



Tout pour les applications de  
la distribution au détail CO<sub>2</sub>



Introduction

p. 5

Type de cycle

p. 7

CO<sub>2</sub> subcritique en cascade

p. 9

CO<sub>2</sub> subcritique pompe

p. 15

CO<sub>2</sub> transcritique, booster

p. 19

CO<sub>2</sub> transcritique, motocondensant

p. 25

Composants communs

p. 27



## Introduction

*Le choix des types de réfrigérant et de système est fondamental dans l'optique de la réduction des émissions et de la protection de l'environnement. La consommation d'énergie et le rendement sont des critères phares qui ont influencé la réfrigération commerciale, ces dernières années.*

*Le CO<sub>2</sub> est, à ce jour, le réfrigérant naturel le plus commercialisé dans les systèmes centralisés. Ce compendium a pour but de revoir certains concepts clés liés au dioxyde de carbone et propose un aperçu du type d'installations au CO<sub>2</sub> les plus répandues de nos jours.*

Bien que son utilisation remonte au début des années 1900, le dioxyde de carbone ne s'est affirmé dans sa fonction de réfrigérant que ces dernières années. Ceci est dû à l'intérêt croissant pour les fluides naturels et aux normes qui, notamment en Europe, s'orientent vers la limitation de l'utilisation des réfrigérants synthétiques.

La grande disponibilité, y compris comme déchet pour d'autres processus, fait du CO<sub>2</sub> un réfrigérant dont le coût est nettement inférieur à celui des fluides traditionnels. A cet avantage économique, il faut ajouter également son faible pouvoir polluant (WP=1, aucun impact sur la couche d'ozone), l'absence de dangers liés à la toxicité ou à l'inflammabilité ainsi que le fait de ne pas avoir à recycler le gaz en fin de vie de la machine.

En plus des avantages d'ordre économique, politique et écologique, le CO<sub>2</sub> présente différentes caractéristiques thermodynamiques qui, dans le cadre de nombreuses applications, peuvent représenter d'autres avantages qui le placent en très bonne position par rapport aux réfrigérants traditionnels.

La principale différence entre le dioxyde de carbone et les fluides synthétiques est que le point critique se trouve à 31.1 °C, donc à une température qui peut être facilement atteinte dans de nombreuses parties de notre planète. Au point critique, on a une égalité entre la densité du liquide et de la vapeur saturés et, pour des températures supérieures, il n'y a plus de différence entre les deux états et l'on parle alors de phase supercritique. En conséquence, la pression et la température ne sont plus liées entre elles, obligeant de procéder à certaines mesures pour les vérifier, optimiser l'échange thermique et en augmenter l'efficacité.

Précisons également que la pression de service est très élevée, ce qui constitue le plus gros défi pour les composants de la machine, des compresseurs aux vannes et aux tuyaux. Il faut préciser toutefois que les pressions élevées permettent également d'avoir un diamètre inférieur pour les tuyaux, une moindre pénalité due aux pertes de charges et un taux de compression inférieur.

L'une des caractéristiques du CO<sub>2</sub> est une chaleur latente élevée par unité de volume, ce qui représente un bel avantage pour la section des échangeurs, le nombre de circuits et la charge de réfrigérant de l'unité.





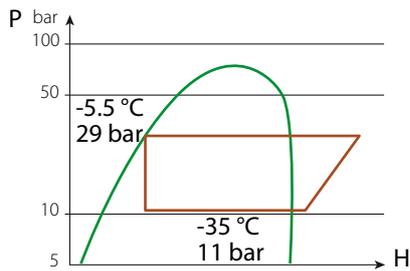
## Type de cycle

La littérature indique que la température critique pour le CO<sub>2</sub> se situe aux alentours de 31 °C (87 °F) et la pression critique, de 73 barg (1045psig).

Les systèmes au CO<sub>2</sub> fonctionnent différemment selon que l'on se trouve au-dessus ou au-dessous du point critique. En bref, on parle de système subcritique quand la température du CO<sub>2</sub> en phase isothermique, après la compression du fluide, est inférieure à la température critique et l'on parle de système transcritique quand la température du CO<sub>2</sub> à la sortie du refroidisseur de gaz est supérieure à 31 °C et que la température d'évaporation est bien entendu inférieure.

### Cycle subcritique

L'application la plus simple pour le dioxyde de carbone dans sa fonction de réfrigérant est l'application subcritique: on utilise le CO<sub>2</sub> dans un cycle secondaire de basse température, que ce soit en compression de vapeur (cycle en cascade) ou en circuit de CO<sub>2</sub> liquide avec une pompe de circulation.

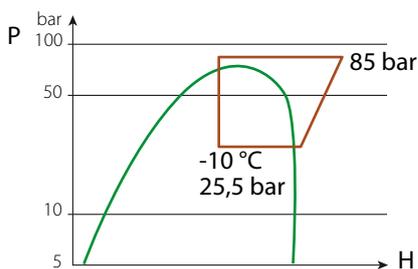


Processus de réfrigération subcritique

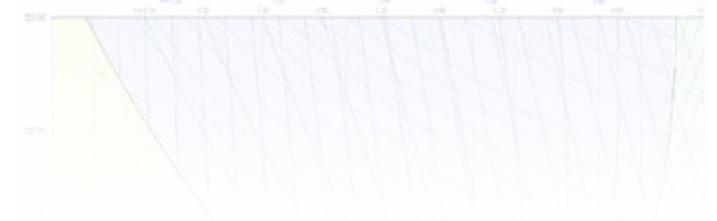
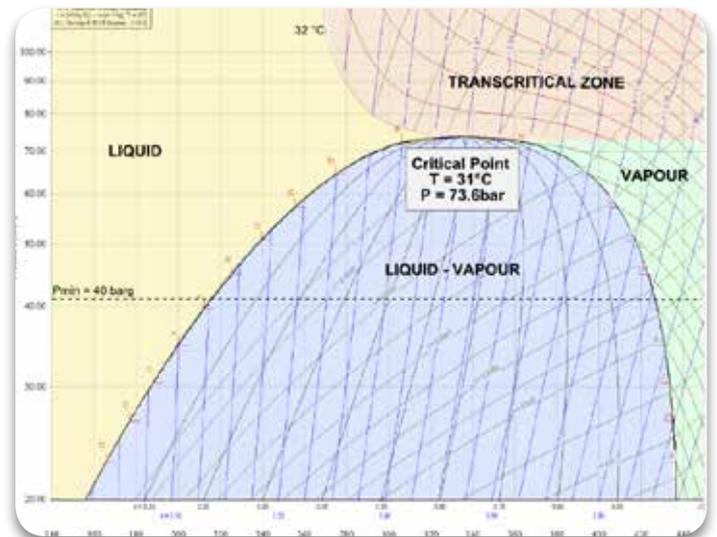
Le cycle principal est confié à un réfrigérant traditionnel et a pour mission de maintenir la température de condensation du cycle CO<sub>2</sub> en dessous du point critique, situé généralement entre -5 et -10 °C.

### Cycle transcritique

Le cycle CO<sub>2</sub> peut également être utilisé pour échanger de la chaleur avec l'environnement extérieur. Dans ce cas, on parlera de cycle transcritique puisque, à certaines périodes de l'année, la température ambiante pourrait être proche du point critique égal à 31.1 °C.



Processus de réfrigération transcritique

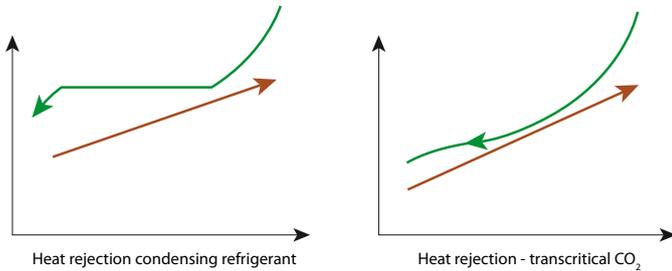


### Récupération de chaleur dans les applications de type Booster

La principale différence par rapport au cycle frigorifique normal est que la phase de refroidissement du gaz comprimé ne correspond pas à une condensation à température constante comme c'est le cas dans les cycles traditionnels.

Échange énergétique entre l'air et un réfrigérant non naturel

Échange énergétique entre l'air et le CO<sub>2</sub>



En cas de condensation, on a une transformation à pression constante, où le gaz passe à l'état liquide; en cas de cycle transcritique, on a une transformation où le gaz supercritique voit une diminution constante de sa température.

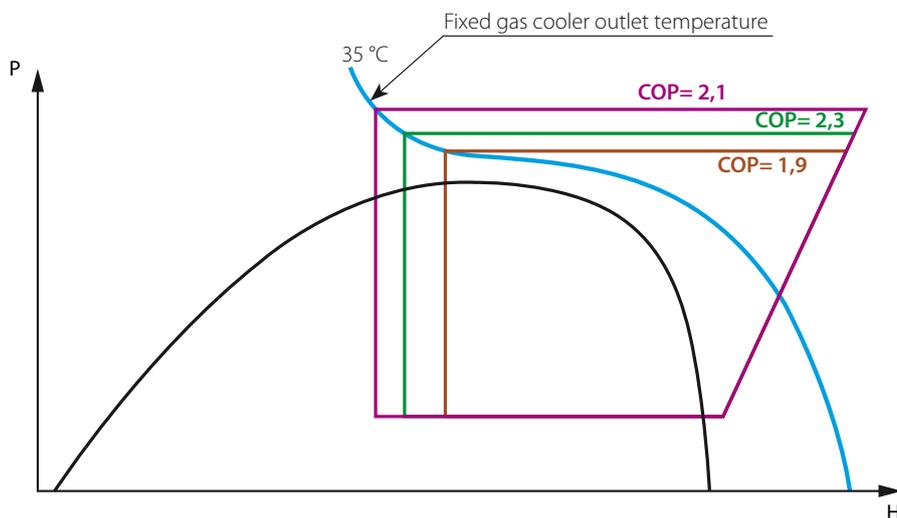
C'est pour cette raison que même la construction de l'échangeur de chaleur haute pression est différente et que l'on parle de refroidisseur de gaz plutôt que de condensateur.

L'échange de chaleur est favorisé par cette caractéristique propre au dioxyde de carbone, car les fluides ont, à chacune de leurs phases de transformation, une température plus proche par rapport au cas de la condensation traditionnelle. Cet avantage peut être efficacement exploité dans les pompes de chaleur, en obtenant de meilleurs rendements par rapport aux appareils traditionnels.

En ce qui concerne l'efficacité du cycle, il est important de tenir compte de la régulation de la pression à la sortie du refroidisseur de gaz.

En observant le diagramme p-h, et après avoir fixé une température de sortie du refroidisseur de gaz (en bleu dans l'illustration), on peut prendre en compte différents cycles en fonction de la pression à laquelle est maintenu l'échangeur. Observons que, en partant du cycle représenté en marron et en augmentant la pression, on obtient une augmentation de rendement ( $\Delta h_{EVAP}$ ) supérieure à l'augmentation de service du compresseur ( $\Delta h_{COMP}$ ): l'efficacité augmente. Une fois la pression représentée en vert dépassée, l'augmentation de service du compresseur devient supérieure à celle du rendement frigorifique, et s'accompagne d'une diminution de l'efficacité (cycle représenté en violet).

On peut donc définir, pour chaque température de sortie du refroidisseur de gaz, une pression optimale qui augmente l'efficacité du cycle lui-même.



COP différents à température constante dans le diagramme PH

## CO<sub>2</sub> subcritique en cascade

*Le CO<sub>2</sub> dans les systèmes subcritiques en cascade est le réfrigérant utilisé pour l'étage de basse température (aspiration des compresseurs à -30/-35 °C). La chaleur qui se dégage de la condensation du CO<sub>2</sub> est absorbée par le réfrigérant de l'étage de moyenne température. Ce processus se produit dans un échangeur de chaleur en cascade entre les deux réfrigérants.*

Spécialement indiqués dans les applications de réfrigérant naturel dans des régions dont la température ambiante est moyenne à élevée, les systèmes à CO<sub>2</sub> subcritique en cascade sont normalement utilisés en présence de climats chauds ou bien comme première étape dans l'utilisation de CO<sub>2</sub> comme réfrigérant. Les systèmes en cascade sont composés de deux circuits, l'un de moyenne température (idéalement r134a, r404a ou NH<sub>3</sub>) et l'autre de basse température (r744) connectés entre eux par un ou plusieurs échangeurs de chaleur, normalement à plaques, qui d'une part condensent le CO<sub>2</sub> et de l'autre se présentent comme des appareils d'évaporation classique pour le circuit de moyenne température.

### Avantages et désavantages

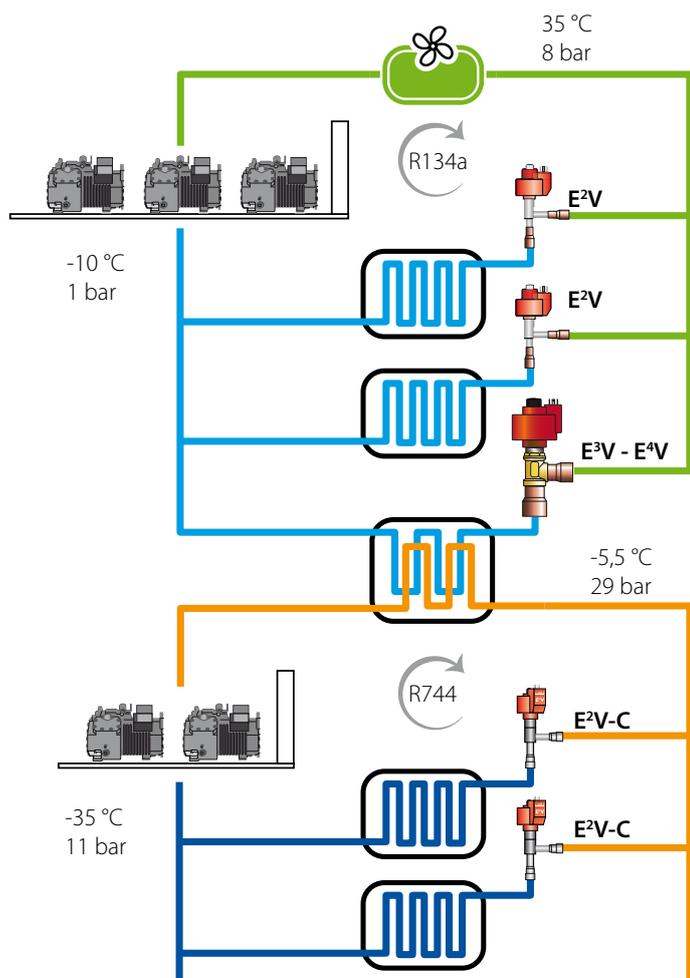


- Système relativement semblable à un système traditionnel (r404);
- Pressions de service semblables aux systèmes traditionnels (max 45 barg);
- Contenu moyen de gaz non naturel;
- Meilleure efficacité par rapport à la norme et applicable à tous les climats.



- Si pas de NH<sub>3</sub>, l'appareil n'est pas complètement écologique;
- Si NH<sub>3</sub>, la centrale ne peut pas être utilisée dans tous les pays pour répondre aux exigences de moyenne température;
- Attention accrue aux pressions en jeu dans le circuit secondaire.





Exemple d'appareil CO2 subcritique en cascade

## Solution CAREL

### Liste des contrôles:

- pRack pR300 + EXV pour centrale et échangeur à plaques;
- MPXPRO + E2V pour compteurs;
- EVDEVO + Ultracap pour la sécurité des vannes.

### pRack pR300: régulation pour gestion des unités de réfrigération

pRack pR300 permet de gérer aussi bien l'unité de basse température avec un ou plusieurs régulateurs en fonction de la dimension de l'unité. Un seul et même instrument capable de gérer l'activation et la sécurité des compresseurs aussi bien BT que MT (onduleurs, partitionnement et compresseurs de puissance différente), le condensateur (EC fans, onduleur, step), les éventuels systèmes de sous-refroidissement, la synchronisation entre les deux unités et la communication avec les pilotes pour la gestion des détendeurs électroniques de l'échangeur en cascade.

Les échangeurs à plaques normalement utilisés pour condenser le CO<sub>2</sub> peuvent être au maximum au nombre de deux et la gestion des vannes d'expansion peut se faire grâce au pilote intégré dans pRack pR300 ou à des pilotes externes EVD EVO spécialement intégrés dans le système (communication fieldbus RS485).



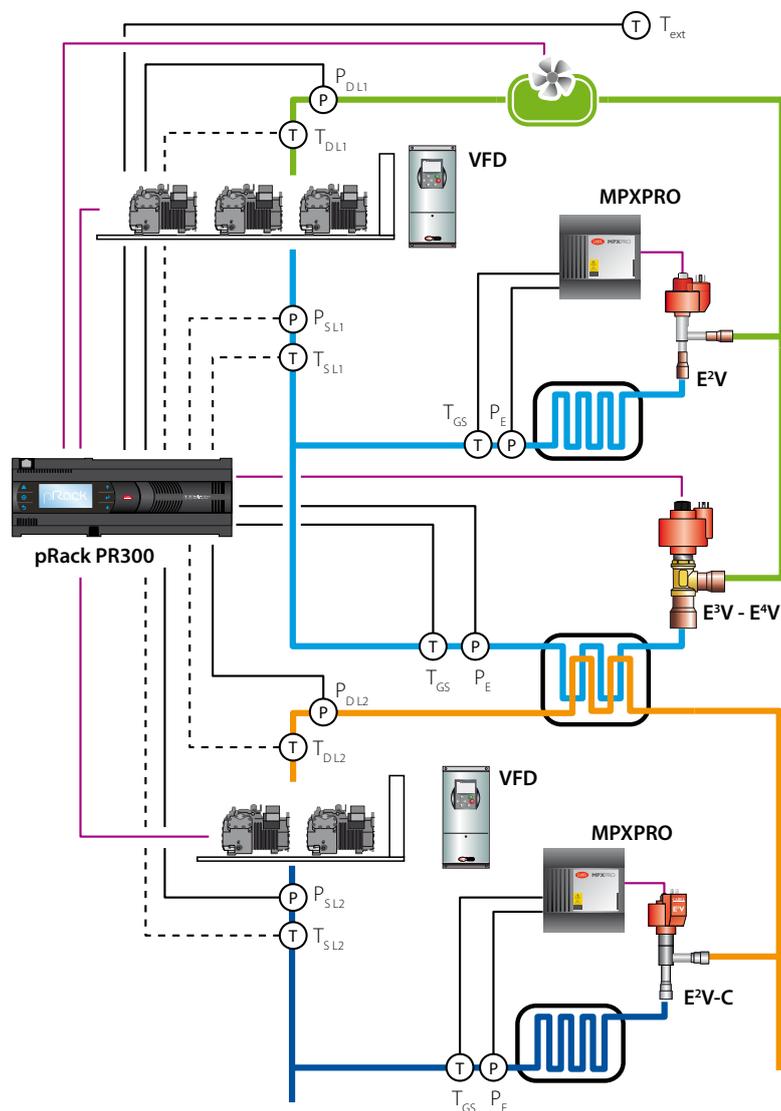
### Driver EVDEVO - contrôle pour vanne d'expansion

L'échangeur de chaleur en cascade est un élément crucial dans ce type d'appareil; il s'agit habituellement d'un échangeur à plaques qui régule la condensation du dispositif en CO<sub>2</sub>. On en prévoit parfois par deux pour améliorer la régulation à faible charge et pour augmenter le niveau de sécurité; ils sont le plus souvent régulés par des détendeurs électroniques stepper EXV (les détendeurs électroniques PWM ne garantissent pas dans ce domaine des performances optimales).

Dans ces applications, outre la traditionnelle régulation en fonction de la surchauffe en aspiration, il faut ajouter l'intégration avec l'unité de basse température, directe si le pilote est intégré dans le régulateur de l'unité basse ou par communication série si le pilote EVD EVO est externe. Etant donné la nature du réfrigérant, il faut contrôler le CO<sub>2</sub> liquide condensé pour garantir de bonnes performances.



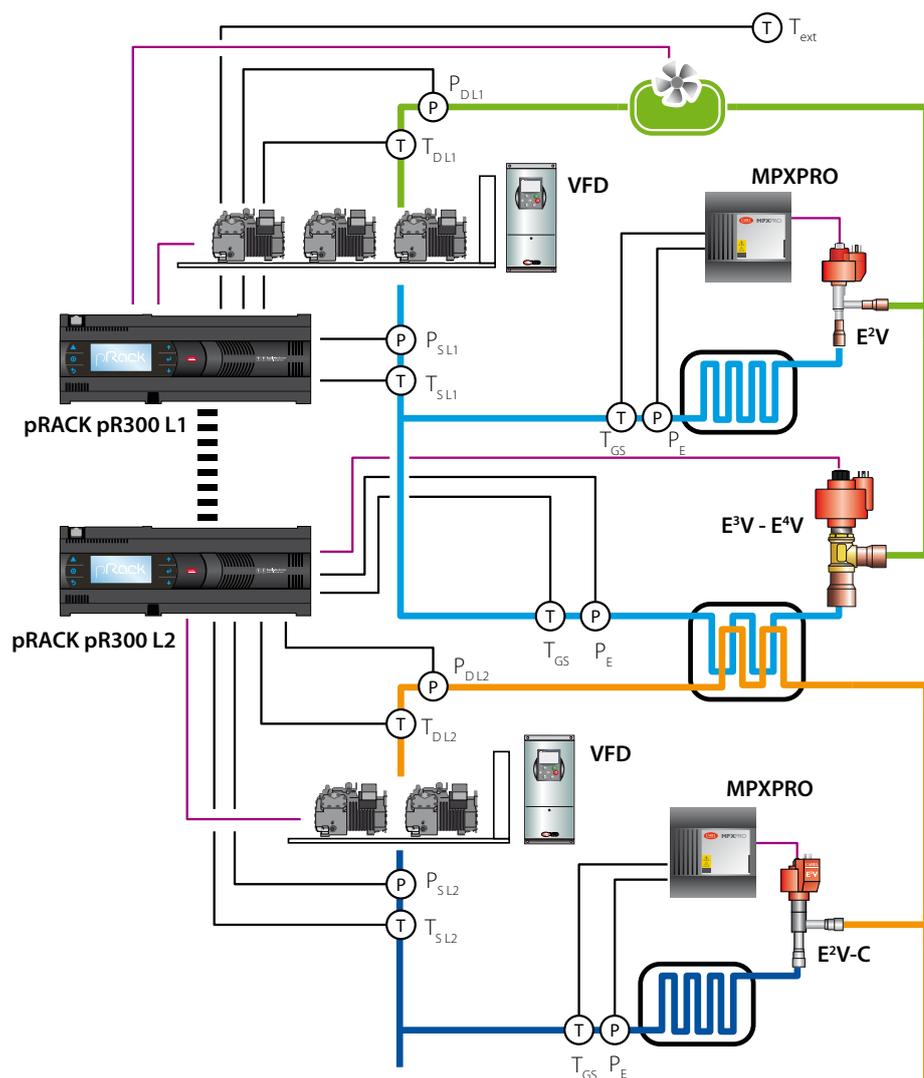
Schéma du régulateur avec pRack une seule carte et un seul pilote intégré



Connexions pRACK

sigle	description	Type de sonde
Text	Température extérieure	NTC - HP
PD L1	Pression d'échappement ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-18,2 barg
TD L1	Température d'échappement ligne 1 (moyenne température)	NTC - HT (pour régulation température d'échappement (en option))
PS L1	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-7 barg (Pourrait être utilisée en secours à la PE)
TS L1	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (pour régulation surchauffe aspiration (en option))
PE	Pression d'évaporation échangeur de chaleur	Ratiométrique -1-9,3 barg
TGS	Température gaz surchauffé échangeur de chaleur	NTC - HF
PD L2	Pression d'échappement ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg
TD L2	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HT (Pour régulation température d'échappement (en option))
PS L2	Pression d'aspiration ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg
TS L2	Température d'aspiration ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration (en option))

Schéma de régulation de pRack double carte et simple pilote intégré



Connexions pRack L1

sigle	description	Type de sonde
$T_{ext}$	Température extérieure	NTC - HP
$P_{DL1}$	Pression d'échappement ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-18,2 barg
$T_{DL1}$	Température d'échappement ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (Pour régulation température d'échappement)
$P_{SL1}$	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-7 barg
$T_{SL1}$	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (pour régulation surchauffe aspiration)

sigle	description	Type de sonde
$P_E$	Pression d'évaporation échangeur de chaleur	Ratiométrique -1-9,3 barg
$T_{GS}$	Température gaz surchauffé échangeur de chaleur	NTC - HF
$P_{DL2}$	Pression d'échappement ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg
$T_{DL2}$	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation température d'échappement)
$P_{SL2}$	Pression d'aspiration ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg
$T_{SL2}$	Température d'aspiration ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration)

## Particularités du dispositif

### DSS: Double system synchronization

Système de communication entre l'unité moyenne température et l'unité basse température.

Le circuit basse température, en effet, ne peut fonctionner correctement si le circuit moyenne température n'est pas activé, la communication entre les deux unités est par conséquent indispensable pour synchroniser le fonctionnement des deux unités et modifier les dynamiques de fonctionnement en cas de nécessité.

Il est possible notamment de:

- forcer le fonctionnement de l'unité moyenne température lorsque l'unité basse température est en service, aussi bien au moment du démarrage que pendant le fonctionnement normal
- forcer l'arrêt de l'unité basse température lorsque l'unité moyenne température n'est pas en mesure de fonctionner correctement
- éviter les démarrages simultanés des compresseurs des différentes unités afin de réduire les pics d'absorption d'énergie;
- le pumpdown de la centrale de moyenne température au moment du fonctionnement d'un compresseur au moins de la centrale de basse température.

### EEVS: Electronic Expansion Valve Synchronization

Système de communication entre l'unité basse température (pRack pR300) et le pilote de gestion du détendeur électronique de l'échangeur à plaques intégré dans pRack pR300 ou externe (EVD EVO).

L'unité basse température peut, dans ce cas, communiquer au pilote les changements de capacité frigorifique et moduler la capacité de l'évaporateur en fonction de la pression de condensation du CO<sub>2</sub> en économisant l'utilisation de capteurs supplémentaires et en obtenant une régulation précise de la pression de condensation. L'échange des informations entre unité et échangeur permet donc d'ajouter à la traditionnelle régulation de la surchauffe des facteurs vitaux dans ce type de dispositif tels que la variation de la capacité frigorifique de l'unité basse température et l'évolution de la pression de condensation du CO<sub>2</sub>.

Cette fonction est disponible dans les cas où l'on utilise:

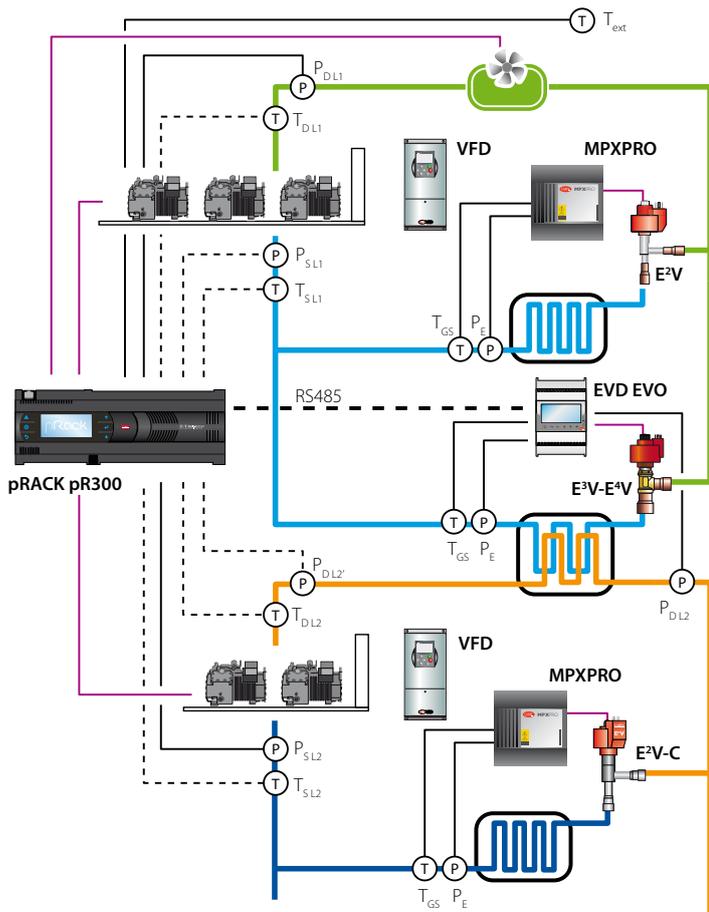
- pRack pR300 avec pilote intégré avec un seul échangeur
- pRack pR300 avec pilote EVD EVO externe simple
- pRack pR300 avec 2 pilotes EVD EVO externes simples;
- pRack pR300 avec 2 drivers EVD EVO dont un intégré (1 seul échangeur) et 1 extérieur individuel.

### Protection inverse haute température de condensation (HiTcond) sur S3

Des procédures de sécurité sont prévues en raccordant directement la sonde de pression de condensation au driver EVD EVO (extérieur ou intégré); la régulation de la vanne sera alors directement influencée par une procédure de sécurité qui a tendance à ouvrir la vanne au cas où la pression de condensation du CO<sub>2</sub> est trop élevée. La pression de condensation du CO<sub>2</sub> raccordée au pRack devient alors optionnelle.

Avec la protection HiTcond inverse, l'on tente de réduire les hausses rapides de la pression de condensation du circuit de CO<sub>2</sub>, dues probablement à des variations de charge, aux conditions de travail, à un réglage instable des compresseurs et à des problèmes génériques, par une hausse soudaine de l'ouverture de la vanne.

Schéma de régulation avec pRack à carte simple et pilote simple externe intégré avec protection haute pression CO<sub>2</sub>



Connexions pRack

sigle	description	Type de sonde
T <sub>ext</sub>	Température extérieure	NTC - HP
P <sub>DL1</sub>	Pression de charge ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-18,2 barg
T <sub>DL1</sub>	Température de charge ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (Pour régulation température de charge (en option))
P <sub>SL1</sub>	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-7 barg (Pourrait être utilisée en secours de la PE)
T <sub>SL1</sub>	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration (en option))
P <sub>DL2'</sub>	Pression de charge ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg (Pourrait être utilisée en secours de la PD L2)
T <sub>DL2'</sub>	Température de charge ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation température de charge (en option))
P <sub>SL2</sub>	Pression d'aspiration ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>SL2</sub>	Température d'aspiration ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration (en option))

Connexions EVD EVO

sigle	description	Type de sonde
P <sub>DL2</sub>	Pression de charge ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg
P <sub>E</sub>	Pression d'évaporation échangeur de chaleur	Ratiométrique -1-9,3 barg
T <sub>GS</sub>	Température gaz surchauffé échangeur de chaleur	NTC - HF

## CO<sub>2</sub> subcritique pompe

*Le CO<sub>2</sub> dans les systèmes subcritiques pompés est le réfrigérant utilisé pour les deux étages (si le système en est équipé) de basse et moyenne températures. On parle de ces systèmes de CO<sub>2</sub> comme de réfrigérant secondaire, où le circuit primaire, en général un refroidisseur à HFC/HC a pour tâche de refroidir le CO<sub>2</sub> liquide, qui sera pompé dans le système. Ce processus passe aussi à travers un échangeur de chaleur auquel viennent s'ajouter un récepteur de liquide et une pompe prévue à cet effet.*

Moins utilisé que les traditionnels appareils subcritiques en cascade, il permet de limiter les réfrigérants HFC à la seule salle des machines. Les appareils de moyenne température sont alimentés par du CO<sub>2</sub> liquide pompé, tandis que ceux de basse température sont équipés de vannes d'expansion. Le CO<sub>2</sub> est refroidi par un refroidisseur dédié (NH<sub>3</sub> ou r134a) à l'intérieur d'un réservoir avec un évaporateur à faisceau tubulaire. Aux dispositifs traditionnels il faut ajouter la gestion des pompes qui font circuler le CO<sub>2</sub> liquide dans les évaporateurs de moyenne température; dans ces évaporateurs, le liquide ne s'étend pas mais il se réchauffe seulement en revenant au récepteur à l'état semi-liquide.

### Avantages et désavantages

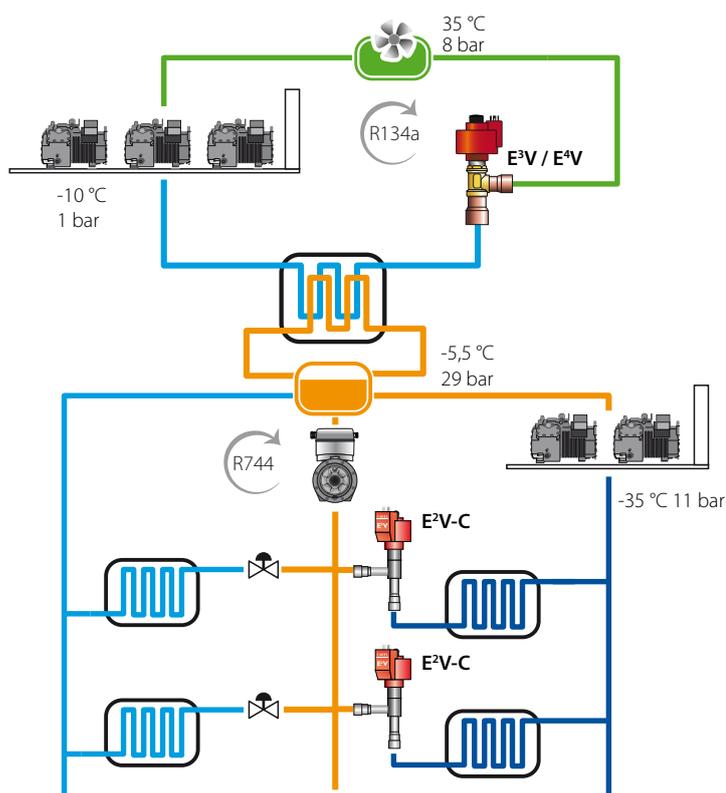


- faible contenu en réfrigérant non naturel;
- possible d'utiliser également de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) qui reste concentré dans la salle des machines;
- dispositif entièrement écologique en milieu explosif.



- très sensible au dimensionnement des tuyaux du système pompé;
- consommation d'énergie de par la présence de pompes supplémentaires;
- attention accrue aux pressions en jeu dans le circuit secondaire.





exemple de dispositif CO<sub>2</sub> subcritique pompé

## Solution CAREL

### Liste des contrôles:

- pRack pR300 + EXV pour centrale et évaporateur à faisceau tubulaire;
- MPXPRO + E2V pour comptoirs;
- MPXPRO light pour comptoirs de moyenne température;
- EVDEVO + Ultracap pour la sécurité des vannes.

### pRack pR300: régulation pour unités de réfrigération

Capable de gérer aussi bien les compresseurs du refroidisseur réglés en fonction de la pression du CO<sub>2</sub> à l'intérieur du récepteur, que les compresseurs de basse température, il applique les mêmes fonctions de synchronisation entre les deux unités. Important dans ce type de dispositif, le fonctionnement coordonné de l'unité de moyenne température avec le régulateur de l'évaporateur à faisceau tubulaire pour prévenir tout problème de basse pression. La régulation de la pression à l'intérieur du récepteur est sa fonction principale, étant donnée la quantité de réfrigérant à l'intérieur; en raison de sa grande inertie, il est indispensable d'activer les compresseurs en fonction de la pression du récepteur, la pression d'aspiration de l'unité de moyenne température sera donc surveillée uniquement par sécurité pour prévenir tout problème de basse pression. pRack peut également gérer de simples systèmes de pompage avec ou sans onduleur.



### MPXPRO et MPXPRO light

MPXPRO pour les services de basse température avec vanne d'expansion électronique, et pour les services de moyenne température grâce à une nouvelle fonction de contrôle qui permet d'utiliser une vanne stepper pour la régulation du débit de réfrigérant liquide. L'on peut aussi utiliser le MPXPRO light dans les services de moyenne température qui n'exigent pas l'emploi d'une vanne d'expansion électronique, mais uniquement la gestion du fluide réfrigérant en fonction de la demande du comptoir.

Compatible avec la version toutes options, MPXPRO light permet une normalisation du dispositif pour ce qui concerne les schémas électriques et l'installation.



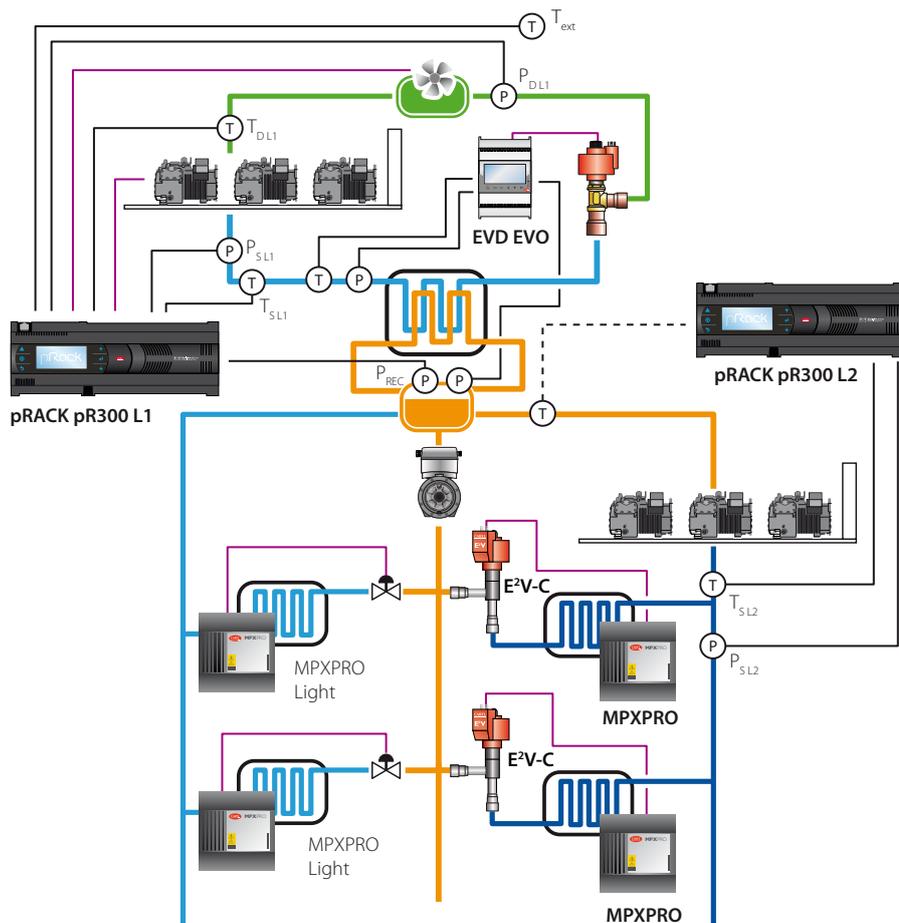
### Driver EVD EVO - contrôle pour la vanne d'expansion

La gestion de l'évaporateur à faisceau tubulaire est critique dans ce type d'application, les dimensions de l'évaporateur, l'énergie de la charge et la proximité des compresseurs imposent une régulation très fine qui doit s'adapter rapidement à l'allumage ou à l'arrêt des compresseurs, répondre progressivement à l'échange de chaleur, ne pas inonder les compresseurs et préserver contre les alarmes de basse pression d'aspiration.

Les fonctions du pilote EVD EVO comme les protections de basse surchauffe, de basse pression d'aspiration et les protections de haute pression de condensation du CO<sub>2</sub> doivent être par conséquent correctement calibrées en fonction des caractéristiques du dispositif (nombre et type de compresseurs, taille de l'évaporateur et du récepteur, présence de récepteurs en aspiration, dynamiques du système).



Schéma de régulation avec pRack à deux cartes



Connexions pRack pR300 L1

sigle	description	Type de sonde
T <sub>ext</sub>	Température extérieure	NTC - HP
P <sub>D L1</sub>	Pression de condensation ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-18,2barg
T <sub>D L1</sub>	Température d'échappement ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (Pour régulation température d'échappement)
P <sub>S L1</sub>	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-10barg (Pour régulation alarme de basse pression)
T <sub>S L1</sub>	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration)
P <sub>REC</sub>	Pression récepteur CO <sub>2</sub>	4-20 mA 0-10barg (Pour régulation compresseurs de moyenne température)

Connexions pRack pR300T L2

sigle	description	Type de sonde
T <sub>D L2</sub>	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation température d'échappement (en option))
P <sub>S L2</sub>	Pression d'aspiration ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8barg
T <sub>S L2</sub>	Température d'aspiration ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration)

Connexions EVD EVO

sigle	description	Type de sonde
P <sub>REC</sub>	Pression d'échappement ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8barg
P <sub>E</sub>	Pression d'évaporation échangeur de chaleur	Ratiométrique -1-9,3barg
T <sub>GS</sub>	Température gaz surchauffé échangeur de chaleur	NTC - HF



## CO<sub>2</sub> Transcritique, booster

*Le CO<sub>2</sub> dans les systèmes transcritiques est refroidi mais non condensé à la sortie du refroidisseur de gaz, puisque l'on se trouve à des températures supérieures à la température critique. L'on parle de système booster quand il y a deux étages de compression du même réfrigérant. De ce fait, le CO<sub>2</sub> en reflux aux compresseurs de basse température est acheminé à travers un intercooler vers l'aspiration des compresseurs de moyenne température.*

Les systèmes booster à CO<sub>2</sub> transcritiques sont parmi les plus prometteurs dans le secteur des dispositifs utilisant un réfrigérant naturel, sur le marché du détail surtout lorsque le climat n'est pas trop chaud. Ils se composent généralement de 4 sections qui se différencient par les pressions qui sont en jeu:

- haute pression: la zone du débit des compresseurs de moyenne température à la vanne HPV (en rouge), sécurité à 130 bars;
- pression intermédiaire: la zone de la vanne HPV à toutes les vannes d'expansion (en orange), sécurité à 90 bars;
- moyenne pression: la zone des évaporateurs de moyenne température en aval des vannes d'expansion jusqu'à l'aspiration des compresseurs de moyenne (en bleu clair), sécurité à 60 bars;
- basse pression: la zone des évaporateurs de basse température en aval des vannes de pression jusqu'à l'aspiration des compresseurs de basse (en bleu), sécurité à 45 bars.

La figure ci-dessous montre une installation traditionnelle de base employant des compresseurs parallèles. On peut trouver différentes versions sur le marché surtout pour l'utilisation d'échangeurs à plaques qui augmentent l'efficacité du système et/ou contribuent à son bon fonctionnement. Comme ils n'entrent pas normalement dans la logique de fonctionnement global du système, ils ne sont pas pris en considération dans ce document.

### Avantages et désavantages

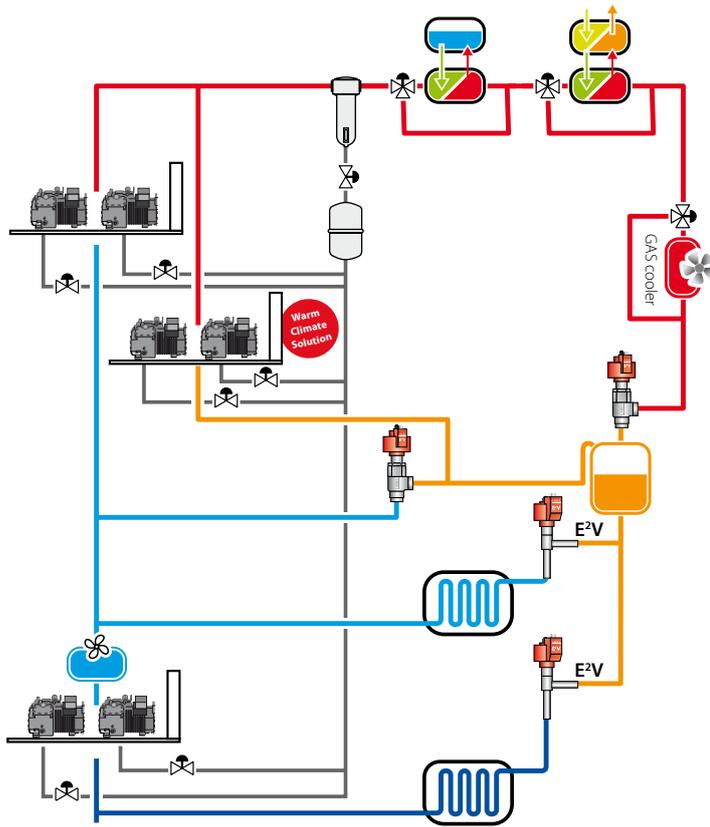


- dispositif prévoyant l'utilisation complète de réfrigérants naturels (CO<sub>2</sub>);
- différentes études montrent une plus grande efficacité par rapport à tout autre type de dispositif (R404a traditionnel ou CO<sub>2</sub> subcritique) avec température ambiante moyenne inférieure à 15 °C;
- technologies normalisées, réduction des coûts.



- pressions élevées en jeu (jusqu'à 120 barg);
- dispositifs normalement plus complexes que les dispositifs traditionnels;
- bon rendement en milieu à climat chaud (>15 °C) avec utilisation de technologies complémentaires comme la compression parallèle, le chillBooster et la récupération de chaleur.





exemple de dispositif CO<sub>2</sub> transcritique

En général le gaz aspiré par les compresseurs de moyenne température à une pression d'environ 26 barg (pression maximale 40-60 barg), à la sortie des compresseurs traverse un système (plus ou moins complexe) de récupération de chaleur, essentiel pour le rendement global de la machine, et le refroidisseur de gaz. Dans cette zone, la pression de service dépend essentiellement de la température extérieure et peut varier d'une valeur minimale qui se situe autour de 40-45 barg en fonction du type de compresseurs utilisés jusqu'à 120 barg, pression maximale des vannes de sécurité. Le nom de refroidisseur de gaz est précisément donné du fait que, en fonction des conditions climatiques, il n'est pas certain que l'on parvienne à condenser le CO<sub>2</sub> qui se présente donc à la vanne de haute pression HPV sous la forme de gaz dense. La vanne de haute pression (HPV) qui constitue le cœur de ce type de dispositif et qui en détermine le rendement a pour mission de faire travailler le dispositif dans les conditions les plus favorables, à cet instant donné, d'abaisser par conséquent la pression de service du récepteur jusqu'à 35-40 barg et, en conséquence, de condenser le CO<sub>2</sub>. La pression du récepteur est régulée par la vanne RPRV, ou vanne Flash Gaz, qui a pour fonction de dévier une partie du gaz pour maintenir une pression constante dans le récepteur. Depuis le récepteur, le liquide passe à toutes les zones aussi bien de moyenne que de basse température, le liquide étendu par les vannes des évaporateurs de basse est ensuite aspiré par les compresseurs LT puis remélangé ensuite avec le gaz provenant des évaporateurs de moyenne et par la vanne de régulation du récepteur (dans cette zone la pression maximale peut varier de 25 à 60 barg). Ces gaz, de températures diverses, sont ensuite aspirés par les compresseurs de moyenne température.

Parmi les variantes les plus utilisées, on peut trouver:

- des inter coolers de refroidissement du gaz de sortie des compresseurs de basse (elle gère une deuxième ligne de condensation à température);
- des échangeurs à plaques entre le gaz découlant de la vanne RPRV et la ligne du liquide, avec une mission double de sous-refroidir le liquide vers

- les évaporateurs et de limiter le réchauffement dérivé de la vanne flash;
- des échangeurs à plaques entre l'aspiration de moyenne température et la sortie du refroidisseur de gaz, avec la double mission de contribuer au mélange des différents gaz en aspiration des compresseurs et de refroidir ensuite le gaz à la sortie du refroidisseur de gaz.

## Solution CAREL

### Liste des contrôles:

- pRack pR300T + ExV-C pour centrale et vannes de haute pression;
- MPXPRO + E2V pour compteurs;
- EVDEVo + Ultracap pour la sécurité des vannes;
- chillBooster pour le refroidissement par évaporation.

### pRack pR300T: régulateur pour la gestion d'unités de réfrigération CO<sub>2</sub> transcritiques

pRack pR300T permet de gérer entièrement, dans des configurations à une ou plusieurs cartes, des unités CO<sub>2</sub> transcritique, de petites, moyennes ou grandes dimensions. Avec un seul outil, en effet, il est possible de gérer l'activation et la sécurité aussi bien des compresseurs de basse que ceux de moyenne température, d'éventuels systèmes de récupération de chaleur, le refroidisseur de gaz, le système de récupération d'huile, la vanne haute pression (HPV) et la vanne de régulation de la pression du récepteur (RPRV).

Les vannes HPC et RPRV

peuvent être gérées directement par pRack pR300T avec pilote intégré ou avec pilote EVD EVO externe. Ces deux outils sont compatibles avec toutes les vannes disponibles sur le marché.

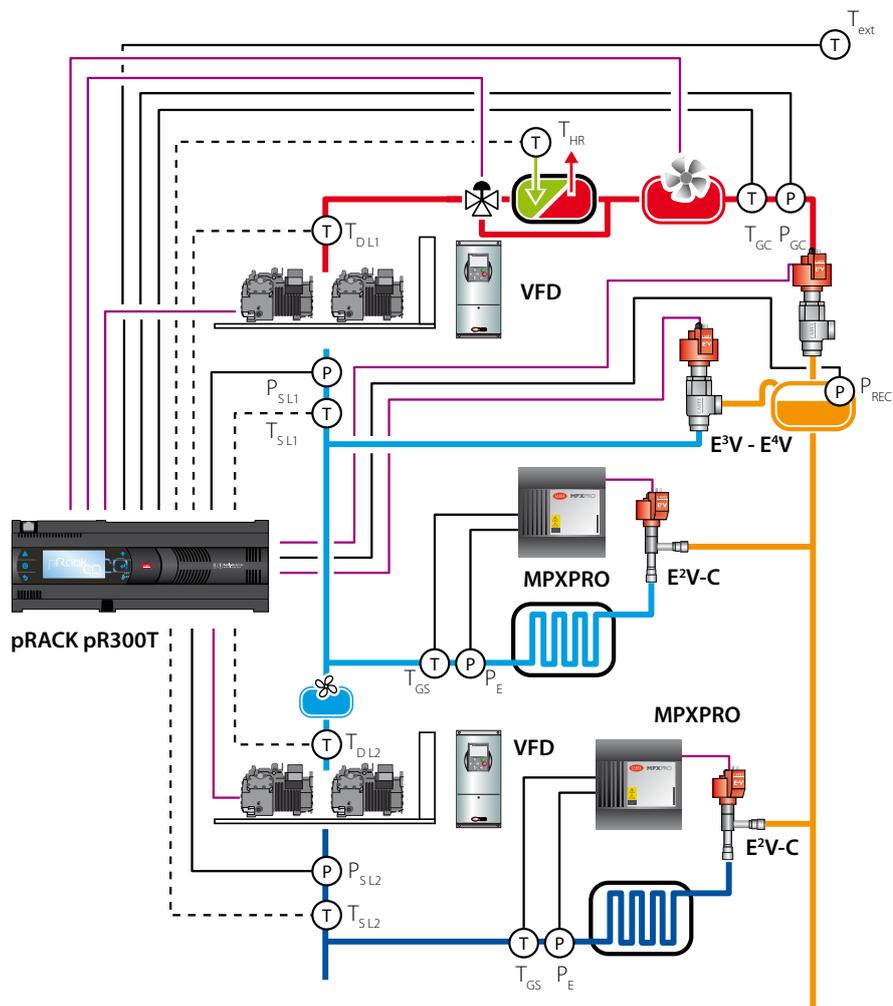


### E3V-C: vanne de haute pression

La longue expérience de CAREL dans les vannes de laminage à haut rendement, notamment les modèles adaptées aux réfrigérants naturels, a donné naissance à une famille de vannes spécialement conçues pour des applications transcritiques au dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), adaptées aux systèmes de réfrigération dans des installations commerciales et industrielles destinées en particulier au secteur alimentaire. Toute la série EXV-C est synonyme de liberté maximale d'installation. Une liberté garantie par un encombrement réellement réduit (jusqu'à 30% de moins que les produits alternatifs), fruit d'une conception brevetée (patent pending) et du stator amovible qui permet une manoeuvrabilité manuelle complète de la vanne, même sans alimentation grâce à l'accessoire EEVMAG en option. Les dimensions réduites d'E3V-C impliquent un poids sensiblement inférieur aux autres produits en vente actuellement, et facilitent l'installation tout en réduisant les problèmes causés par les vibrations de l'installation. La construction démontable et le filtre lavable en acier inoxydable simplifient encore l'installation et l'entretien d'E3V-C.



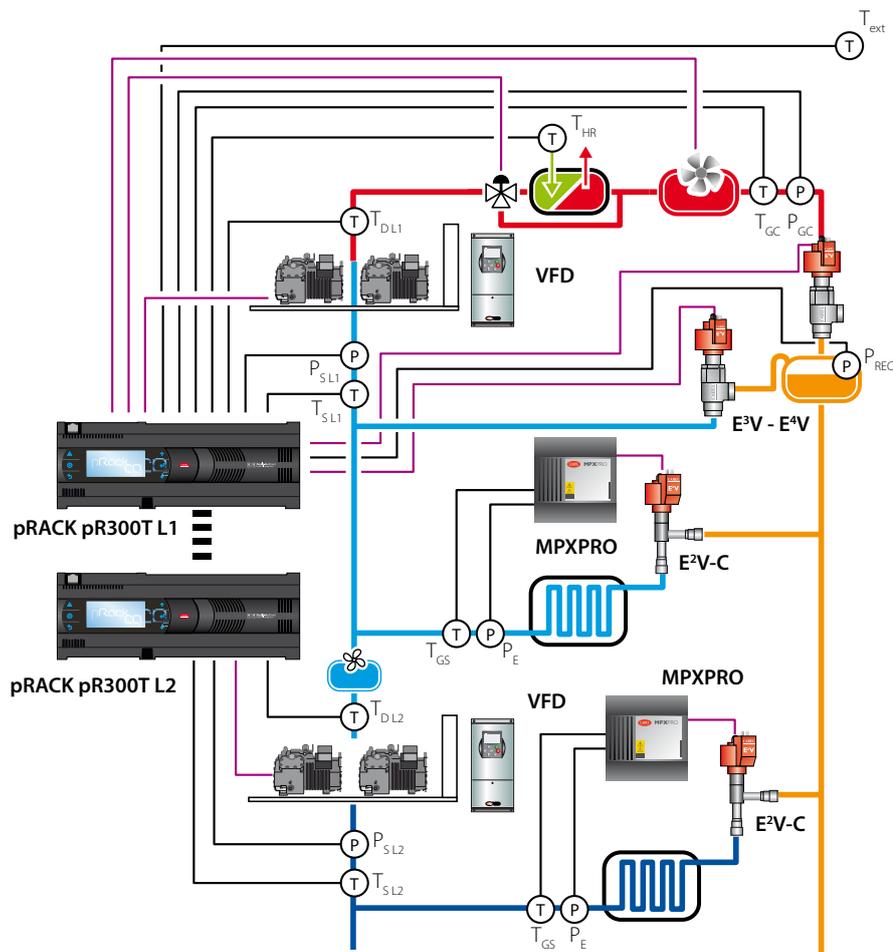
Schéma de régulation avec pRack une seule carte et pilote intégré



Connexions pRack pR300T

sigle	description	Type de sonde
T <sub>ext</sub>	Température extérieure	NTC - HP
P <sub>GC</sub>	Pression refroidisseur de gaz	4-20 mA 0-150 barg
T <sub>GC</sub>	Température sortie refroidisseur de gaz	NTC - HF
T <sub>HR</sub>	Température récupération de chaleur	NTC - HF (Pour régulation système de récupération de chaleur (opzionale))
P <sub>REC</sub>	Pression récepteur	4-20 mA 0-60 barg
P <sub>SL1</sub>	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>SL1</sub>	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration (en option))
T <sub>DL2</sub>	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation température d'échappement (en option))
P <sub>SL2</sub>	Pression d'aspiration ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>SL2</sub>	Température d'aspiration ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration (en option))

Schéma de régulation avec pRack deux cartes et un pilote twin intégré



Connexions pRack pR300T L1

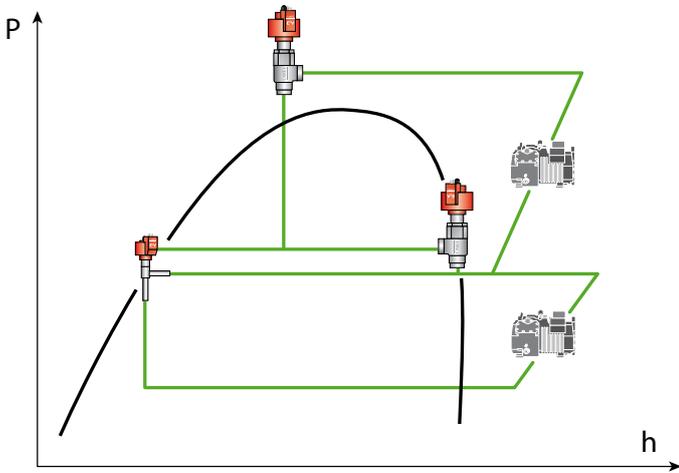
sigle	description	Type de sonde
T <sub>ext</sub>	Température extérieure	NTC - HP
P <sub>GC</sub>	Pression refroidisseur de gaz	4-20 mA 0-150 barg
T <sub>GC</sub>	Température sortie refroidisseur de gaz	NTC - HF
T <sub>HR</sub>	Température récupération de chaleur	NTC - HF (Pour régulation système de récupération de chaleur)
P <sub>REC</sub>	Pression récepteur	4-20 mA 0-60 barg
P <sub>SL1</sub>	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>SL1</sub>	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration)

Connexions pRack pR300T L2

sigle	description	Type de sonde
T <sub>DL2</sub>	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation température d'échappement)
P <sub>SL2</sub>	Pression d'aspiration ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>SL2</sub>	Température d'aspiration ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration)

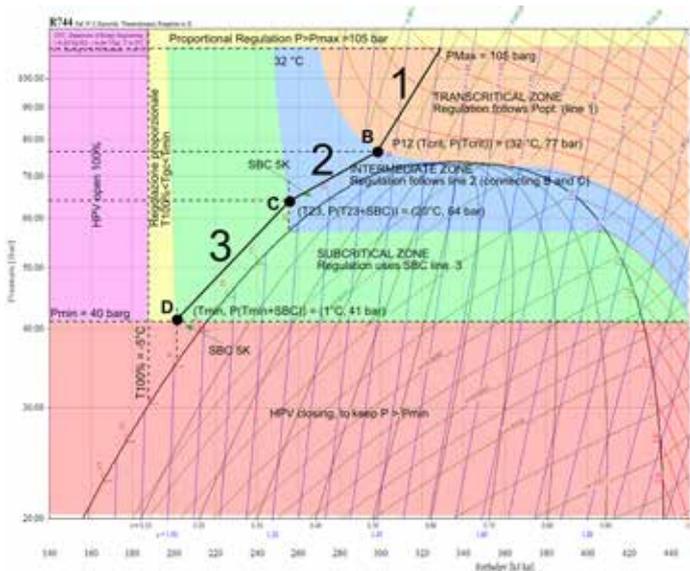
## Particularités de l'appareil

### Régulation des vannes de haute pression



L'algorithme de régulation de la vanne HPV à l'intérieur de pRACK pR300T est géré en fonction de la lecture de la température de sortie du refroidisseur de gaz TGC et de la pression du refroidisseur de gaz PGC. Selon les conditions de fonctionnement, le système peut fonctionner en :

- régime transcritique (ligne 1) où l'instrument régule la vanne HPV pour maintenir le point de service optimal qui optimise le COP de l'unité;
- régime subcritique (ligne 3) où l'instrument tente de maintenir un niveau donné de sous-refroidissement;
- régime de transition (ligne 2) où l'instrument tente de maintenir le plus doux possible le passage du transcritique au subcritique, étant donné que la nature du réfrigérant dans cette zone n'est ni à l'état liquide ni à l'état gazeux.



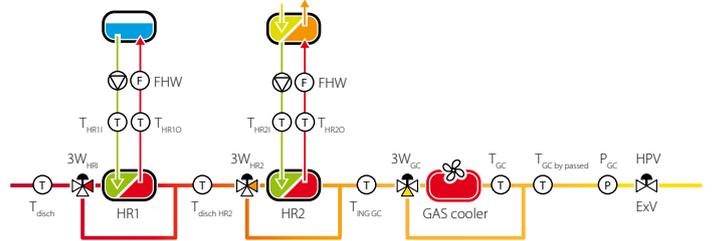
La gestion de la vanne flash gaz (RPRV) maintient la pression constante à l'intérieur du récepteur autour d'une valeur paramétrée ; en conditions extrêmes, cela peut modifier les conditions de fonctionnement de la vanne HPV de façon à maintenir le bon fonctionnement de tout le système.

Le système de récupération de l'huile gère les niveaux d'huile du séparateur, commande l'électrovanne à injection du récepteur en réglant également sa différence de pression avec l'aspiration de l'unité

et gère l'injection d'huile dans les différents compresseurs avec les alarmes correspondantes en cas d'injection insuffisante. Très importante pour le fonctionnement de l'appareil, cette fonction peut être également utilisée avec des systèmes électromécaniques de récupération d'huile, répandus sur le marché, en tant que surveillance et historique de l'appareil, pour en vérifier le bon fonctionnement.

### Récupération de chaleur

Le système de récupération de chaleur, capital pour le rendement global de l'installation, est géré de manière à maximiser la quantité de chaleur récupérable en modifiant les conditions de travail du refroidisseur de gaz et de la vanne de haute pression. Le circuit tire bien parti de l'excès de chaleur provenant du refoulement des compresseurs de moyenne température au moment où le système se trouve en transcritique ; la dégradation du COP est acceptable parce qu'elle sera malgré tout inférieure à ce que l'on obtiendrait avec une machine supplémentaire pour la production de chaleur.



La gestion de la récupération de chaleur permet de contrôler entièrement les deux échangeurs et leurs pompes de circulation (en cas d'échangeur CO<sub>2</sub>-eau). L'activation et la régulation de chaque récupération respectera le pourcentage de demande de chaleur calculé à partir d'un des critères suivants :

- entrée numérique;
- sonde de température;
- signal analogique externe.

Dans les deux derniers cas, l'on peut utiliser une entrée numérique en guise d'autorisation.

Lorsqu'elle est active, la récupération de chaleur peut agir sur le point de consigne de la vanne HPV en augmentant le point de consigne minimum de sa valeur par défaut (40,0 barg) à un nouveau point de consigne minimum (ex. 75,0 barg). Ce faisant, le système est incité à travailler en conditions transcritiques, même quand les conditions de travail sont subcritiques et que le calcul du point de consigne de l'HPV se base sur le sous-refroidissement. La hausse du point de consigne peut augmenter proportionnellement à l'augmentation de la récupération de chaleur, jusqu'à un maximum réglable (correspondant à 100% de la demande de récupération de chaleur). La récupération de chaleur peut également agir sur le point de consigne du Refroidisseur de gaz et augmenter graduellement le point de consigne en température (ou pression) des ventilateurs du refroidisseur de gaz, simultanément à la hausse du point de consigne minimum de la vanne de haute pression ou par la suite. En guise de dernière action, toujours liée au pourcentage de demande de la récupération de chaleur et aux conditions de travail, il est possible de contourner le refroidisseur de gaz.



expansion pour applications de distribution au détail

### DSS: Double system synchronization

Système de communication entre l'unité de moyenne température et l'unité de basse température.

Le circuit de basse température, en effet, ne peut pas fonctionner correctement si le circuit de moyenne température n'est pas en marche, la communication entre les deux unités par conséquent est indispensable pour synchroniser le fonctionnement des deux unités et modifier les dynamiques de fonctionnement en cas de besoin.

Notamment, il est possible de:

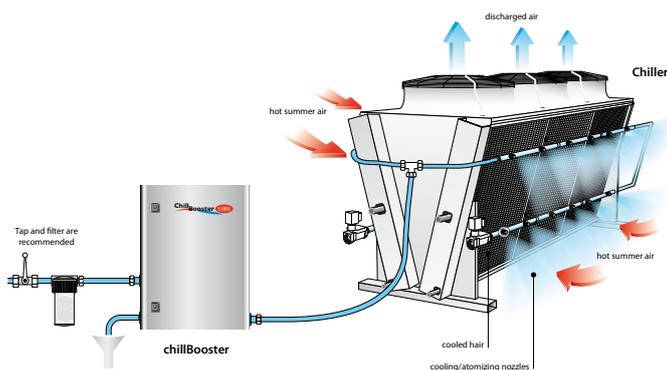
- forcer le fonctionnement de l'unité de moyenne température dans le cas où la centrale de basse température est en service, que ce soit lors du démarrage, ou lors du fonctionnement normal;
- forcer l'arrêt de l'unité de basse température dans le cas où l'unité de moyenne température ne soit pas en capacité de fonctionner correctement;
- éviter les démarrages simultanés des compresseurs des différentes unités afin de réduire les pics d'absorption d'énergie;
- activer le pumpdown de la centrale de moyenne température au moment du fonctionnement d'1 compresseur au moins de la centrale de basse température.

## Solutions pour climats tempérés

### Chillbooster - système de refroidissement adiabatique pour refroidisseur de gaz CO<sub>2</sub>

Particulièrement indiqué pour les appareils qui se trouvent dans des régions à climat tempéré, où la température extérieure est supérieure à 30°C seulement quelques jours par an ; c'est un simple système de refroidissement adiabatique qui permet de diminuer la température extérieure perçue du refroidisseur de gaz de 5 à 15 °C.

Idéal par conséquent pour améliorer l'efficacité d'un système transcritique à chaudes températures, il s'intègre parfaitement à pRack pR300T de façon à pouvoir être activé uniquement en conditions critiques ou comme système de sécurité.



### Compression parallèle

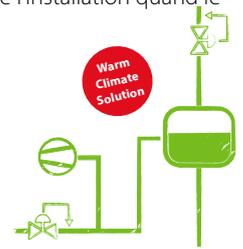
L'utilisation d'une autre ligne d'aspiration qualifiée d'intermédiaire ou de parallèle permet d'améliorer le rendement énergétique du système et rend ce type d'installation particulièrement adaptée à des climats plus doux.

Le principe de la compression parallèle se base sur la possibilité d'exploiter un COP plus avantageux à partir du moment où la quantité de Flash Gaz contraint la vanne de Flash (RPRV) à rester ouverte pendant un délai préétabli et au-delà d'un certain pourcentage. Un meilleur rendement est le fruit d'un moindre rapport de pression entre l'aspiration et le refoulement qui s'obtient en utilisant les compresseurs de la ligne intermédiaire plutôt que les compresseurs de la ligne de moyenne température.

Par une branche de by-pass, le réfrigérant n'est plus dilaté pour être refoulé en aspiration vers les compresseurs de moyenne température,

mais sera directement refoulé en aspiration vers les compresseurs de la ligne parallèle.

La gestion synchronisée de la vanne de by-pass et du compresseur parallèle permet d'accroître le rendement de l'installation quand le système travaille en régime transcritique, en réduisant nettement la quantité de gaz dévié en aspiration et en garantissant un contrôle parfait de la pression du récepteur.



### Éjecteurs, centrales au CO<sub>2</sub> de quatrième génération

En alternative ou parallèlement à la compression auxiliaire, on étudie de nouvelles solutions pour l'augmentation du rendement énergétique des centrales au dioxyde de carbone au moyen de dispositifs mécaniques statiques appelés éjecteurs.

Les éjecteurs se basent sur l'effet Venturi et permettent d'utiliser un débit primaire accéléré - en général à la sortie du refroidisseur de gaz à haute pression - au moyen d'un étranglement pour aspirer, brasser et acheminer un débit secondaire à une pression inférieure - aspiration ou récepteur du liquide.

L'emploi des éjecteurs permet à la fois de réduire le rapport de compression et le débit traité par les compresseurs, et de garantir une économie d'énergie

## CO<sub>2</sub> transcritique, motocondensant

*Le CO<sub>2</sub> dans les systèmes transcritiques motocondensants dégage de la chaleur à des températures supérieures à la température critique. On parle de système mono étagé où le CO<sub>2</sub> refroidit par le refroidisseur de gaz se dilate d'abord à travers la vanne de haute pression, puis, à l'état liquide, à travers la vanne électronique en phase de laminage (avant l'évaporation du CO<sub>2</sub> dans chaque comptoir).*

Pour des applications de petites dimensions, CAREL est en capacité de proposer une solution complète et intégrée prévoyant l'utilisation de vannes stepper E2V\*CS adaptées à ce type d'unité, grâce à leur facilité de montage par rapport aux plus grandes qui sont présentes sur le marché.

Les vannes CO<sub>2</sub> CAREL E2V\*CS avec une pression maximale d'utilisation de 140 barg et 90 bars différentielle peuvent être utilisées dans ce type d'application jusqu'à une capacité maximale de 18 kW.

La solution compacte prévoit donc un seul régulateur équipé d'un pilote intégré et d'ultracap pour la gestion directe des vannes E2V\*CS utilisées comme HPV et RPRV. L'évolutivité de la plateforme pRack prévoit donc l'utilisation de la même interface pour des applications de ce type avec une attention particulière accordée aux coûts d'installation et à la facilité d'utilisation.



### Avantages et désavantages



- dispositif prévoyant l'utilisation complète de réfrigérants naturels (CO<sub>2</sub>);
- différents études montrent une plus grande efficacité par rapport à tout autre type de dispositif (r404a traditionnel ou CO<sub>2</sub> subcritique) avec température ambiante moyenne inférieure à 15 °C;
- technologies normalisées, réduction des coûts.



- pressions élevées en jeu (jusqu'à 120 barg);
- dispositifs normalement plus complexes que les dispositifs traditionnels;
- bon rendement en milieu à climat chaud (>15 °C) avec utilisation de technologies complémentaires comme la compression parallèle, le chillBooster et la récupération de chaleur.



## Solution CAREL

### Liste des contrôles:

- pRack pR100T pour centrale;
- E2V-C pour vannes de haute pression;
- MPXPRO + E2V pour compteurs;
- EVDEVo + Ultracap pour la sécurité des vannes.

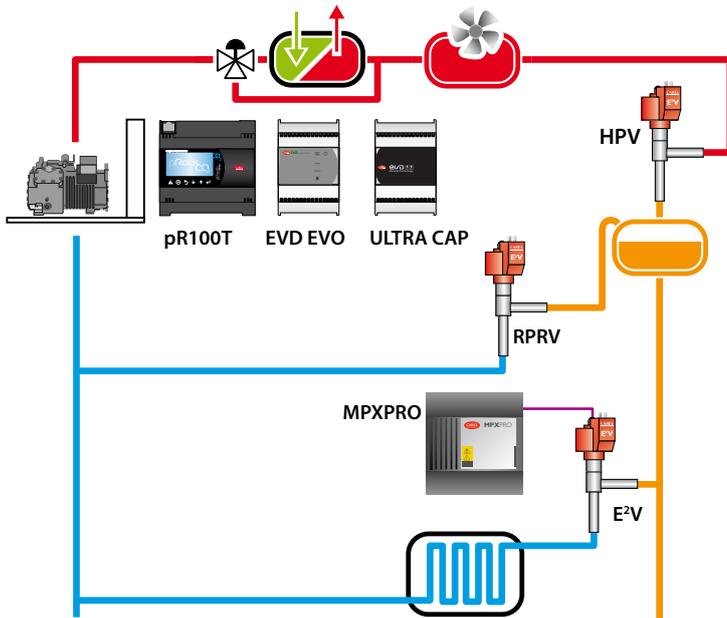
### pRack pR100T: contrôle pour la gestion de machines motocondensantes au CO<sub>2</sub>

pRack pR100T est un contrôle compact aux grandes potentialités. Il permet la gestion complète d'un petit système au CO<sub>2</sub> grâce à une interface utilisateur simple et intuitive, et se pose en contrôle idéal pour les motocondensants et les commerces de proximité.

L'expérience de CAREL dans le domaine du CO<sub>2</sub> et le nombre croissant de supermarchés Verts équipés de pR300T ont donné naissance à un grand contrôleur caractérisé par une haute fiabilité et un rendement énergétique important, même pour de petites unités.



### Schéma de régulation avec pRack une seule carte et pilote twin intégré



### Connexions pRack pR100T

sigle	description	Type de sonde
T <sub>ext</sub>	Température extérieure	NTC - HP
P <sub>GC</sub>	Pression refroidisseur de gaz	4-20 mA 0-150 barg
T <sub>GC</sub>	Température sortie refroidisseur de gaz	NTC - HF
T <sub>HR</sub>	Température récupérateur de chaleur	NTC - HF (Pour régulation système de récupération de chaleur (en option))
P <sub>REC</sub>	Pression récepteur	4-20 mA 0-60 barg
P <sub>S11</sub>	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>S11</sub>	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration (en option))
T <sub>D12</sub>	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation température d'échappement (en option))
P <sub>S12</sub>	Pression d'aspiration ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>S12</sub>	Température d'aspiration ligne 2 (basse température)	NTC - HF (Pour régulation surchauffe aspiration (en option))

## Composants communs

*Outre les instruments déjà décrits, CAREL Retail Système offre une série de produits complémentaires essentiels pour la gestion d'un dispositif.*

### PVPRO: système de supervision

Point d'accès unique à l'ensemble du dispositif, il fait figure d'instrument de réglage fin de l'équipement, de suivi continu et d'historique de données, véritable outil de communication vers l'extérieur et de gestion des alarmes. Accessible aussi bien à distance que dans la pièce, il prévoit différentes fonctions qui optimisent le fonctionnement du dispositif et qui en augmentent la sécurité:

- Floating suction pressure: pour optimiser le point de consigne d'aspiration de l'unité de réfrigération en fonction de la requête réelle de la machine;
- Dew point broadcast: pour moduler les résistances anti-buée des vitrines grâce à la lecture du point de rosée dans le point de vente;
- Parameters Control: pour surveiller, même hors connexion, les paramètres vitaux de fonctionnement du système en prévenant les modifications accidentelles;
- Energy: pour surveiller la consommation d'énergie du dispositif, créer des rapports qui affichent clairement les performances de la machine;
- KPI (Key performances indicator): pour avoir un résumé rapide et efficace de l'état de fonctionnement des différentes fonctions et définir clairement les interventions nécessaires;
- Recovery procedure: en collaboration avec l'unité de réfrigération, pour interagir directement avec tous les régulateurs en cas de dysfonctionnement de l'unité et programmer correctement le rallumage pour faciliter la réactivation du système.



### DPWL: capteur de fuite de gaz

Disponibles pour tous les types de réfrigérant, le capteur de gaz pour CO<sub>2</sub> est particulièrement important pour les installations aussi bien dans des salles de machines que dans des salles d'exposition. Dotés d'une interface directe aux régulateurs électroniques par des signaux analogiques ou directement au système de supervision via Modbus RTU, ils permettent de surveiller constamment le niveau de CO<sub>2</sub> présent dans la pièce et d'identifier rapidement les éventuelles fuites de gaz, qui représentent un danger pour les personnes.

Le CO<sub>2</sub> est en effet un gaz asphyxiant plus lourd que l'air; en cas de fuite il a tendance à s'accumuler au sol, l'installation des capteur est par conséquent conseillée à une hauteur de 30-40 cm du sol et proche des machines utilisatrices.



### VFD: onduleur

Disponibles pour des compresseurs et pour des ventilateurs, la gamme d'onduleurs CAREL VFD couvre toutes les applications même en CO<sub>2</sub> et associée à la gamme Rack, elle permet une régulation de la pression d'évaporation.



### Sondes et transducteurs

Vaste gamme de sondes de température et de transducteurs de pression de différent type, couvrant entièrement toutes les applications avec réfrigérants naturels:

- sondes de pression 4-20 mA : conseillées pour des unités de réfrigération;
- sondes de pression ratiométriques : conseillées pour les vitrines et les cellules;
- sonde de température NTC et pT1000
- sondes de température NTC et pT1000 à bande: conseillées pour installations sur des tuyaux.



### pLoads: régulateur de charges

Dispositif capable de gérer la régulation des charges en fonction de la consommation d'énergie de l'appareil, permet d'activer et/ou de désactiver les différentes charges uniquement lorsque cela est possible. Intégré dans le pRack pR300 il permet de réduire la capacité de refroidissement de l'unité en cas de besoin.



### pChrono: programmeur

Dispositif capable de programmer l'activation de l'éclairage, de pompes et de tout autre dispositif à l'intérieur de la machine pour optimiser l'économie d'énergie non seulement de la partie refroidissement mais aussi de la climatisation et de la gestion du bâtiment.



### EXV lab

CAREL exv lab est l'instrument servant de guide lors du choix et de l'utilisation des vannes CAREL.

Il s'agit d'un environnement Web où le concepteur expert ainsi que l'utilisateur néophyte peuvent trouver des instruments de sélection et de contrôle de la vanne pour toutes les applications et les régimes de fonctionnement où il est possible d'utiliser une EXV.

<https://exvselectiontool.carel.com/ExVlab/>



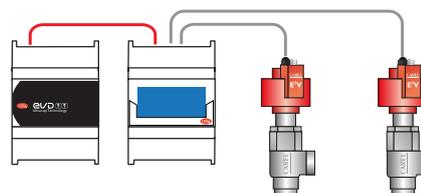
### ULTRACAP pour EVDEVO

Ultracap est le nouveau dispositif d'alimentation de secours pour les vannes électroniques. Il est le complément naturel d'EVDEvo, en individuel ou en Twin, et garantit la fermeture complète des vannes même en cas de coupure soudaine de courant.

Grâce à la technologie ELDC (Electric Double Layer Capacitors), Ultracap peut fournir de l'énergie de secours immédiate, fiable et propre, ce qui représente un grand pas en avant par rapport aux systèmes traditionnels à batteries, même du point de vue de l'élimination des matériaux d'entretien.

Ultracap signifie énergie immédiate : 4 minutes seulement après le rétablissement du courant, il est à nouveau chargé et actif (en pratique, le temps de redémarrage du compresseur...).

L'extrême fiabilité d'Ultracap alliée aux qualités exceptionnelles d'herméticité des vannes CAREL élimine le besoin de vannes solénoïdes même dans les applications les plus critiques.



### MPXPRO & E2V - régulation pour vitrines réfrigérées et détendeurs électroniques stepper

Etant donné la vitesse du CO<sub>2</sub> comme réfrigérant, la régulation des évaporateurs devient essentielle pour un bon fonctionnement de l'appareil. C'est pourquoi l'utilisation de détendeurs électroniques stepper CAREL E2V est importante afin d'assurer une bonne stabilité à la machine. Bénéficiant de la technologie ultracap, le système MPXPRO + E2V est capable de garantir une parfaite fermeture au dispositif sans recourir à l'utilisation de solénoïdes supplémentaires.



### Famille E3V-C

Les vannes de la famille EXV-C sont synonyme de très grande liberté d'utilisation, puisqu'elles peuvent gérer jusqu'à 140 barg de pression maximale de travail (MOP) et sont en mesure de garantir la fermeture hermétique même par pressions différentielles très élevées.

D'un encombrement réellement minime, fruit d'une conception brevetée, les EXV-C peuvent se monter dans n'importe quelle installation existante (retrofit).

La précision mécanique, la fiabilité garantie par des essais en conditions extrêmes et une polyvalence d'application sont la synthèse des très hautes performances qu'EXV-C est prête à fournir à chaque circuit au CO<sub>2</sub>.



### Famille E2V

La vanne électronique E2V est destinée à servir de dispositif d'expansion du fluide réfrigérant dans les circuits frigorifiques, en utilisant comme signal de régulation, la surchauffe calculée par une sonde de pression et une sonde de température placées à la sortie de l'évaporateur.

#### E2V-BSF/M

Les vannes E2V-BS sont à souder et ne sont pas munies de filtre mécanique avant l'entrée du réfrigérant. Le filtre (option) en treillis métallique se pose donc exclusivement sur le raccord latéral d'entrée en le plaçant en butée et en le bloquant avec le tuyau du circuit avant de souder la vanne.

Agrément CE: 60 bars (870psi). Agrément UL: 45 bars (652 psi).



#### E2V-BZ

Les E2V-BZ sont munies de raccords mixtes et prévoient donc les deux opérations (souder et raccorder).

Le filtre mécanique est fourni de série. Dans ce cas aussi, le filtre s'utilise en mode mono-directionnel.

Agrément CE: 60 bars (870psi). Agrément UL: 45 bars (652 psi).



#### E2V-CS

Outre la fonction traditionnelle de dilatation du fluide réfrigérant, cette vanne peut s'employer comme régulateur de pression dans des circuits transcritiques avec du réfrigérant CO<sub>2</sub> (R744) et en utilisant la surchauffe comme signal de régulation.

Les vannes E2V-C sont à souder et exigent toujours l'installation d'un filtre mécanique avant l'entrée du réfrigérant.

Le filtre est en option ou directement disponible dans la série E2V-CS100.

Les caractéristiques principales de ces vannes sont:

- une pression maximale de travail (MOP) de 140 bars (2030 psi);
- Un DP maximum de travail (MOPD) de 120 bars (1740 psi) - pour E2V24C\*\*\*\* 85 bars (1233psi).



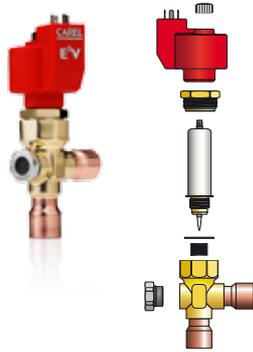
### E2V-S

Les vannes E2V-S doivent être soudées au circuit par brasage des raccords en cuivre aux tubes de sortie du condensateur (IN) et d'entrée de l'évaporateur (OUT).

L'E2V SMART est constitué de composants modulaires à assembler pendant l'installation ; la polyvalence est garantie par la cartouche amovible.

Cette solution facilite l'entretien et l'inspection des pièces.

Agrément CE: 60 bars (870psi), Agrément UL: 45 bars (652 psi).



*actionneur manuel pour vannes EXV*



## 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  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Australia  
[www.carel.com.au](http://www.carel.com.au)

CAREL China  
[www.carel-china.com](http://www.carel-china.com)

CAREL Deutschland  
[www.carel.de](http://www.carel.de)

CAREL France  
[www.carelfrence.fr](http://www.carelfrence.fr)

CAREL HVAC/R Korea  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Iberica  
[www.carel.es](http://www.carel.es)

CAREL India  
CAREL ACR Systems India (Pvt) Ltd.  
[www.carel.in](http://www.carel.in)

CAREL Middle East DWC LLC  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Nordic AB  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Russia  
[www.carelrussia.com](http://www.carelrussia.com)

CAREL South Africa  
CAREL Controls S.A. (Pty)  
[www.carelcontrols.co.za](http://www.carelcontrols.co.za)

CAREL Sud America  
[www.carel.com.br](http://www.carel.com.br)

CAREL U.K.  
[www.careluk.co.uk](http://www.careluk.co.uk)

CAREL U.S.A.  
[www.carelusa.com](http://www.carelusa.com)

## Affiliates

CAREL Czech & Slovakia  
CAREL spol. s.r.o.  
[www.carel-cz.cz](http://www.carel-cz.cz)

CAREL Ireland  
FarrahVale Controls & Electronics Ltd.  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Japan Co., Ltd.  
[www.carel-japan.com](http://www.carel-japan.com)

CAREL Korea (for retail market)  
[www.carel.co.kr](http://www.carel.co.kr)

CAREL Mexicana S de RL de CV  
[www.carel.mx](http://www.carel.mx)

CAREL Thailand  
[www.carel.co.th](http://www.carel.co.th)

CAREL Turkey  
CFM Sogutma ve Otomasyon San. Tic. Ltd.  
[www.carel.com.tr](http://www.carel.com.tr)