



Promouvoir
une attitude
responsable

RÉGLEMENTATION DES FLUIDES FRIGORIGÈNES

LES DEVOIRS DE L'OPÉRATEUR & DU DÉTENTEUR D'ÉQUIPEMENTS

04# DIOXYDE DE CARBONE, CO₂ ou R-744

afce.asso.fr

> | DESCRIPTIF DU R-744

Le CO₂ est un gaz incolore et inodore, plus lourd que l'air. Il est soluble dans l'eau et très stable. Il est présent naturellement dans l'air à raison de 0,03 à 0,06% , et non inflammable (A1).

Historique :

En 1850, un brevet Anglais évoque l'utilisation du CO₂ pour la production frigorifique. En 1860, construction du premier système utilisant du CO₂, et en 1867 dépôt d'un brevet pour une machine à produire de la glace hydrique par Löwe. Pic d'utilisation entre 1920 et 1930. Dernières installations en bateaux de pêche en 1960, où il était jugé moins dangereux que l'ammoniac. L'arrivée des CFC vers 1950 avec des pressions maximales de 10 bar (R-12) et des compresseurs semi hermétiques ou hermétiques a sonné le glas du CO₂. Renouveau à partir de 1995 en Scandinavie en frigoporteur, puis frigorigène cascade en basse température, puis en cycle transcritique vers 2005.

Applications usuelles :

Le CO₂ n'est pas un fluide de drop'in ou de rétrofit. On le trouve dans des installations de petites puissances (à partir de 2 kW frigorifiques), tant en positif qu'en négatif, en commerce de proximité. Il domine dans les installations neuves en GMS (*Grandes et Moyennes Surfaces*).

Il se développe en froid industriel en transcritique (< 1000 kW froid) et en subcritique (> 1000 kW froid – cascades NH₃/CO₂ ou HFC/CO₂ ou HFO/CO₂). Il est utilisé en PAC domestique et tertiaire pour eau chaude sanitaire, ou industrielle.

L'un des intérêts du CO₂ réside dans le potentiel très important de récupération de chaleur (*quantité et qualité*) notamment en production de chaleur avec un grand écart de température avec le fluide chauffé (*Eau Chaude Sanitaire*). En période chaude sous nos latitudes on peut maintenir le fonctionnement à l'aide d'une réjection de chaleur adiabatique.

Il est aujourd'hui possible d'utiliser des centrales transcritiques en climat chaud (*jusqu'à 48°C extérieur*) sans utilisation de systèmes adiabatiques, mais avec des précautions complémentaires.

Il existe des systèmes permettant d'optimiser les consommations électriques des systèmes CO₂ transcritiques plus ou moins complexes et éventuellement cumulables.



MISE EN ŒUVRE

La spécificité du CO₂ par rapport aux autres fluides frigorigènes est sa forte pression : cycle subcritique jusqu'à 52 bar eff. et cycle transcritique jusqu'à 130 bar eff. Ceci impacte le choix des composants de l'installation.

CONCEPTION

Il est important de faire appel à un installateur compétent et reconnu pour sa maîtrise des installations frigorifiques au CO₂.

L'usage du CO₂ présente plusieurs risques, qui, s'ils sont bien pris en compte par l'installateur, doivent être bien compris par l'exploitant. Ces risques sont multiples et chacun d'eux doit faire l'objet d'une analyse dès la phase de conception de l'installation. Ils sont bien identifiés dans la fiche toxicologique FT 238 de l'INRS.

ANALYSE DE RISQUE

RISQUE TOXIQUE (*anoxie*) :

- **Mise en place de détecteurs dans les locaux fermés**, fortement conseillée si la limite pratique (100 g/m³) peut être atteinte en cas de fuite.
- **Mise en place de mesures barrières successives permettant un confinement en cas de fuite dans des locaux fermés**. Ces mesures barrières sont activées par la détection de CO₂ ou/et par l'instrumentation (*pressostat et thermostat de sécurité*).
- Extraction d'urgence basse dans les locaux fermés et salles des machines.

RISQUE DE PRESSION & TEMPÉRATURE :

- **S'assurer de ne pas avoir d'enfermement de liquide entre 2 vannes**. Toujours prévoir des vannes de décharge, ou plombées en position ouverte.
- **Ne pas purger à l'atmosphère une installation contenant des phases liquide, liquide/vapeur, vapeurs saturées** sous peine de créer un bouchon de neige carbonique.
- **Ecrire une procédure de charge spécifique en gaz puis en liquide**.
- **En cas d'arrêt, prévoir un dispositif de maintien de pression autonome ou un réservoir de stockage à haute pression (80 bar eff.)**.
- Créer une barrière physique autour des parties à haute température (*jusqu'à 150°C*)

AUTRES RISQUES :

- **Utiliser exclusivement du CO₂ "frigorigène" pur nommé R-744 à 99,995% et avec une teneur en eau ≤ 5 ppm.**
- **Les conséquences d'une fuite interne vers d'autres circuits (eau, eau glycolée, particulièrement le NH₃, etc.) doivent être étudiées dès la conception de l'installation.**

INSTALLATION

LES BONNES PRATIQUES "GAGE DE VOTRE SÉCURITÉ"

Pour la mise en route, il est nécessaire d'avoir été formé spécifiquement à la manipulation et l'utilisation du CO₂.

PROCÉDURES ÉCRITES ET OUTILLAGES NÉCESSAIRES À LA MANIPULATION

Faire un test d'étanchéité en pressurant les circuits à 1 fois la pression maximale admissible (PS), individuellement les différentes parties de l'installation. Attention PS BP et PS HP différentes.



PROCÉDURES DE CHARGE, DE RISQUE PRESSION ET TEMPÉRATURE, ANOXIE ...

DÉGIVRAGE

Prévoir une procédure spécifique de dégivrage des évaporateurs (*pression limite*).

EQUIPEMENTS SPÉCIFIQUES

Gants, lunettes, flexibles de charge anti fouet, détecteur portatif de concentration de CO₂.

ETIQUETAGE

Pictogrammes sur les portes des salles des machines et les composants.

EXPLOITATION & MAINTENANCE

La mise en service et l'exploitation des équipements à pression sont réglementées par l'arrêté ministériel du 20 nov. 2017 et le CTP "Système frigorifique" en vigueur. **L'exploitant ou propriétaire d'un système frigorifique doit satisfaire aux exigences réglementaires qui lui incombent. Il doit s'assurer :**

1 - QU'IL POSSÈDE :

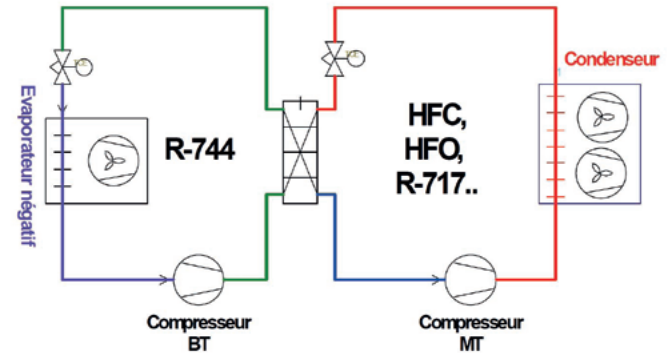
Le manuel d'instructions (NF EN 378-2) du système fournit par le fabricant/installateur intégrant à minima les éléments suivants :

- **Dossier de conformité** aux directives européennes applicables (*déclaration, marquage CE, ...*);
- **Notice d'instructions** (*en langue française*);
- **Schéma frigorifique** (P&ID);
- **PV de réception.**

2. QU'IL PROCÈDE :

- à la mise en place du **dossier d'exploitation** (*incluant la partie fabrication + exploitation*);
- aux **déclarations de mise en service** le cas échéant ;
- à la mise en place du **plan d'inspection** ;
- à la **vérifications initiale** ;
- aux **inspections et requalifications périodiques** ;
- aux **opérations d'entretien** prescrites par le fabricant/installateur ;
- à l'établissement du **plan de prévention HSE** pour toute intervention sur le système.

CYCLE SUBCRITIQUE (CASCADE)



RÉCUPÉRATION

Le CO₂ n'est pas récupéré. Attention aux projections d'huile mélangée au fluide lors du dégazage ! Prévoir une aspiration du produit lors de manipulations, une détection et une extraction (*ventilation*) forcée du local technique en partie basse ainsi qu'une détection en chambre froide, en zone de travail, de stockage, en fonction de l'étude de risque, des appareils respiratoires pour travaux en partie confinée (*cuve, réservoirs*), les EPI (*vêtement, gants et lunettes*), le contrôle en continu de la concentration.

DÉTECTION

La NF EN 378-3 S9.2 définit l'emplacement des détecteurs de CO₂. Le CO₂ étant plus lourd que l'air, les détecteurs seront installés à environ 50 cm au-dessus du sol.

Le détecteur doit être positionné en tenant compte des schémas locaux d'écoulement de l'air ainsi que de l'emplacement des sources de ventilation et des grilles d'aération. La possibilité de dommage mécanique ou de contamination doit être prise en compte.

Au moins un détecteur doit être installé dans chaque salle des machines ou espace occupé considéré et/ou dans la salle souterraine la plus basse.

Préconisations :

- > **1^{er} seuil de détection à la VME** (*soit 5 000 ppm ou 0,5 %*) : mise en service alarme + ventilation d'urgence.
- > **2^{ème} seuil de détection à maxi 50% ATEL/ODL** (*soit 20 000 ppm ou 2%*) : arrêt du système ou isolement des circuits fuyards par vannes d'arrêt automatiques.

> | DONNÉES PHYSIQUES & CHIMIQUES

VOIR FICHE TOXICOLOGIQUE INRS FT 238*

Propriétés physiques : 1,53 fois plus lourd que l'air, sa masse volumique est de 1,83 kg/m³ à la pression atmosphérique. Rappel : 1 ppm de CO₂ = 1,8 mg/m³

Pressions très élevées : 25,5 bar eff. à -10°C et 71 bar eff. à +30°C.

Le fonctionnement au dessus du point critique (+31°C) entraîne un cycle transcritique.

Sec, il n'attaque pas les métaux et alliages mais est corrosif en présence d'humidité même faible avec un risque de formation d'acide carbonique.

Chaleur de vaporisation élevée :

- > 258,6 kJ/kg à -10°C
- > 303,5 kJ/kg à -35°C

Volume massique des vapeurs

- très faible :** 0,014 m³/kg à -10°C,
- 0,032 m³/kg à -35°C

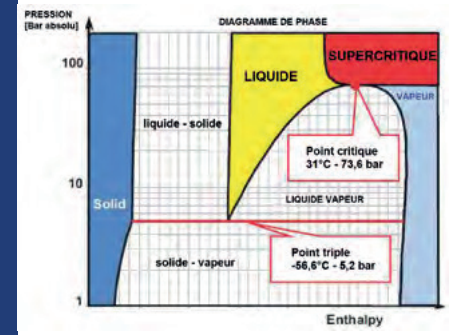
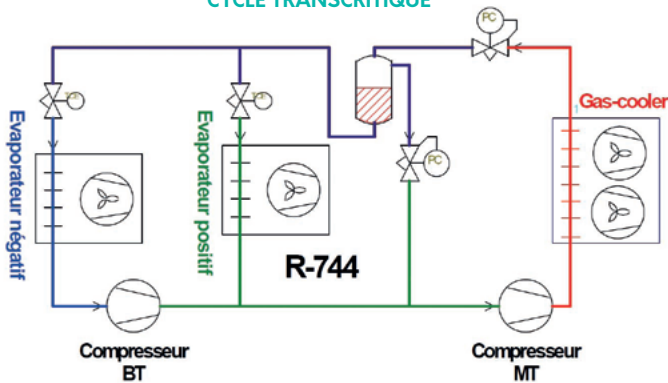
Volumes aspirés : très faibles donc compresseurs et tuyauteries d'aspiration entre 6 à 12 fois plus faibles que pour les HFC ou NH₃.

Stockage : en local frais et ventilé à temp. < +50°C. Il est stocké liquéfié sous sa propre pression de vapeur saturante dans des bouteilles de couleur grise. À -20°C sous 19 bar eff. et -40°C sous 9 bar eff.

Dangerosité (voir fiche de sécurité INRS FT 238) : gaz asphyxiant avec effets toxiques sur le pH sanguin, poumons, cœur et système nerveux qui commencent dès 2% (Vol/Vol). À 5% ébriété et céphalées, à 10% troubles visuels et tremblements, à 25% dépression respiratoire, convulsion et mort. La Valeur Limite d'Exposition est de 30 000ppm (54 g/m³). La Valeur Moyenne d'Exposition est de 5 000 ppm (9 g/m³).

Le contact à basse température provoque des brûlures de la peau.

CYCLE TRANSCRITIQUE



Comparatif des diamètres de tuyauterie

	R 134a	R 717	R 744
Ligne d'aspiration			
Ligne liquide			

FORMATION

Une formation permettant d'acquérir la maîtrise de la manipulation de ce fluide en toute sécurité est fortement conseillée. Cette formation doit permettre d'appréhender, entre autre, le fonctionnement d'un système CO₂ transcritique afin de comprendre les particularités de la régulation HP.

Certains organismes, au travers de leur système de qualification, imposent que le personnel technique ait suivi une formation à la manipulation du CO₂.

Le Code du travail (Art. L230-2, et L4161-1) impose à l'employeur de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs. Des actions de préventions des risques professionnels ainsi que des moyens adaptés doivent être mis en place en informant et formant les salariés exposés.

TRANSPORT

Désignation officielle : Gaz liquéfié

Nom d'expédition : Dioxyde de Carbone

N° ONU : 1013

Classe ADR : 2

Code de classification : 2A (gaz asphyxiant)

Protection personnelle : Assurer une ventilation appropriée.

Domaine d'inflammabilité : Ininflammable



RÉGLEMENTATIONS & NORMES

EN FRANCE

- R 231-54 à R 231-54-8 et R 232-5 à R 232-5-14 du Code du Travail
- Suivi des ESP (Art. du 20 nov. 2017 et CTP systèmes frigorifiques en vigueur)

EN EUROPE

- NF EN 378-1 à 4
- Directives Européennes
 - > Directive 2014/68/UE (Equipements sous pression)
 - > Directive 2006/42/CE (Machines)
 - > Directive 2006/95/CE (Basse tension)
 - > Directive 2004/108/CE (Compatibilité Electromagnétique)

GARE AUX SANCTIONS !

Sanction administrative en cas de non-respect du Code de l'Environnement :
Article L171-8 (extrait)

I. - Indépendamment des poursuites pénales qui peuvent être exercées, en cas d'inobservation des prescriptions applicables l'autorité administrative compétente met en demeure la personne à laquelle incombe l'obligation d'y satisfaire dans un délai qu'elle détermine.

Au-delà, elle peut arrêter les sanctions suivantes :

- Consignation des montants nécessaires aux travaux
- Réalisation des travaux par des tiers aux frais de la personne
- Suspension du fonctionnement de l'installation
- Amende jusqu'à 15 000 € et 1 500 € d'astreinte par jour

Retrouvez toute notre actualité sur
afce.asso.fr &   



Promouvoir
une attitude
responsable

LES INFORMATIONS TRANSMISES DANS CE DOCUMENT SONT DONNÉES À TITRE INDICATIF.
POUR PLUS DE DÉTAILS, SE REPORTER AUX RÉGLEMENTS EN VIGUEUR.