

Certificats d'économies d'énergie

Fiche explicative n°47

FICHE EXPLICATIVE Installation frigorifique utilisant du CO2 subcritique ou transcritique

Fiches d'opérations standardisées concernées :

BAT-EQ-117 : Installation frigorifique utilisant du CO2 subcritique ou transcritique

Ce document a pour objet de donner des informations générales sur le contenu de la fiche ci-dessus.

I. Généralités ^[1]

1) Le CO2 en plein développement

Depuis environ 10-15 ans il y a un intérêt croissant à diminuer la charge en TeqCO2 en fluide frigorigène des installations. En effet, jusqu'à récemment, deux installations au R404A, une pour le froid positif et une pour le froid négatif étaient communément installées. A partir de 2005, la réglementation F-gas a engagé un processus de restriction de l'utilisation des gaz aux PRG (potentiel de réchauffement global) élevés.

Le parc s'est donc vu contraint de changer d'orientations vers les systèmes frigorifiques en cascade* (nécessitant toujours un fluide primaire HFO ou HFC) en premier, réduisant la charge dans le magasin. Mais la réduction étant limitée au négatif, seules conviennent deux alternatives pour réduire la charge de HFC dans le magasin : soit utiliser l'eau glycolée pour la distribution sur le positif en aire de vente (avec une pénalisation énergétique de 15% environ), soit utiliser le CO2 frigoporteur*.

En France on n'a pratiquement pas développé les installations en CO2 frigoporteur en négatif en GMS, à cause des faibles puissances. On est passé directement au CO2 cascade pour quelques réalisations entre 2002 et 2008 puis un fort développement à partir de 2010.

A ce jour, le nombre d'installations utilisant le CO2 (toutes technologies confondues) est de 300 dont 80 installations utilisant le CO2 transcritique*. Le reste est réparti avec environ 10% pour le CO2 frigoporteur et 90% pour le CO2 en détente directe¹.

Par la suite, les compresseurs hautes pressions pour le CO2 transcritique ont vu le jour et deux systèmes transcritiques tout CO2 ont été installés en 2013.

Actuellement, le nombre des installations utilisant cette technologie CO2 frigoporteur est très faible par rapport au parc des hypermarchés. Ces technologies CO2 sont par ailleurs peu utilisées dans les supermarchés car elles nécessitent un investissement relativement important.

¹ Source Perifem et Paul Rivet.

*cf définitions en partie II

Le CO2 n'est à proprement parler pas un fluide de rétrofit puisque les évaporateurs et les circuits de distribution doivent être remplacés. Ce qui, avec la durée de vie des équipements d'hypermarchés, explique le peu d'installation en positifs.

Néanmoins l'utilisation de CO2 frigoporteur permet de réutiliser, éventuellement, une grande partie de la production avec HFC en salle des machines.

Le CO2 n'est à proprement parler pas un fluide de rétrofit puisque les évaporateurs et les circuits de distribution doivent être remplacés. Ce qui, avec la durée de vie des équipements d'hypermarchés, explique le peu d'installation en positif.

Néanmoins l'utilisation de CO2 frigoporteur permet de réutiliser une grande partie de la production avec HFC en salle des machines.

Descriptif de l'opération

L'opération consiste en la mise en place d'une installation frigorifique utilisant le CO2 (R744) comme fluide en cycle transcritique ou subcritique (cascade ou frigoporteur) vers les terminaux (meubles frigorifiques, évaporateurs chambres froides, ...) diffusant le froid pour une application positive, négative, ou les deux.

Dans cette installation, la condensation se produira soit :

- En fluide frigoporteur diphasique dont les vapeurs sont recondensées par un fluide primaire de « synthèse » ou de l'ammoniac NH3 (R717), diffusant le froid pour une application positive et pouvoir bénéficier des avantages thermodynamiques du CO2 en frigoporteur avec une meilleure capacité à véhiculer l'énergie que de l'eau glycolée.
- En cascade sur une centrale de production confinée en salle des machines utilisant un fluide de « synthèse » ou de l'ammoniac NH3 (R717) comme fluide primaire. L'objectif de cette exploitation en cascade est d'utiliser le CO2 dans un régime subcritique, compatible avec l'exploitation des composants usuellement employés pour ce type d'installation (aux alentours des 40 bars).
- En détente directe utilisant du CO2 transcritique.

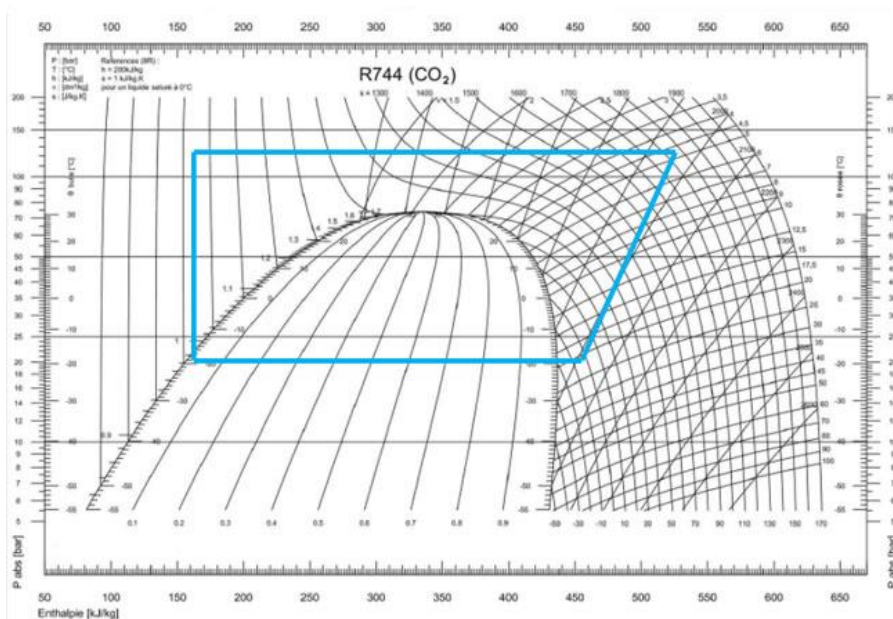
II. Précisions sur les termes employés dans les fiches pouvant porter à interprétation :

a. Transcritique

La particularité d'un cycle transcritique est de contourner le point critique du fluide frigorigène utilisé. Le couplage thermique avec la source froide est réalisé avec un évaporateur classique (changement de phase liquide/vapeur) mais, lors du rejet thermique dans la source chaude, le fluide frigorigène est à l'état supercritique. On ne parle plus de condenseur mais de « gaz cooler ». Le CO2 possède l'une des plus basses températures de point critique parmi les fluides frigorigènes. Mais un cycle au R410 avec une source chaude à 80°C serait également transcritique. Le cycle transcritique de base comprend un évaporateur, un compresseur, un refroidisseur de gaz (au lieu du condenseur) et un détendeur.

Après la détente du gaz haute pression, en régime transcritique, pour générer du liquide indispensable à l'alimentation des évaporateurs, la phase vapeur présente, très importante (40 à 45 %), doit être retournée vers les compresseurs. Elle entraîne une perte de performance du cycle transcritique classique d'autant plus importante que la température ambiante est élevée et qu'elle dure longtemps d'où la différenciation des zones climatiques pour le calcul du gain. Des solutions permettent de combattre cette perte et de réaliser des installations CO2 transcritique plus performantes que les systèmes utilisant du R404A :

- Compression séparée de cette phase gazeuse (compression parallèle)
- Utilisation d'un éjecteur au lieu de la vanne de détente

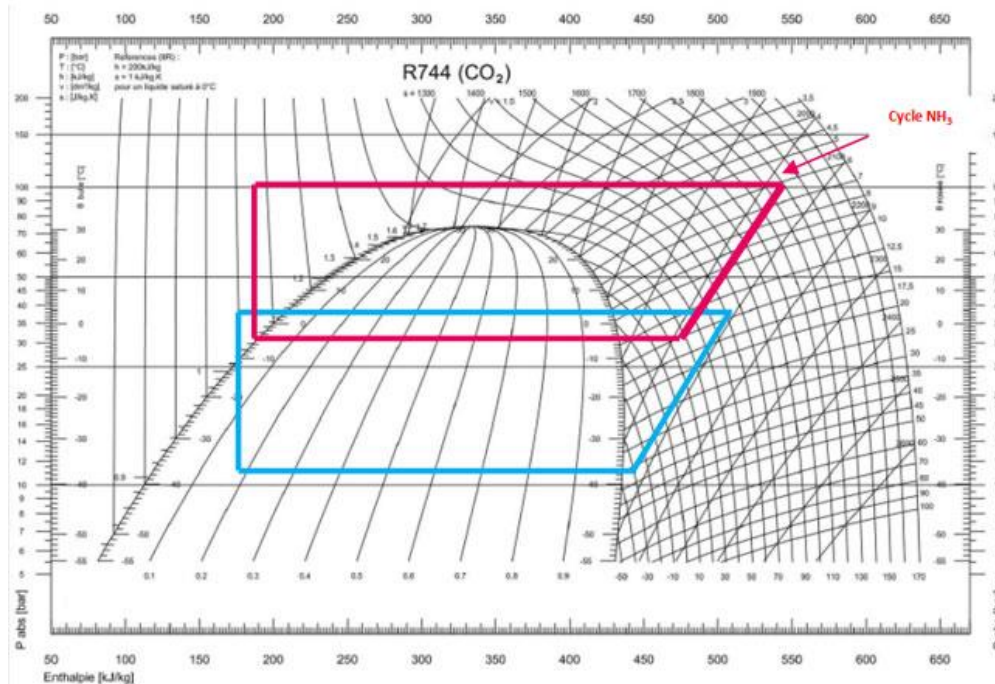


La figure ci-dessus représente les quatre transformations subies par le CO₂ dans un tel cycle. Le COP du système frigorifique évolue avec la température de l'air, qui est particulièrement favorable en zone climatique froide.

b. Subcritique

i. Utilisation en Cascade

Afin que les conditions de condensation restent en dessous du point critique (31 °C sous une pression de 73 bars pour le CO₂), la condensation du CO₂ doit se réaliser en dessous de ce point. Afin de rester dans le domaine des applications subcritiques, on réalise une installation en cascade, pour laquelle la condensation du CO₂ est réalisée soit par un fluide caloporteur (par exemple de l'eau glycolée) ou par un fluide frigorifique dont les caractéristiques permettent d'assurer une condensation adaptée aux conditions de température extérieure : NH₃, hydrocarbure (propane), HFC (R 404A ou R 134a). On regroupe ces installations sous le nom de « cascades frigorifiques ».

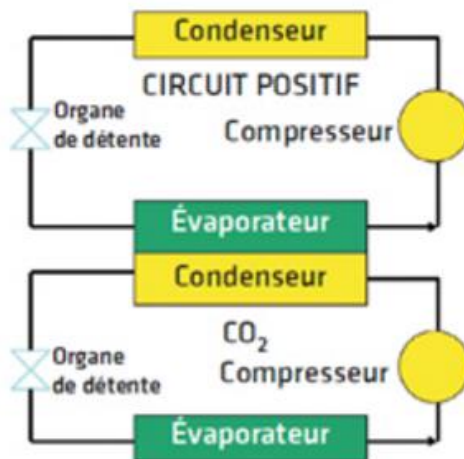


L'utilisation du CO₂ comme fluide subcritique pour les basses températures s'est maintenant imposée en remplacement du R-22 et du R-404A dans les applications de froid industriel et commercial négatif (-30°C à -40°C). Les performances du CO₂ subcritique sont excellentes, et les composants spécifiques pour cette application sont disponibles sur catalogue ; des solutions pratiques existent pour le dégivrage dans le cas des frigofères, et la limitation de pression lors des arrêts de l'équipement n'est pas limitée grâce à une vase d'expansion, mais soit par un maintien de la température avec un groupe refroidisseur de liquide de faible puissance, soit, tout simplement, par décharge à l'atmosphère. Il résulte de tout cela qu'une cascade avec du CO₂ présente de très bonnes performances énergétiques. Pour le refroidissement du condenseur CO₂, plusieurs solutions existent :

- Mise en œuvre d'une cascade au sens stricte du terme, le fluide de l'étage haute température est alors de l'ammoniac ou un HFC tel que R-404 A ou le R-134a. L'ammoniac est bien sûr la meilleure solution mais les contraintes réglementaires liées à sa toxicité limitent fortement les possibilités d'utilisation. Le R-134a s'impose depuis la nouvelle Fgas
- Mise en œuvre de la cascade indirecte, où le condenseur CO₂ est refroidi par l'intermédiaire d'un frigoporteur lui-même refroidi par du R-134a. Cette architecture facilite le remplacement de l'étage haut température, si dans l'avenir, le R-134a est éliminé comme dans la climatisation mobile.

Schéma d'installation

- Sur le circuit CO₂, on utilise des composants relativement classiques. La réalisation de ce type d'installation est maintenant assez facile.
- La remontée en pression en phase d'arrêt côté CO₂ peut être relativement rapide et créer des problèmes (groupe de maintien de pression).
- Le fonctionnement du compresseur du positif doit être « couplé » à celui du négatif (cf schéma ci-dessous).



ii. Utilisation en fluide frigoporteur

Un frigoporteur monophasique utilise la chaleur sensible (Eau glacée, MPG, MEG), la production de froid s'effectue grâce la chaleur spécifique du fluide.

Un frigoporteur diphasique utilise la chaleur latente, soit liquide/vapeur comme dans le cas du CO₂ et la production de froid s'effectue grâce à la chaleur de vaporisation, soit liquide/solide comme le coulis de glace qui génère l'effet frigorifique par sa chaleur de fusion.

L'usage du CO₂ en frigoporteur permet d'éviter les contraintes de forte pression (en fonctionnement) et de taux de compression élevé puisqu'il n'est pas comprimé, mais « refroidi par liquéfaction » par un fluide frigorigène type HFC ou NH₃.

c. Comparaison Cascade/frigoporteur :

Les différences entre les installations en cascade et frigoporteur sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	<i>CO2 frigoporteur</i>	CO2 détente directe en cascade
Température d'évaporation du CO2	-32°C	-32°C
Compression du CO2	<i>Non</i>	Oui entre To-32°C et Tk -2°C
Température d'évaporation du NH3	<i>-38°C pour liquéfaction du CO2</i>	-8°C pour condensation du CO2 à -2°C
Compresseur NH3 étage HP	<i>Compresseur ECO (-38/-20/+35°C)</i>	Compresseur classique (-8/+35°C)
Pression NH3	<i>Inférieure à P atm</i>	Supérieure P atm
Puissance frigo	<i>82,3 kW frigo à -38°C /+35°C NH3 pour usage à -32°C en CO2 frigoporteur</i>	113,3 kW frigo NH3 -8/+35°C 77,7 kW frigo CO2 -32°C/-2°C
Nombre de compresseur	<i>1 NH3 ECO</i>	1 NH3 + 1 CO2 piston
Puissance électrique Totale absorbée	<i>60,7 kW</i>	51,27 kW (18,47+32,8)
COP froid	1,36	1,51
Puissance rejetée condenseur extérieur	<i>97,2 kW</i>	128,9 kW

[1] Source : https://conseils.xpair.com/actualite_experts/co2-frigoporteur.htm

17/06/2016	ATEE+Perifem	S.Majdi E.Chevalier	Première proposition de FE
------------	--------------	------------------------	----------------------------