



où

Carrefour Lombardie, Piémont,
Val D'Aoste, (Nord Italie)

quoi

Supermarchés Carrefour

- centrale frigorifique Enex
- installation RefSystems – REF MILANO
- électronique CAREL

pourquoi

Solution full green

- réfrigérant naturel
- solution booster
- compression parallèle intégrée
- récupération de chaleur haute efficacité

quand

2013-2015

Réfrigération naturelle : Carrefour adopte le CO₂ avec CAREL

Centrales frigorifiques full green dans les supermarchés Carrefour du nord de l'Italie

Grâce à la collaboration entre Carrefour, RefSystems et REF MILANO, Enex et CAREL Industries, une dizaine de supermarchés full green ont pu être réalisés dans le nord de l'Italie. Ils utilisent le dioxyde de carbone comme gaz réfrigérant pour la conservation du froid alimentaire et exploitent les technologies les plus avancées en termes d'efficacité énergétique, comme la compression parallèle et la récupération de chaleur.

Carrefour s'est engagé depuis plusieurs années à remplacer les installations à HFC, tout d'abord avec des installations hybrides CO₂/R134a (33 réalisations à CO₂ subcritique) puis avec des systèmes de réfrigération fonctionnant entièrement avec du CO₂.

FORMAT	PDV	SURFACE DE VENTE (EN M ²)	ANNÉE	NBR DE CENTRALES	NBR DE CIRCUITS VITRINES	NBR CHAMBRES FROIDES	Type de système	RÉCUPÉRATION DE CHALEUR
HYPER	AOSTE	6150	2013	1	87	11	BOOSTER - 2 niveaux de température	DEUX PHASES
MARKET	AOSTE	1150	2013	1	31	9	BOOSTER	PHASE UNIQUE
HYPER	GALLARATE MALPENSA	3600	2014	1	63	12	COMPRESSION PARALLÈLE	DEUX PHASES
MARKET	MILAN, CORSO LODI	2000	2013	1	49	9	COMPRESSION PARALLÈLE	PHASE UNIQUE
MARKET	MILAN, PZZA ANGILOBERTO	900	2013	1	27	8	COMPRESSION PARALLÈLE	DEUX PHASES
MARKET	MILAN, PZZA GRAMSCI	1100	2014	1	38	8	COMPRESSION PARALLÈLE	PHASE UNIQUE
DOCKS	NICHELINO	6650	2015	2	94	22	COMPRESSION PARALLÈLE	DEUX PHASES
HYPER	CARUGATE	15400	2015	2	214	26	COMPRESSION PARALLÈLE	DEUX PHASES

Depuis 2011, 18 supermarchés à CO₂ transcritique ont été effectivement réalisés (neufs ou retrofit) par le groupe Carrefour, dont 16 qui exploitent la technologie CAREL. Le partenaire principal de ces projets est la société Enex, spécialisée dans la conception et le développement de systèmes frigorifiques haute efficacité avec des fluides naturels. Enex a été fondée en 2004 et réalise, depuis sa création, des systèmes de réfrigération efficaces et innovants qui utilisent principalement le CO₂. L'expérience accumulée grâce à la réalisation de plus de 600 installations transcritiques a permis à Enex d'acquiescer une position de premier plan dans le secteur des machines frigorifiques fonctionnant avec du CO₂.

Enex a développé de nombreuses innovations dans le secteur de la réfrigération et a introduit et perfectionné l'usage du compresseur auxiliaire, présent dans la plupart des installations Carrefour en question. La compression parallèle a pour but d'augmenter l'efficacité des installations qui exploitent le CO₂ comme réfrigérant en permettant d'améliorer l'efficacité jusqu'à 15 % et, surtout, en rendant les installations frigorifiques à CO₂ adaptées aux climats chauds.

Pour la réalisation et l'installation, les interventions de RefSystems et REF MILANO, entreprises d'installation et d'entretien de systèmes de réfrigération qui ont géré et coordonné le changement de technologie et de réfrigérant, ont été primordiales.

RefSystems et REF MILANO forment un groupe unique dédié au froid alimentaire haute efficacité. Fondées en 2009 (RefSystems) et en 2012 (REF MILANO) avec la volonté affichée de créer de nouvelles réalités, dynamiques et innovantes dans le domaine de la réfrigération, les deux sociétés sont constamment tournées vers les nouvelles technologies dédiées aux économies d'énergie et au respect de l'environnement. Leurs équipes sont composées de techniciens hautement qualifiés avec une expérience d'une dizaine d'années dans le secteur ; cela a permis dès le début de mettre en place une collaboration durable avec les

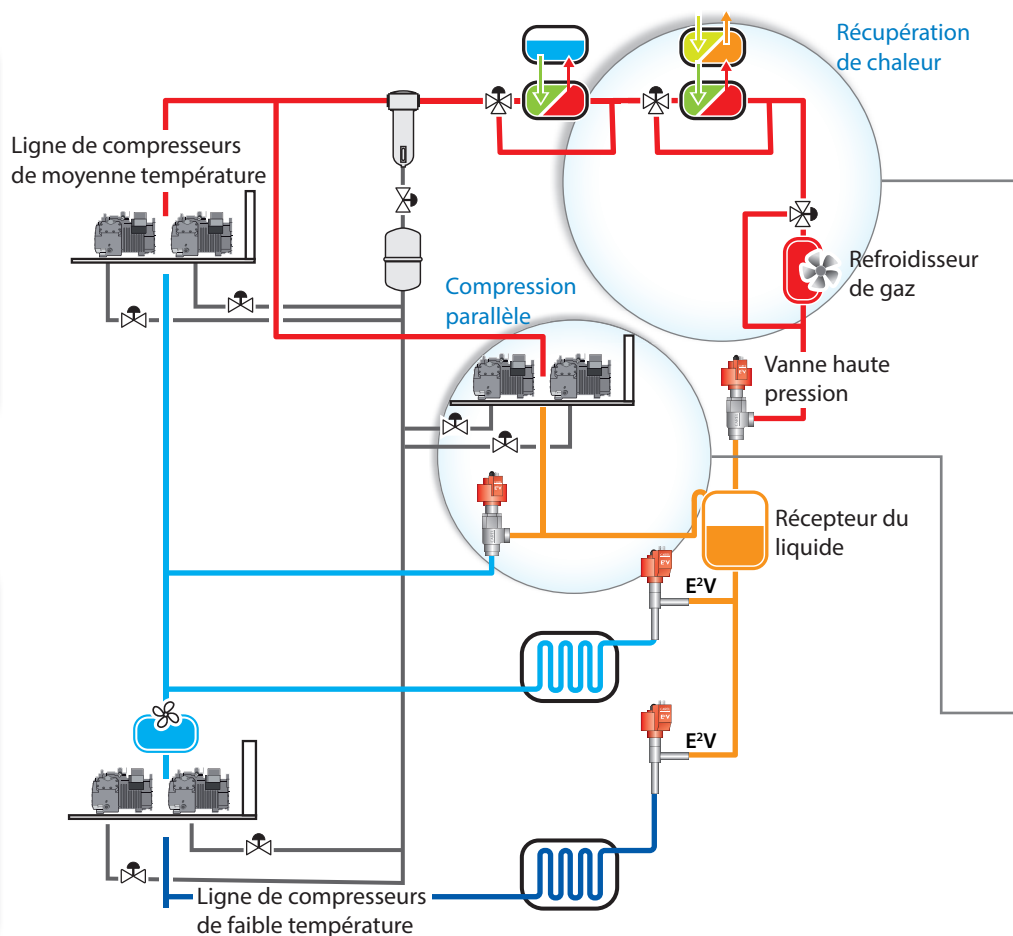
principales chaînes de la grande distribution présentes sur le territoire italien. RefSystems et REF MILANO proposent en effet de réaliser des installations innovantes qui exploitent les meilleures technologies dans une optique d'économies d'énergie, de respect de l'environnement et de simplification de l'entretien des installations, avec une attention particulière accordée aux installations transcritiques à CO₂ avec récupération de chaleur et climatisation.

Description de l'installation

Les centrales frigorifiques sont des systèmes booster à CO₂ transcritiques, dans lesquels l'échappement des compresseurs basse température (-35°C) est habituellement d'abord refroidi par un échangeur de chaleur, puis déchargé sur la ligne d'aspiration moyenne température (-10°C). Le nombre de compresseurs par ligne, géré par le contrôle CAREL pRack, peut varier en fonction des installations entre un minimum de deux et un maximum de six compresseurs.

Les échappements des compresseurs de la ligne moyenne pression affluent dans la ligne haute pression où un système d'échangeurs (jusqu'à trois échangeurs) permet de récupérer la chaleur en deux phases, comme eau sanitaire dans un premier temps et comme chauffage ensuite. Les deux phases sont contrôlées directement par la carte CAREL pRack, capable de gérer en même temps le calcul de la demande de récupération de chaleur, l'ouverture des vannes à 3 voies et la pompe de circulation pour l'eau.

Le contrôle CAREL pRack gère la régulation de température du refroidisseur de gaz qui utilise des ventilateurs EC. Il surveille directement la température de sortie de l'échangeur, avec la possibilité de déplacer le point de consigne de régulation en fonction de la variation de la température extérieure (condensation flottante) ou en



Compression parallèle et récupération de chaleur mises en évidence à l'intérieur d'un schéma typique des installations (Booster à CO₂ transcritique)

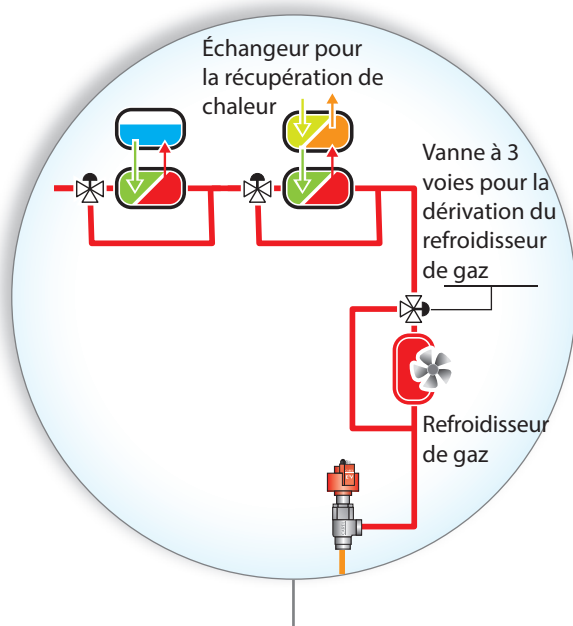
fonction de la demande provenant de la récupération de chaleur. La vanne HPV est réglée en pression, le point de consigne est calculé en tenant compte de la température de sortie du refroidisseur de gaz en vue d'obtenir la pression optimale pour le COP de la centrale en conditions transcritiques ou le niveau idéal de sous-refroidissement en conditions subcritiques, avec la possibilité d'augmenter la valeur minimale du point de consigne en cas de nécessité du côté de la récupération de chaleur.

Le récepteur de liquide fonctionne normalement aux alentours de 35 barg (2 °C) et la vanne flash régule la pression à l'intérieur du récepteur (vannes de sécurité à 45 bars).

Dans la plupart des installations réalisées, une autre ligne d'aspiration

parallèle est installée. Elle est capable de comprimer la vapeur flash directement à partir de la pression intermédiaire du récepteur, ce qui évite de la diffuser inutilement à des pressions inférieures. Cette action réduit de fait la compression à rendement ΔP élevé qui serait nécessaire dans d'autres situations, apportant un avantage énergétique d'environ 15% (en termes de COP) à des conditions moyennement critiques (comme une température ambiante de 30-35°C). Le compresseur auxiliaire est donc essentiel pour la compression du gaz flash dans les climats tempérés comme en Italie.

Du récepteur de CO₂ liquide partent les lignes vers les circuits de moyenne et de basse température (vitrines réfrigérées et chambres froides).



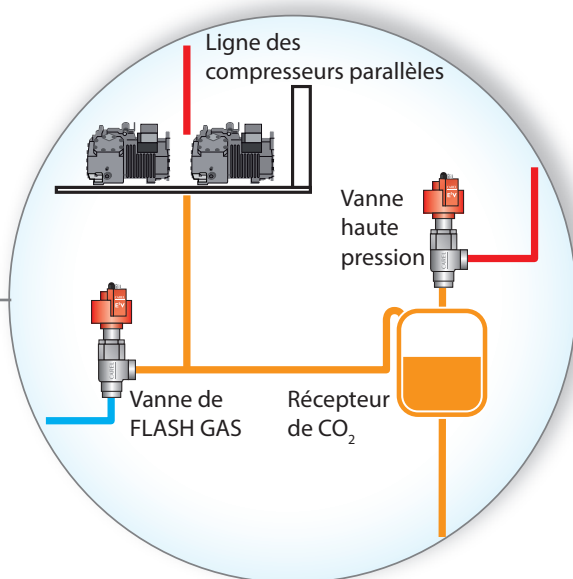
Précisions concernant la récupération de chaleur

Dans un système au CO₂ de type Booster, la fonction de récupération de chaleur (ou Heat Reclaim) permet d'exploiter la chaleur normalement dissipée par le refroidisseur de gaz pour chauffer l'eau sanitaire ou pour le chauffage.

Le contrôle CAREL dédié aux solutions à CO₂ transcritiques gère simultanément jusqu'à deux récupérateurs de chaleur (à eau ou à air) permettant ainsi l'activation de 2 vannes à 3 voies pour les échangeurs de chaleur.

Ce même contrôle régule le débit d'eau (en cas d'échange CO₂-eau) en contrôlant la vitesse et la régulation de la pompe à partir de la demande de récupération plutôt que de la température de l'eau en sortie.

La possibilité d'agir sur le point de consigne de régulation de la vanne haute pression et sur le point de consigne réel du refroidisseur de gaz est fondamentale pour l'efficacité énergétique. Le contrôle offre également la possibilité d'exclure le refroidisseur de gaz en utilisant la régulation modulable d'une troisième vanne à 3 voies. Une fois que la dérivation est installée, le contrôle décale la nouvelle température de régulation pour le refroidisseur de gaz et le calcul ultérieur du point de consigne de pression de la vanne haute pression, en aval de la vanne à 3 voies.



Précisions concernant la compression parallèle intégrée

Dans un système booster à CO₂ transcritique, le contrôle de la pression du récepteur de CO₂, où le CO₂ lui-même se trouve à l'état liquide dans la partie inférieure du récepteur et à l'état gazeux dans la partie supérieure, est d'une importance fondamentale. La vapeur en excès est retirée via la vanne d'expansion appelée FLASH GAS ou RPRV (Regulating Pressure Receiver Valve) afin de maintenir la pression intermédiaire à un niveau constant (environ 35-38 barg).

Cette vanne fonctionnera avec une fréquence et des pourcentages d'ouverture supérieurs dans les périodes plus chaudes de l'année et dans les climats plus tempérés, comme en Italie, en forçant les compresseurs moyenne température à fonctionner, non pas tellement en fonction de la demande frigorifique réelle mais en fonction de la nécessité de maintenir une pression stable à l'intérieur du récepteur de CO₂.

L'utilisation d'un compresseur, ou d'une série de compresseurs, positionnés entre le récepteur et l'échappement des compresseurs moyenne température, apporte les avantages suivants :

- diminution de l'utilisation de la vanne RPRV
- meilleure efficacité pour les hautes pressions dans le refroidisseur de gaz
- meilleure efficacité avec des températures extérieures élevées.

L'activation et la régulation de la compression parallèle dépendent principalement de la charge thermique et des conditions de fonctionnement conformément à un algorithme spécifique.

Description du pilote intégré pRack pR300T et des vannes haute pression E³V-C :

Le pR300T est le contrôle idéal pour la gestion des systèmes booster à dioxyde de carbone.

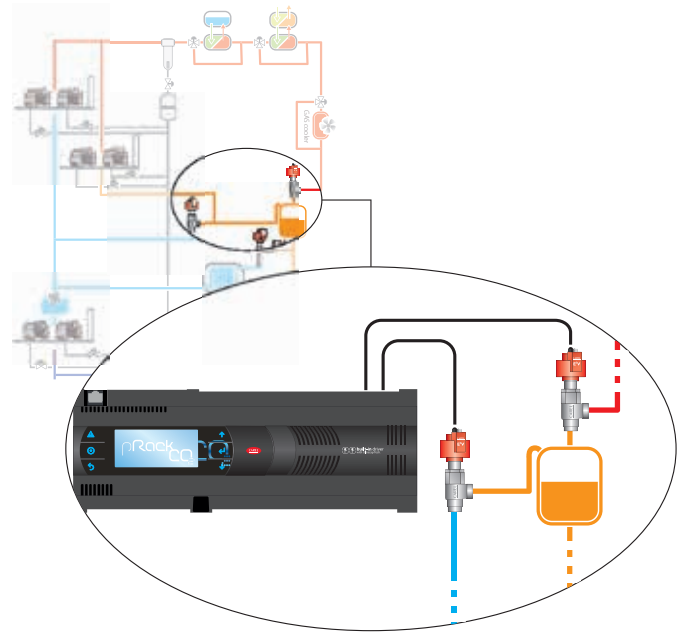
La nouvelle plateforme pRack pR300T se propose sur le marché des centrales à CO₂ transcritiques comme un produit toujours plus performant qui aide l'utilisateur à gérer des machines intrinsèquement complexes :

- gestion complète d'installations à CO₂ transcritiques avec un contrôle unique ;
- utilisation d'interfaces utilisateur simples et intuitives (également personnalisables) ;
- accès facile aux systèmes de supervision ;
- accès facile à la programmation (USB hôte et appareil).

Les principales caractéristiques qui rendent le contrôle CAREL unique sur le marché sont les suivantes :

- la gestion intégrée dans le contrôle d'une troisième ligne d'aspiration pour un compresseur parallèle ;
- la gestion directe des vannes haute pression et du flash gaz.

L'intégration du pilote pour les vannes d'expansion pas-à-pas, qui permet de ne pas utiliser de pilotes externes pour la gestion des vannes, est fondamentale pour le contrôle. De plus, la technologie Ultracap maximise les niveaux de sécurité de l'installation.



Conclusions

Ces dernières années, les principales chaînes de supermarchés ont été davantage sensibles à la réfrigération naturelle et Carrefour figure certainement parmi les pionniers et les promoteurs du CO₂ dans le domaine de la réfrigération commerciale.

RefSystems et REF MILANO ont prouvé à quel point le marché italien est prêt à utiliser ce type de technologies, également dans une optique de rentabilité de l'investissement en termes économiques.

Des centrales frigorifiques innovantes, comme celles réalisées par ENEX, permettent d'investir et d'avoir confiance dans les systèmes frigorifiques qui utilisent le dioxyde de carbone comme réfrigérant.

La technologie de contrôle CAREL mise sur la fiabilité et l'efficacité pour ce type d'installations, avec une attention particulière pour les climats plus chauds par rapport au nord de l'Europe.

Les solutions CAREL peuvent également aider les utilisateurs moins expérimentés à interagir avec ce type de systèmes et s'avèrent les plus prometteuses en termes de réduction des émissions de CO₂ dans le secteur de la réfrigération commerciale.



Headquarters ITALY

CAREL INDUSTRIES Hqs.
Via dell'Industria, 11
35020 Brugine - Padova (Italy)
Tel. (+39) 0499 716611
Fax (+39) 0499 716600
carel@carel.com

Sales organization

CAREL Asia Ltd.
www.carel.com

CAREL Australia Pty Ltd.
www.carel.com.au

CAREL Central and Southern Europe
www.carel.com

CAREL Deutschland GmbH
www.carel.de

CAREL Electronic (Suzhou) Co. Ltd.
www.carel-china.com

CAREL France Sas
www.carelfrence.fr

CAREL HVAC/R Korea Ltd
www.carel.com

CAREL Controls Ibérica, S.I.
www.carel.es

CAREL Italy
www.carel.it

CAREL ACR Systems India (Pvt) Ltd.
www.carel.in

CAREL Mexicana S de RL de CV
www.carel.mx

CAREL Middle East DWC LLC
www.carel.com

CAREL Nordic AB
www.carel.com

CAREL Russia LLC
www.carelrussia.com

CAREL Controls South Africa (Pty) Ltd.
www.carelcontrols.co.za

CAREL Sud America Instrumentação
Electronica LTDA
www.carel.com.br

CAREL Thailand
www.carel.co.th

CAREL U.K. LTD
www.careluk.co.uk

CAREL U.S.A. L.L.C.
www.carelusa.com

Affiliates

CAREL Czech & Slovakia
CAREL spol. s.r.o.
www.carel-cz.cz

CAREL Ireland
FarrahVale Controls & Electronics Ltd.
www.carel.com

CAREL Japan Co., Ltd.
www.carel-japan.com

CAREL Turkey
CFM Sogutma ve Otomasyon San. Tic. Ltd.
www.carel.com.tr