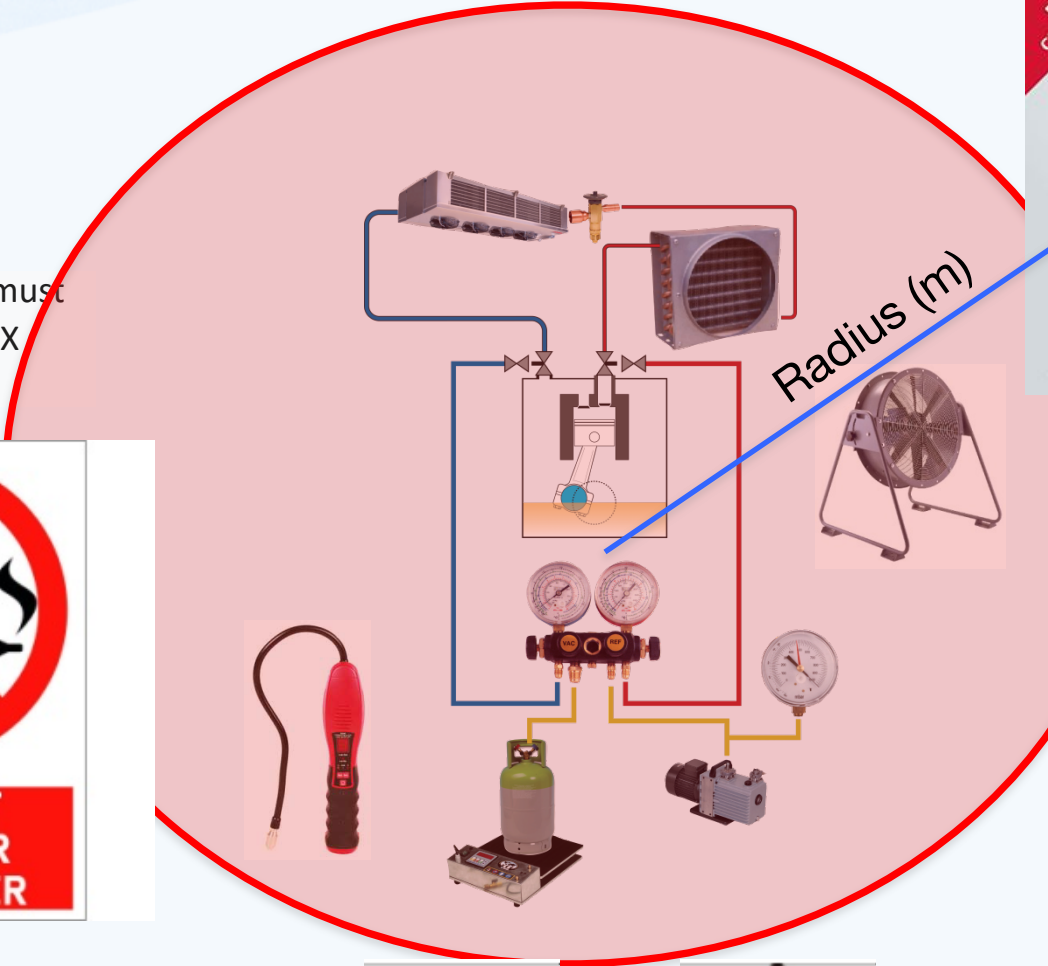
Intervention procedures applied to flammable refrigerants



- Signal, demarcate the work area to alert people of the danger (no cigarettes, no open flames, etc.)



ventilation system must comply with ATEX requirements

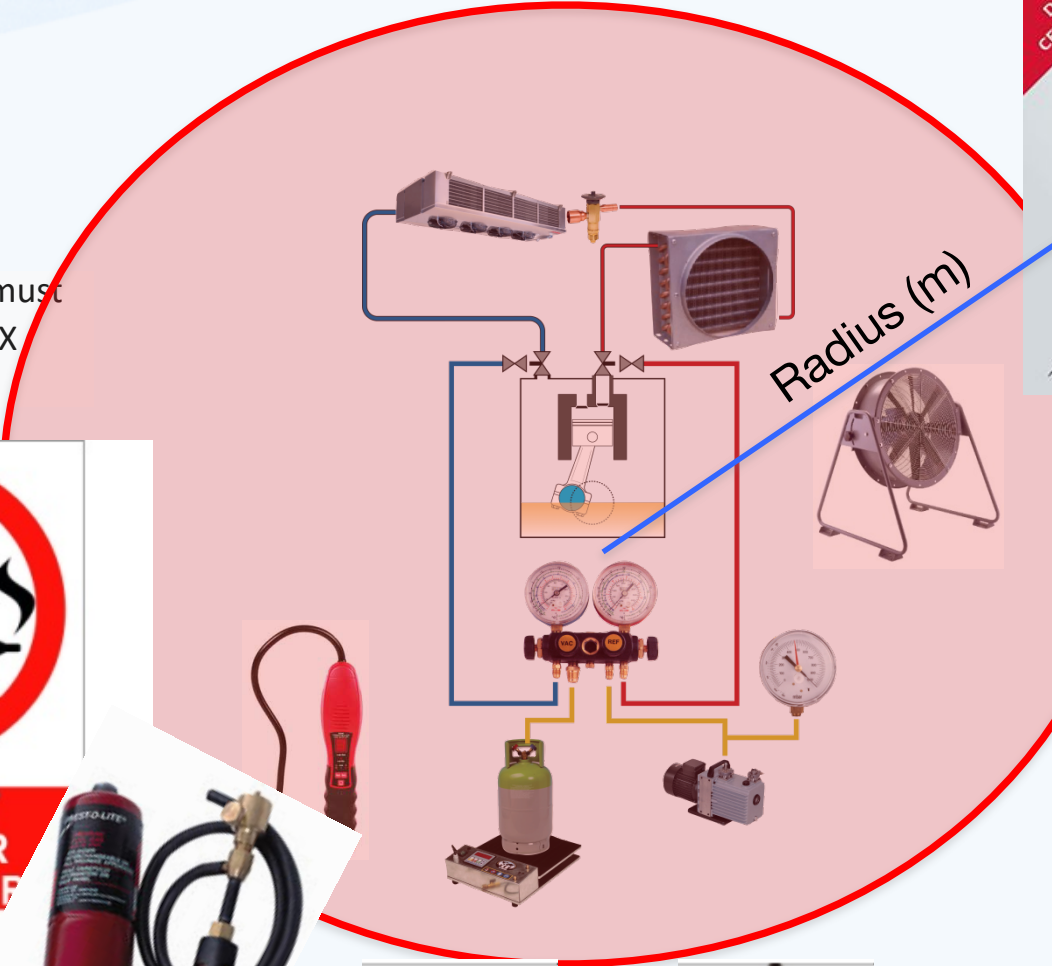


Intervention procedures applied to flammable refrigerants

- Ensure the presence of a suitable fire extinguisher nearby



ventilation system must comply with ATEX requirements



Intervention procedures applied to flammable refrigerants



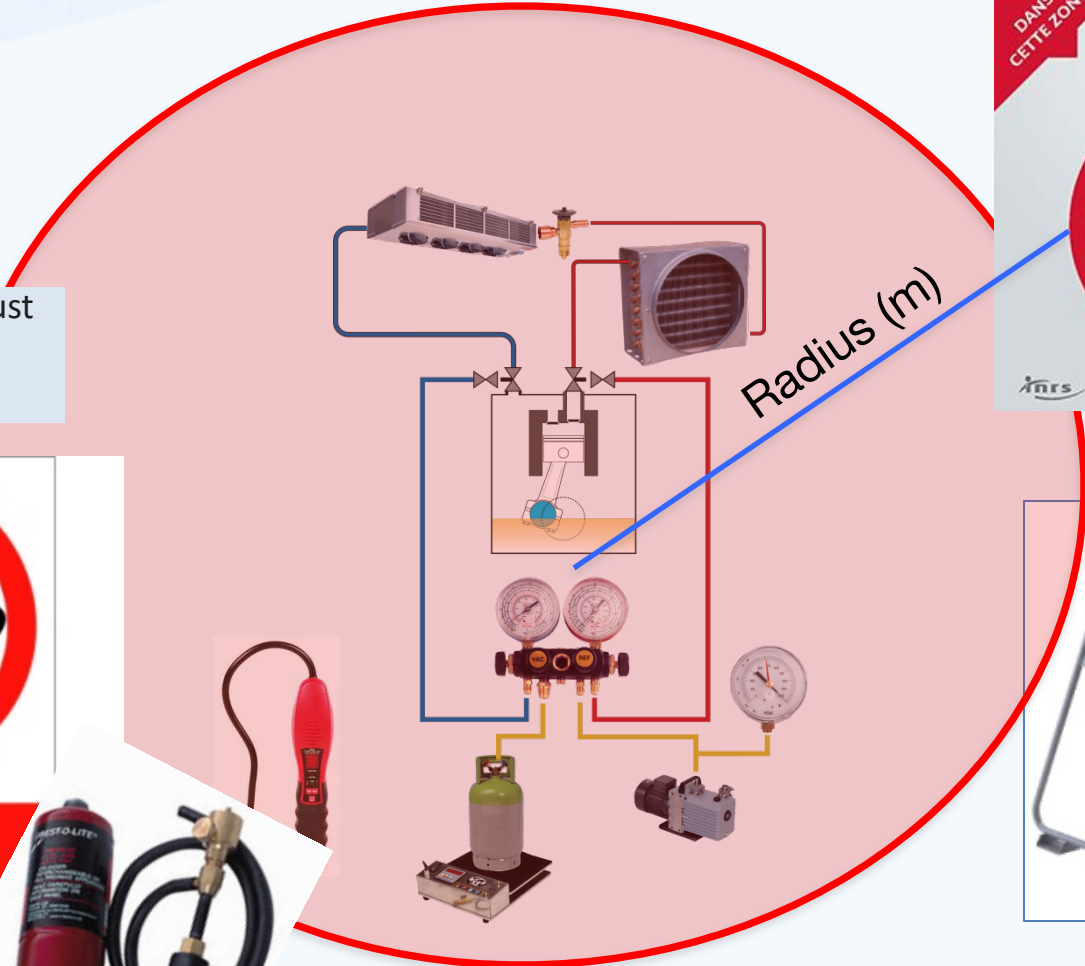
Be in a ventilated area



ventilation system must comply with ATEX requirements



INTERDIT DE FUMER ET VAPOTER



Intervention procedures applied to flammable refrigerants

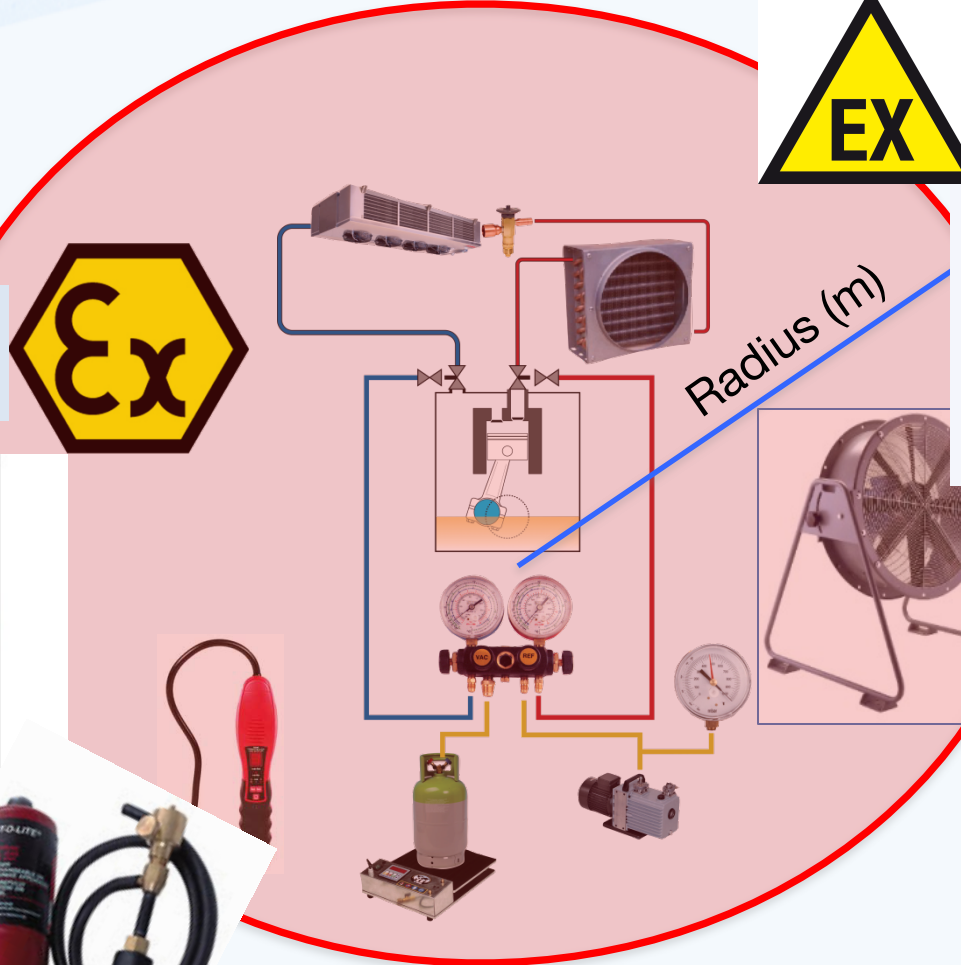


Have suitable work clothing.

Appareil ATEX

Ne pas intervenir sans formation

ventilation system must comply with ATEX requirements



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



INTERDIT DE FUMER ET VAPOTER



DANS CETTE ZONE

PAS D'ÉTINCELLE OU DE FLAMME !

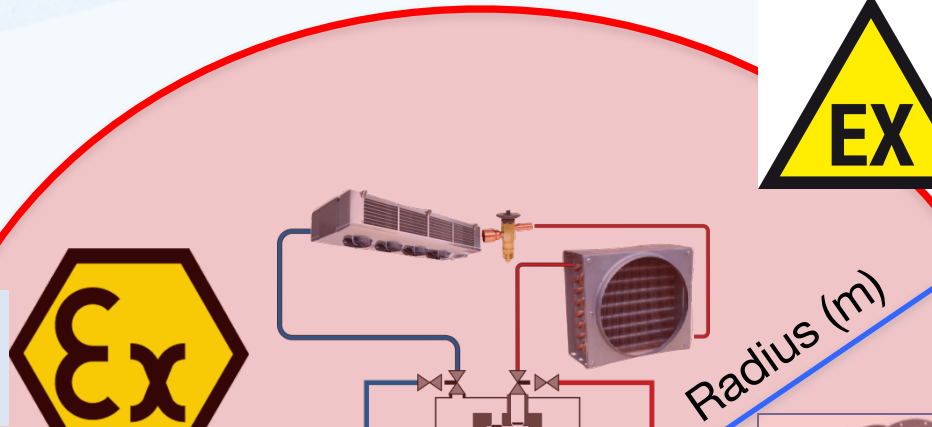
INRS Institut national de recherche et de sécurité • www.inrs.fr
 © INRS 2020 • AX 854



Intervention procedures applied to flammable refrigerants



ventilation system must comply with ATEX requirements



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 des pieds
assurer la protection antistatique pour

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

- Check the presence and operation of any safety devices in the work area: sensors and detection system, alarm, ventilation
- Switch off the installation before repair work
- Do not desolder or cut with a blowtorch any fluid piping and other elements of the refrigeration circuit before all the fluid has been eliminated and the circuit has been purged with dry nitrogen





Attention

the slightest carelessness can cost
us our lives,
and even worse: freedom

Jacques Mesrine





THANK YOU FOR YOUR ATTENTION