



(FRE) Solutions CO₂ pour commerce de détail

Index

1. POURQUOI UTILISER LE CO₂ COMME RÉFRIGÉRANT ?	5
1.1 Caractéristiques thermodynamiques.....	5
1.2 Cycle subcritique	5
1.3 Cycle transcritique.....	5
2. CO₂ SUBCRITIQUE EN CASCADE	7
2.1 Solution CAREL.....	7
2.2 Particularités du dispositif.....	10
3. CO₂ TRANSCRITIQUE BOOSTER	12
3.1 Solution CAREL.....	13
3.2 Particularités du dispositif.....	15
3.3 Groupe de condensation CO ₂ transcritique.....	16
4. CO₂ SUBCRITIQUE POMPÉ	18
4.1 Solution CAREL.....	18
5. COMPOSANTS COMMUNS	20



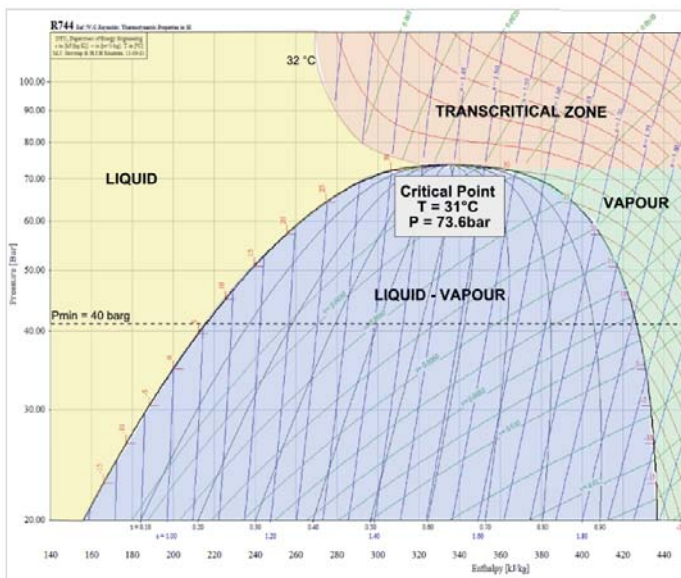
1. POURQUOI UTILISER LE CO₂ COMME REFRIGERANT ?

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 CO₂ 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.

1.1 Caractéristiques thermodynamiques

En plus des avantages d'ordre économique, politique et écologique, le CO₂ 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.

Fluid	Critical Temp. (°C)	Critical Press. (bar)	Saturation Press. (bar)		Volumetric latent heat at -20 °C (kJ/m ³)
			-20 °C	+30 °C	
CO2	31.06	73.84	19.7	72.1	14592
R22	96.15	49.9	2.4	11.9	2371
R134a	101.06	40.59	1.3	7.7	1444
R410A	71.36	49.03	4	18.9	3756
R404A	72.1	36.2	3.1	14.3	2820
NH3	132.25	113.33	1.9	11.7	2131

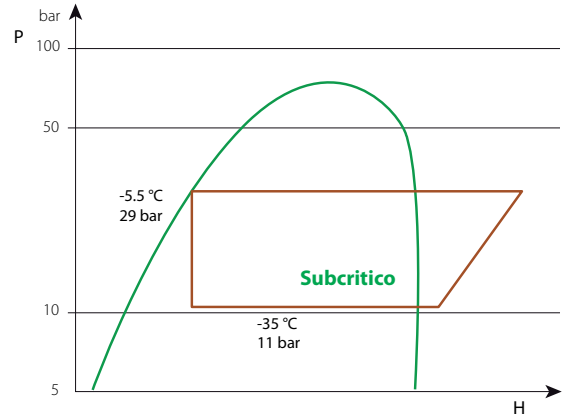
Précisons également que la pression de service est très élevée, ce qui constitue le plus gros défi pour les composants de la machine, des compresseurs aux vannes et aux tuyaux. Il faut préciser toutefois que les pressions élevées permettent également d'avoir un diamètre inférieur pour les tuyaux, une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

L'une des caractéristiques du CO₂ 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.

1.2 Cycle subcritique

L'application la plus simple pour le dioxyde de carbone dans sa fonction de réfrigérant est l'application subcritique : on utilise le CO₂ dans un cycle secondaire de basse température, que ce soit en compression de vapeur (cycle en cascade) ou en circuit de CO₂ liquide avec une pompe de circulation.

Processus de réfrigération subcritique

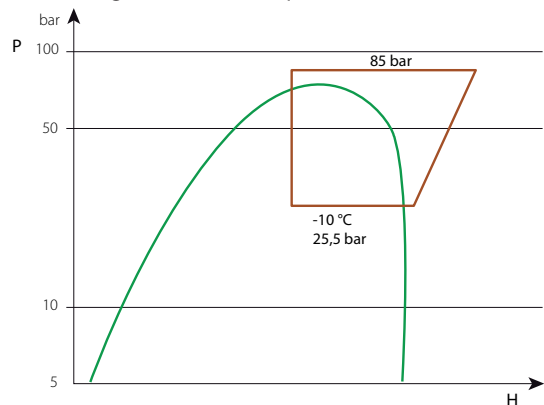


Le cycle principal est confié à un réfrigérant traditionnel et a pour mission de maintenir la température de condensation du cycle CO₂ en dessous du point critique, situé généralement entre -5 et -10 °C.

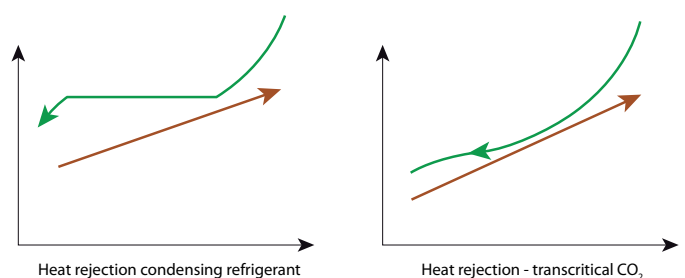
1.3 Cycle transcritique

Le cycle CO₂ 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



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.



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.

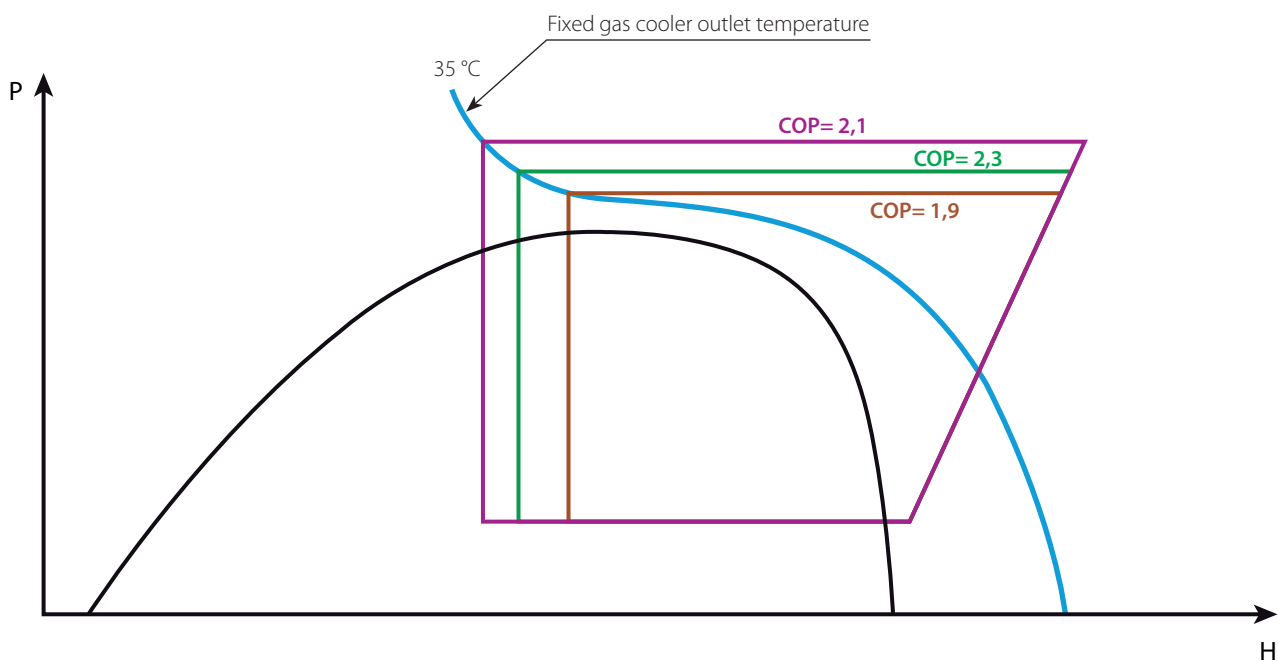
C'est pour cette raison que même la construction de l'échangeur de chaleur haute pression est différente et que l'on parle de refroidisseur de gaz plutôt que de condensateur.

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 (Δh_{EVAP}) supérieure à l'augmentation de service du compresseur (Δh_{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).

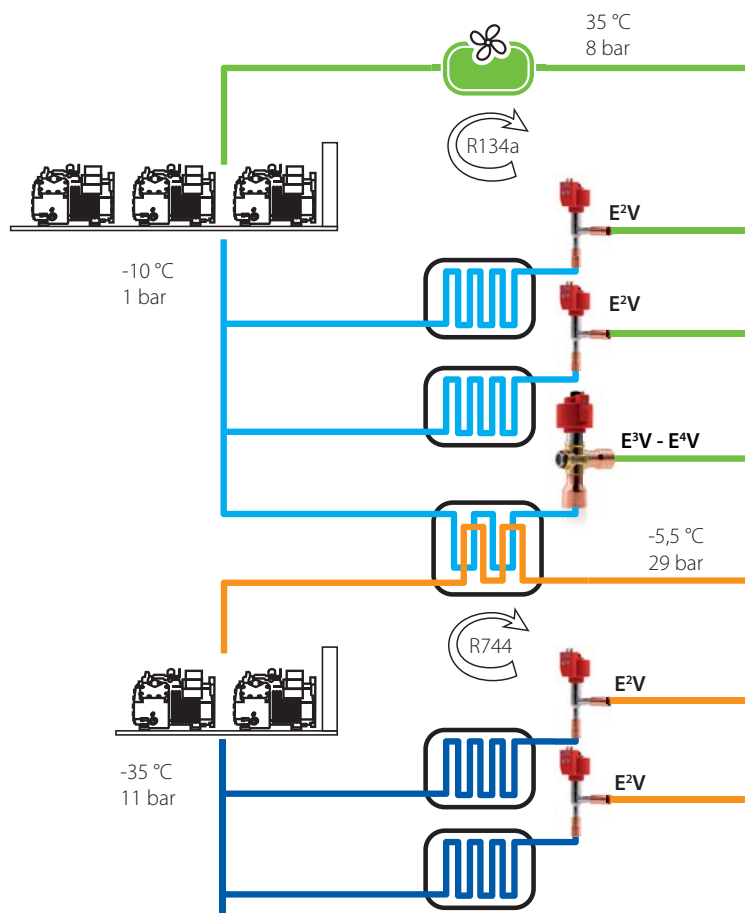
On peut donc définir, pour chaque température de sortie du refroidisseur de gaz, une pression optimale qui augmente l'efficacité du cycle lui-même.



2. CO₂ SUBCRITIQUE EN CASCADE

Spécialement indiqués dans les applications de réfrigérant naturel dans des régions dont la température ambiante est moyenne à élevée, les systèmes à CO₂ subcritique en cascade sont normalement utilisés en présence de climats chauds ou bien comme première étape dans l'utilisation de CO₂ comme réfrigérant. Les systèmes en cascade sont composés de deux circuits, l'un de moyenne température (idéalement r134a, r404a ou NH₃) 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 CO₂ et de l'autre se présentent comme des appareils d'évaporation classique pour le circuit de moyenne température.

Exemple d'appareil CO₂ subcritique en cascade



AVANTAGES

- 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

INCONVÉNIENTS

- Si pas de NH₃, l'appareil n'est pas complètement écologique
- Si NH₃, la centrale ne peut pas être utilisée dans tous les pays pour répondre aux exigences de moyenne température

2.1 Solution CAREL

pRack pR300 : régulation pour gestion des unités de réfrigération

pRack pR300 permet de gérer aussi bien l'unité de basse température que l'unité de haute température 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.

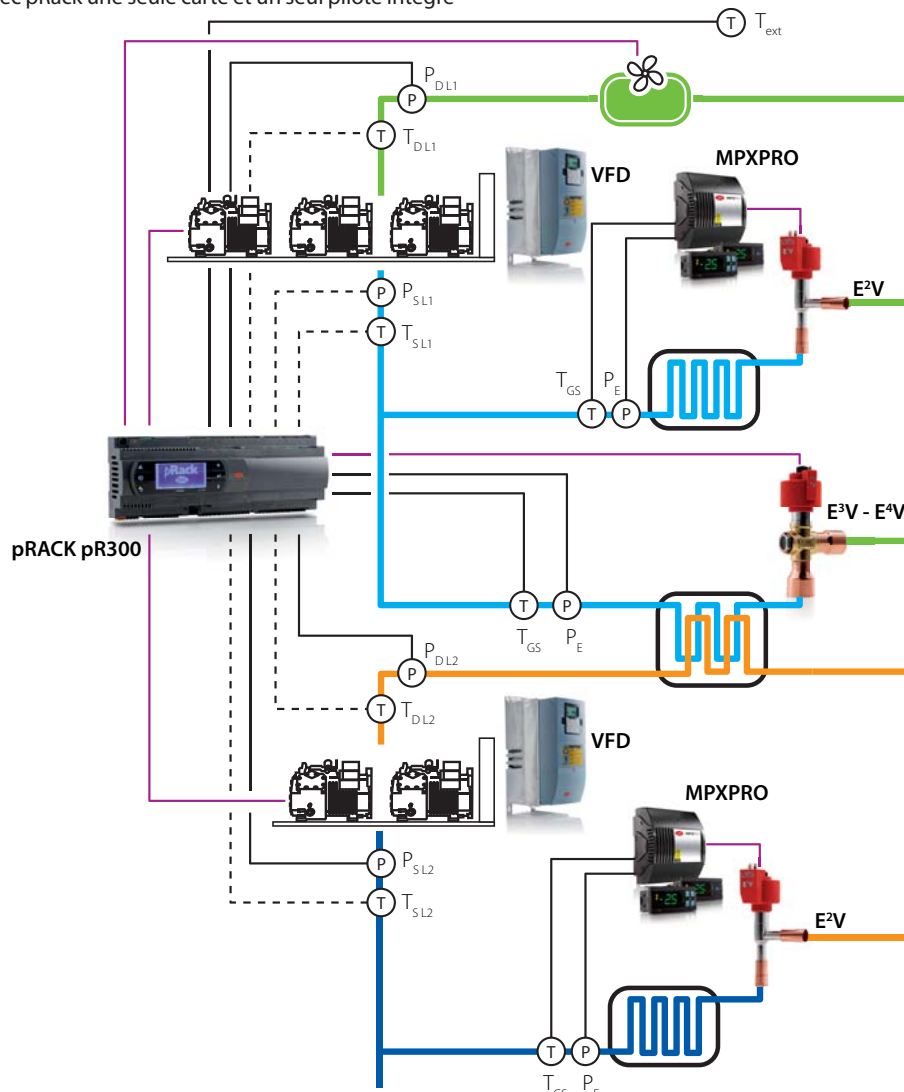


pRACK pR300



Les échangeurs à plaques normalement utilisés pour condenser le CO₂ 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 E2V spécialement intégrés dans le système (communication fieldbus RS485).

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



Connexions pRACK

sigle	description	Type de sonde	Observations
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 (en option)
P _{SL1}	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-7 barg	Pourrait être utilisée en secours à la PE
T _{SL1}	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF	pour régulation surchauffe aspiration (en option)
P _E	Pression d'évaporation échangeur de chaleur	Raziometrica -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 (en option)
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 (en option)

MPXPRO & E2V: régulation pour vitrines réfrigérées et détendeurs électroniques stepper.

Etant donné la vitesse du CO₂ 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.



E³V : Détendeurs électroniques

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 CO₂. 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 E³V (les détendeurs électroniques PWM ne garantissent pas dans ce domaine des performances optimales).

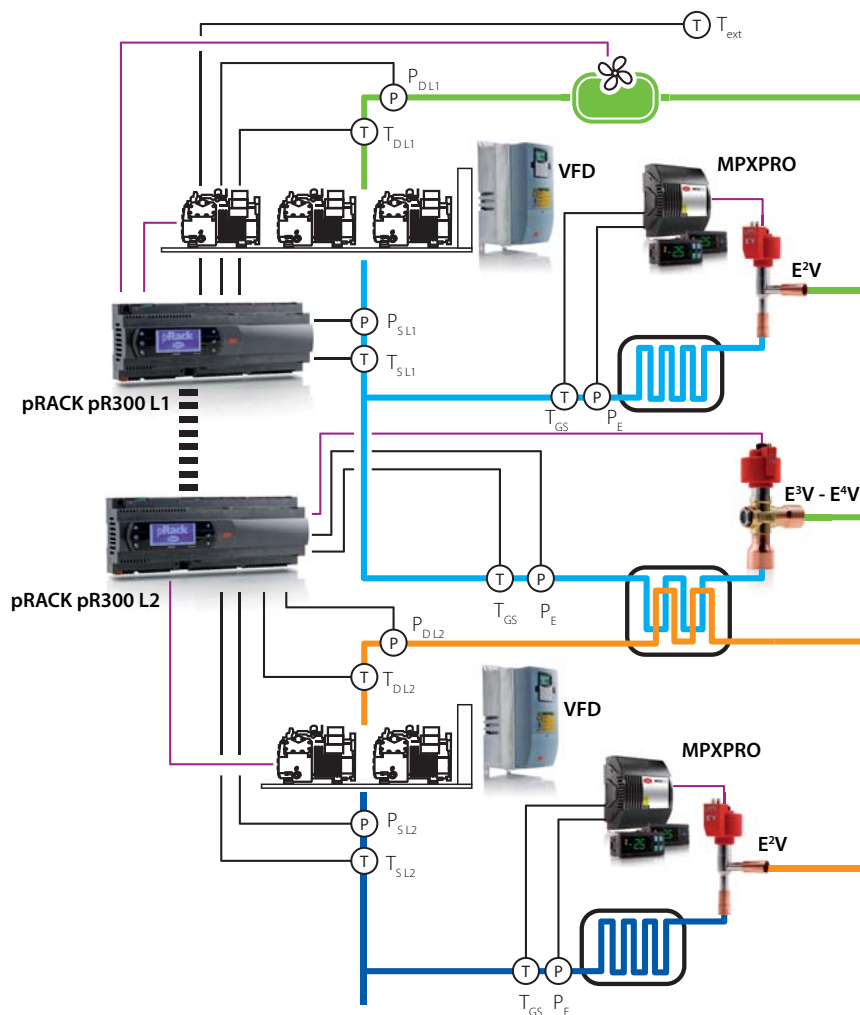
Dans ces applications, outre la traditionnelle régulation en fonction de la surchauffe en aspiration, il faut ajouter l'intégration avec l'unité de basse température, directe si le pilote est intégré dans le régulateur de l'unité basse ou par communication série si le pilote EVD EVO est externe.

Etant donné la nature du réfrigérant, il faut contrôler le CO₂ liquide condensé pour garantir de bonnes performances.



Détendeurs électroniques E³V

Schéma de régulation de pRack double carte et simple pilote intégré



Connexions pRack L1

sigle	description	Type de sonde	Observations
T _{ext}	Température extérieure	NTC - HP	
P _{D L1}	Pression d'échappement ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-18,2 barg	
T _{D L1}	Température d'échappement ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF	Pour régulation température d'échappement
P _{S L1}	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-7 barg	
T _{S L1}	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF	pour régulation surchauffe aspiration

sigle	description	Type de sonde	Observations
P _E	Pression d'évaporation échangeur de chaleur	Ratiométrique -1-9,3 barg	
T _{GS}	Température gaz surchauffé échangeur de chaleur	NTC - HF	
P _{D L2}	Pression d'échappement ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg	
T _{D L2}	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HF	Pour régulation température d'échappement
P _{S L2}	Pression d'aspiration ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8 barg	
T _{S L2}	Température d'aspiration ligne 2 (basse température)	NTC - HF	Pour régulation surchauffe aspiration



2.2 Particularités du dispositif

2.2.1 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.

2.2.2 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 CO₂ 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 CO₂.

Des procédures de sécurité sont prévues en cas de conditions critiques qui ne permettent pas la stabilité du système.

Disponible aussi bien pour échangeur simple que pour échangeur double.

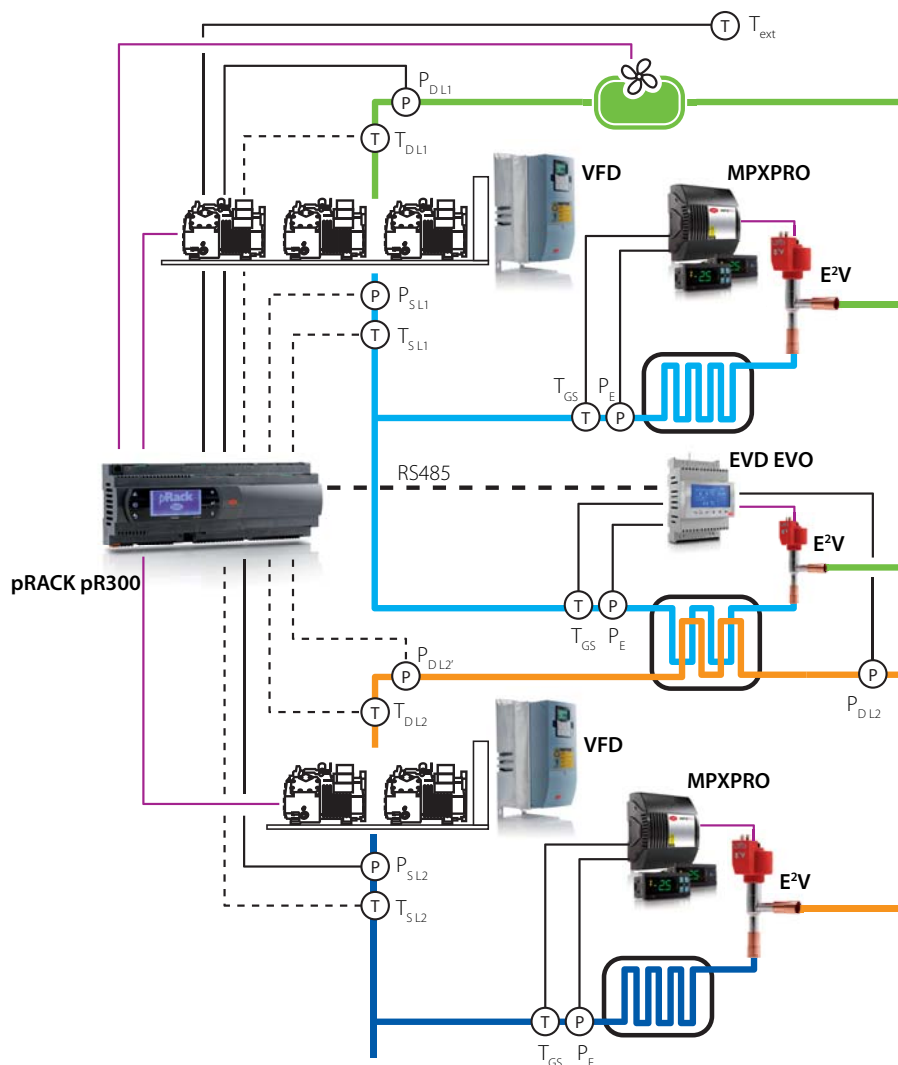
En cas d'utilisation d'un ou de plusieurs pilotes simples on peut relier le capteur de pression de condensation directement au pilote EVD EVO, de sorte que la régulation de la vanne sera directement influencée par une procédure de sécurité qui tend à ouvrir la vanne en cas de pression de condensation du CO₂ si celle-ci est trop élevée. Dans ce cas, la pression de condensation du CO₂ reliée au pRack devient optionnelle.

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

Elle n'est pas disponible en revanche lorsque l'on gère directement deux vannes avec le pilote intégré ou EVD EVO twin.

Schéma de régulation avec pRack à carte simple et pilote simple externe intégré avec protection haute pression CO₂



Connexions pRack

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

Connexions EVD EVO

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



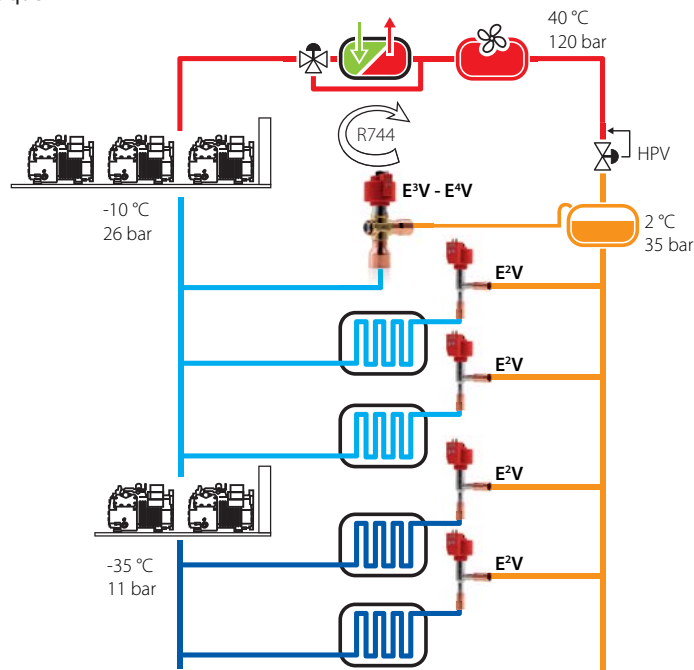
3. CO₂ TRANSCRITIQUE BOOSTER

Les systèmes booster à CO₂ 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 3 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)
- pression intermédiaire : la zone de la vanne HPV à toutes les vannes d'expansion (en orange)
- 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)
- 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)

La figure ci-dessous représente un appareil traditionnel de base. 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.

Exemple de dispositif CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂. La régulation de la pression du récepteur s'obtient grâce à la vanne RPRV qui a précisément pour mission de dériver une partie du gaz pour maintenir constante la pression du 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
- des échangeurs à plaques entre le gaz décollant 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

POINTS FORTS

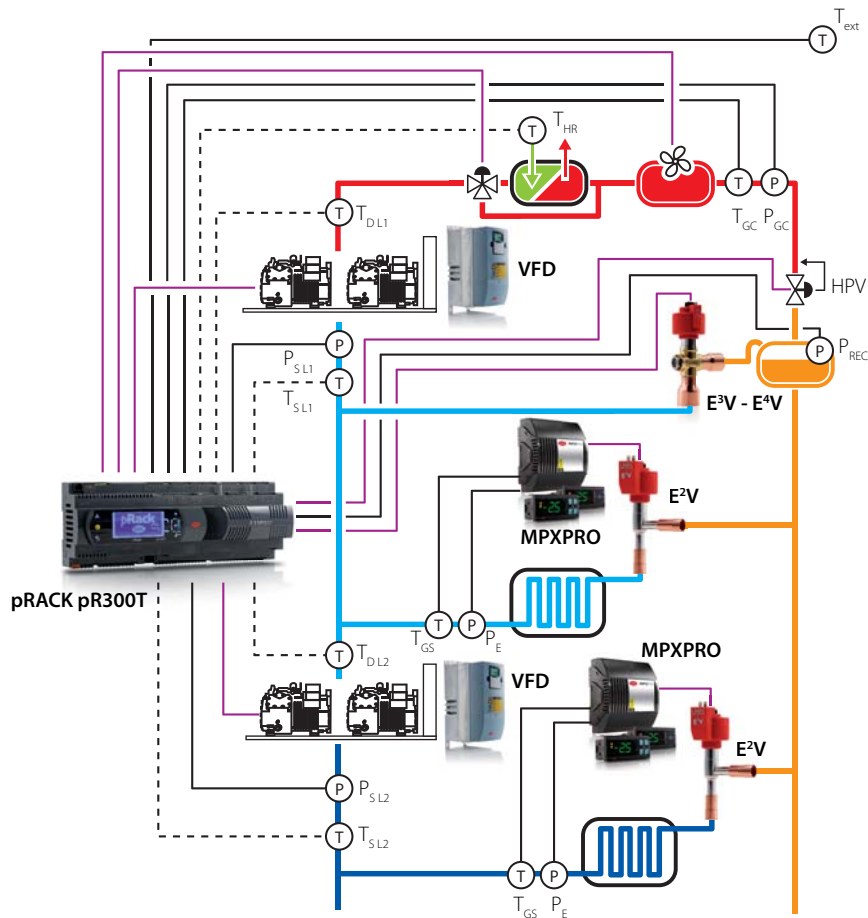
- dispositif prévoyant l'utilisation complète de réfrigérants naturels (CO₂)
- différents études montrent une plus grande efficacité par rapport à tout autre type de dispositif (r404a traditionnel ou CO₂ subcritique) avec température ambiante moyenne inférieure à 15 °C
- technologies normalisées, réduction des coûts

POINTS FAIBLES

- pressions élevées en jeu (jusqu'à 120 barg)
- dispositifs normalement plus complexes que les dispositifs traditionnels
- efficacité non encore disponible pour les milieux au climat chaud (> 15 °C)

3.1 Solution CAREL

Schéma de régulation avec pRack une seule carte et pilote intégré



Connexions pRack pR300T

sigle	description	Type de sonde	Observations
T _{ext}	Température extérieure	NTC - HP	
P _{GC}	Pression refroidisseur de gaz	4-20 mA 0-150 barg	
T _{GC}	Température sortie refroidisseur de gaz	NTC - HF	
T _{HR}	Température récupération de chaleur	NTC - HF	Pour régulation système de récupération de chaleur (opzionale)
P _{REC}	Pression récepteur	4-20 mA 0-60 barg	
P _{SL1}	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-44,8 barg	
T _{SL1}	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF	Per controllo surriscaldamento aspirazione (opzionale)
T _{DL2}	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HF	Per controllo temperatura di scarico (opzionale)
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	Per controllo surriscaldamento aspirazione (opzionale)



pRack pR300T : régulateur pour la gestion d'unités de réfrigération CO₂ transcritiques

pRack pR300T permet de gérer entièrement, dans des configurations à une ou plusieurs cartes, des unités CO₂ 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.



pRack pR300T

MPXPRO & E²V : régulateur pour vitrines réfrigérées et détendeurs électroniques stepper

Etant donné le dynamisme élevé des systèmes CO₂, la régulation des évapourateurs devient un élément essentiel pour un bon fonctionnement de la machine. C'est pourquoi l'utilisation de détendeurs électroniques stepper CAREL E²V est importante pour garantir une bonne stabilité. Doté de la technologie ultracap le système MPXPRO+E²V est capable d'assurer une parfaite fermeture du dispositif sans avoir à utiliser des solénoïdes supplémentaires.



MPXPRO & E²V

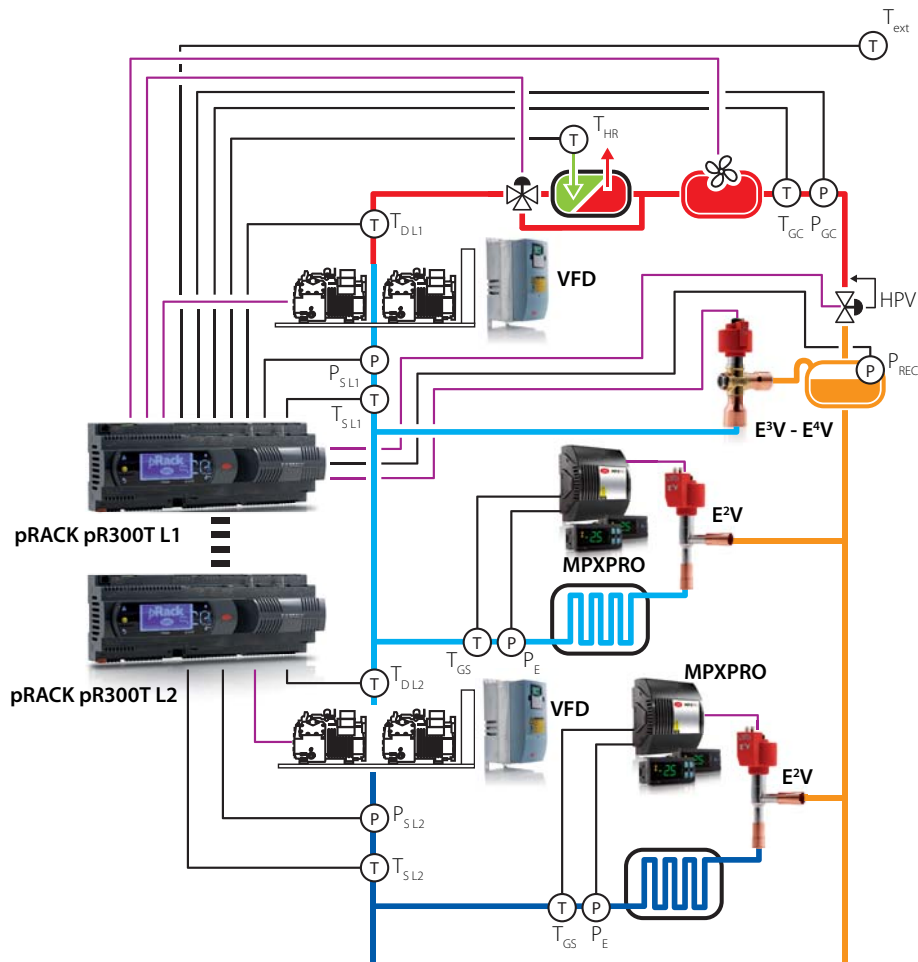
E²V : Détendeurs électroniques

Les vannes d'expansion stepper CAREL E²V standard ont une pression maximale de 45 barg, elles peuvent donc être utilisées normalement (en tant que vannes d'expansion pour les vitrines et vannes flash gaz (RPRV)) dans tous les dispositifs où la pression maximale du récepteur est de 45 barg. Dans les cas où la pression maximale du récepteur est supérieure à cette valeur, il est possible d'utiliser la série E2V*CS* conçue précisément pour des applications CO₂ transcritiques avec pression maximale de 140 barg. Ce type de vanne peut être utilisé aussi comme vanne de haute pression HPV et flash RPRV pour les unités de réfrigération de petites dimensions.



Valvole di espansione elettronica E²V

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



Connexions pRack pR300T L1

sigle	description	Type de sonde	Observations
T_{ext}	Température extérieure	NTC - HP	
P_{GC}	Pression refroidisseur de gaz	4-20 mA 0-150 barg	
T_{GC}	Température sortie refroidisseur de gaz	NTC - HF	
T_{HR}	Température récupération de chaleur	NTC - HF	Pour régulation système de récupération de chaleur
P_{REC}	Pression récepteur	4-20 mA 0-60 barg	
P_{sL1}	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-44,8 barg	
T_{sL1}	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF	Pour régulation surchauffe aspiration

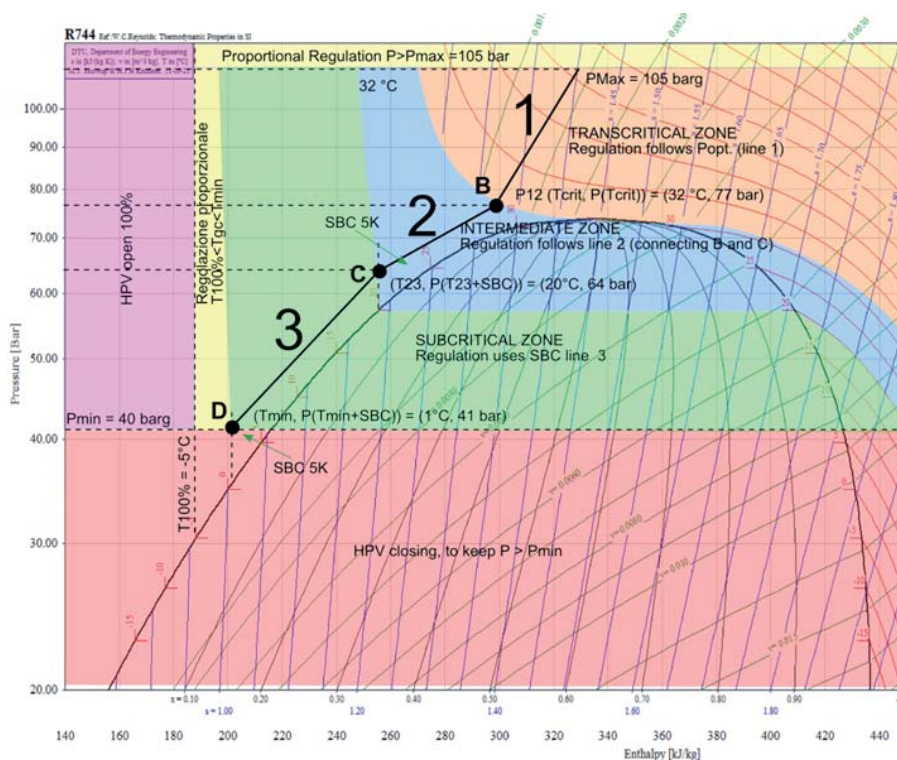
Connexions pRack pR300T L2

sigle	description	Type de sonde	Observations
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

3.2 Particularités de l'appareil

L'algorithme de régulation de la vanne HPV à l'intérieur de pRACK pR300T est géré en fonction de la lecture 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 T_{GC} et de la pression du refroidisseur de gaz P_{GC} . 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.

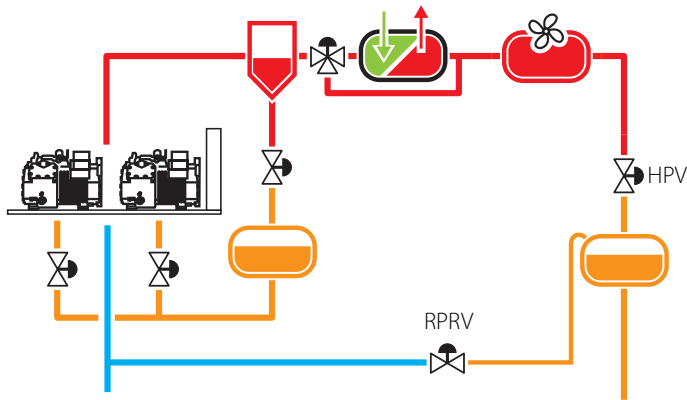


La gestion de la vanne flash gaz maintient la pression constante à l'intérieur du récepteur autour d'une valeur paramétrée ; en conditions extrêmes, cela peut modifier les conditions de fonctionnement de la vanne HPV de façon à maintenir le bon fonctionnement de tout le système.

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.



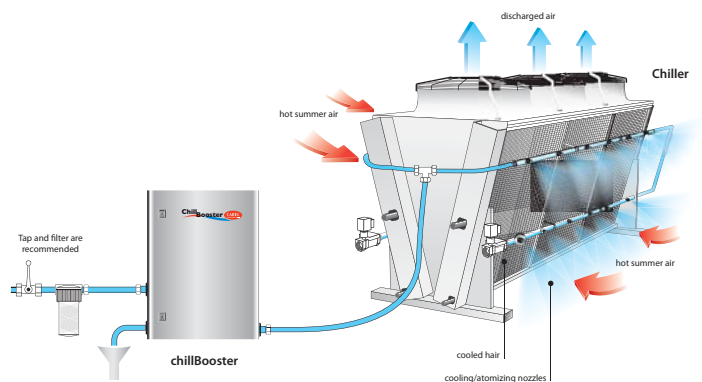


Le système de récupération de chaleur, très important pour l'efficacité globale du dispositif, est géré de façon à optimiser la quantité de chaleur récupérable en modifiant les conditions de service aussi bien du refroidisseur de gaz que de la vanne haute pression elle-même.

Chillbooster : système de refroidissement adiabatique pour refroidisseur de gaz CO₂

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.



3.2.1 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.

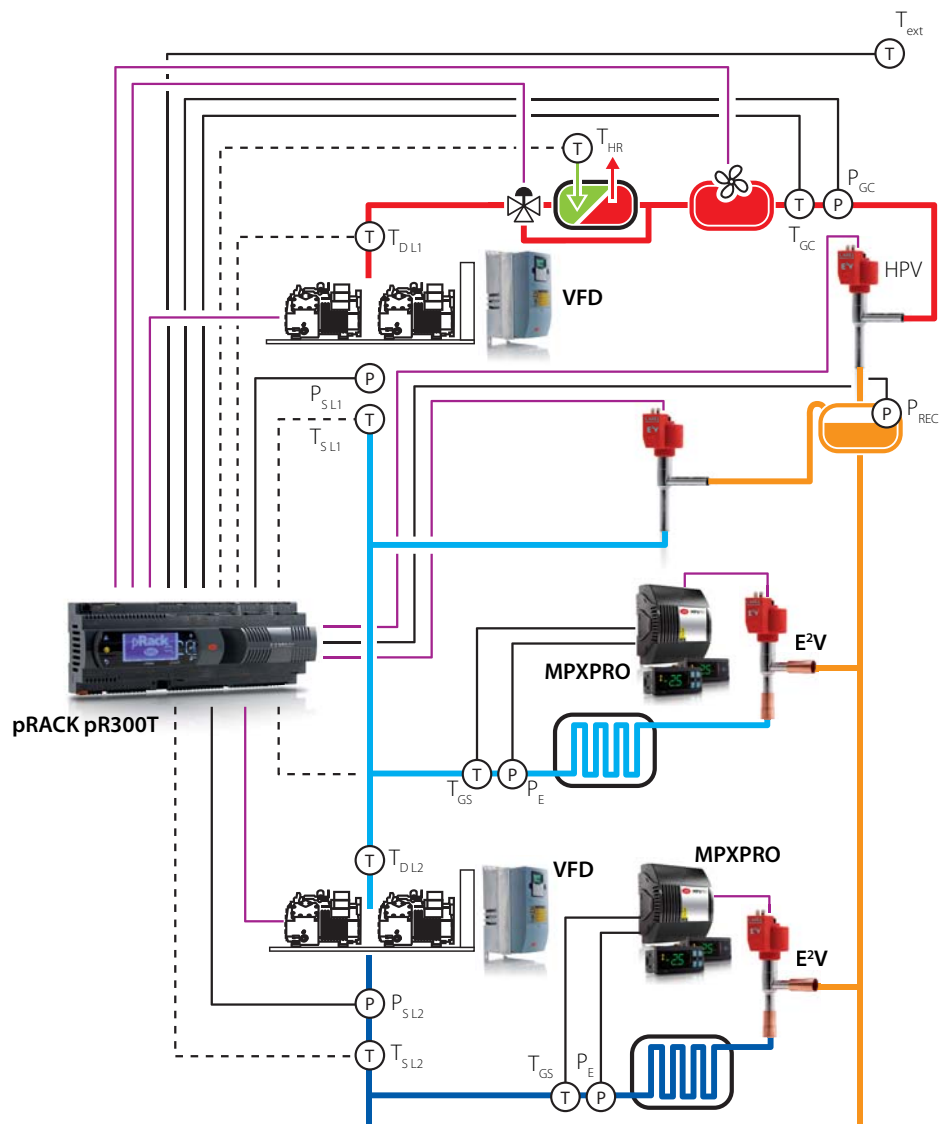
3.3 Groupes de condensation à CO₂ transcritique

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 CO₂ 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.





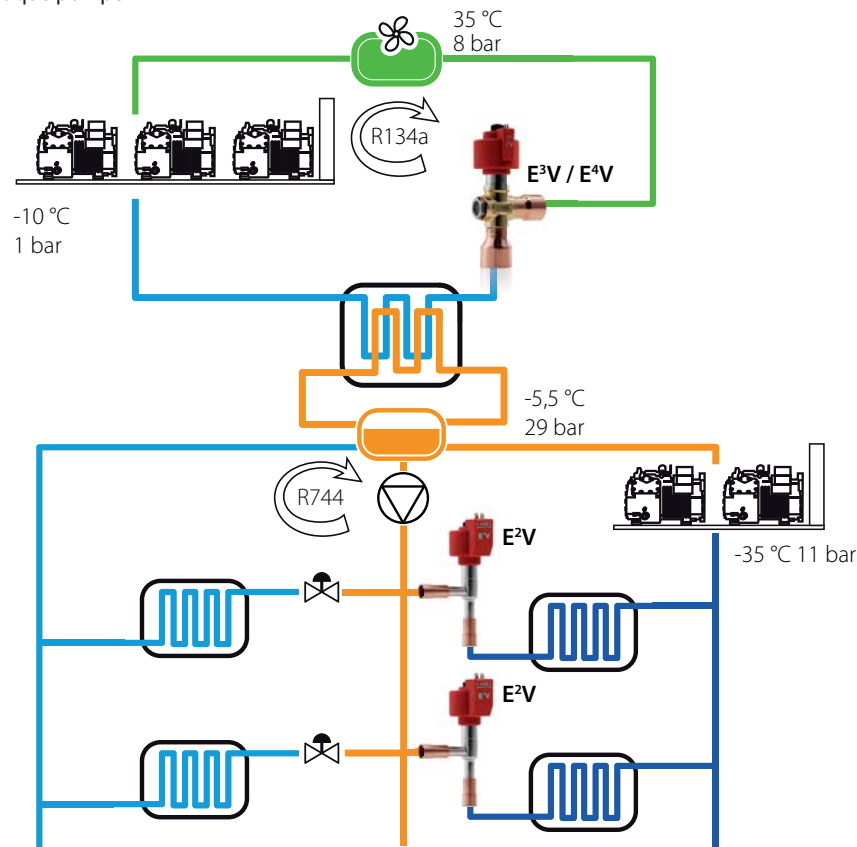
sigle	description	Type de sonde	observations
T_{ext}	Température extérieure	NTC - HP	
P_{GC}	Pression refroidisseur de gaz	4-20 mA 0-150 barg	
T_{GC}	Température sortie refroidisseur de gaz	NTC - HF	
T_{HR}	Température récupérateur de chaleur	NTC - HF	Pour régulation système de récupération de chaleur (en option)
P_{REC}	Pression récepteur	4-20 mA 0-60 barg	
P_{SL1}	Pression d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-44,8 barg	
T_{SL1}	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF	Pour régulation surchauffe aspiration (en option)
T_{DL2}	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HF	Pour régulation température d'échappement (en option)
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 (en option)



4. CO₂ SUBCRITIQUE POMPE

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 CO₂ liquide pompé, tandis que ceux de basse température sont équipés de vannes d'expansion. Le CO₂ est refroidi par un refroidisseur dédié (NH₃ 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 CO₂ 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.

Exemple de dispositif CO₂ subcritique pompé



POINTS FORTS

- faible contenu en réfrigérant non naturel ;
- possible d'utiliser également de l'ammoniac (NH₃) qui reste concentré dans la salle des machines ;
- dispositif entièrement écologique en milieu explosif.

POINTS FAIBLES

- très sensible au dimensionnement des tuyaux du système pompé ;
- consommation d'énergie de par la présence de pompes supplémentaires.

4.1 Solution CAREL

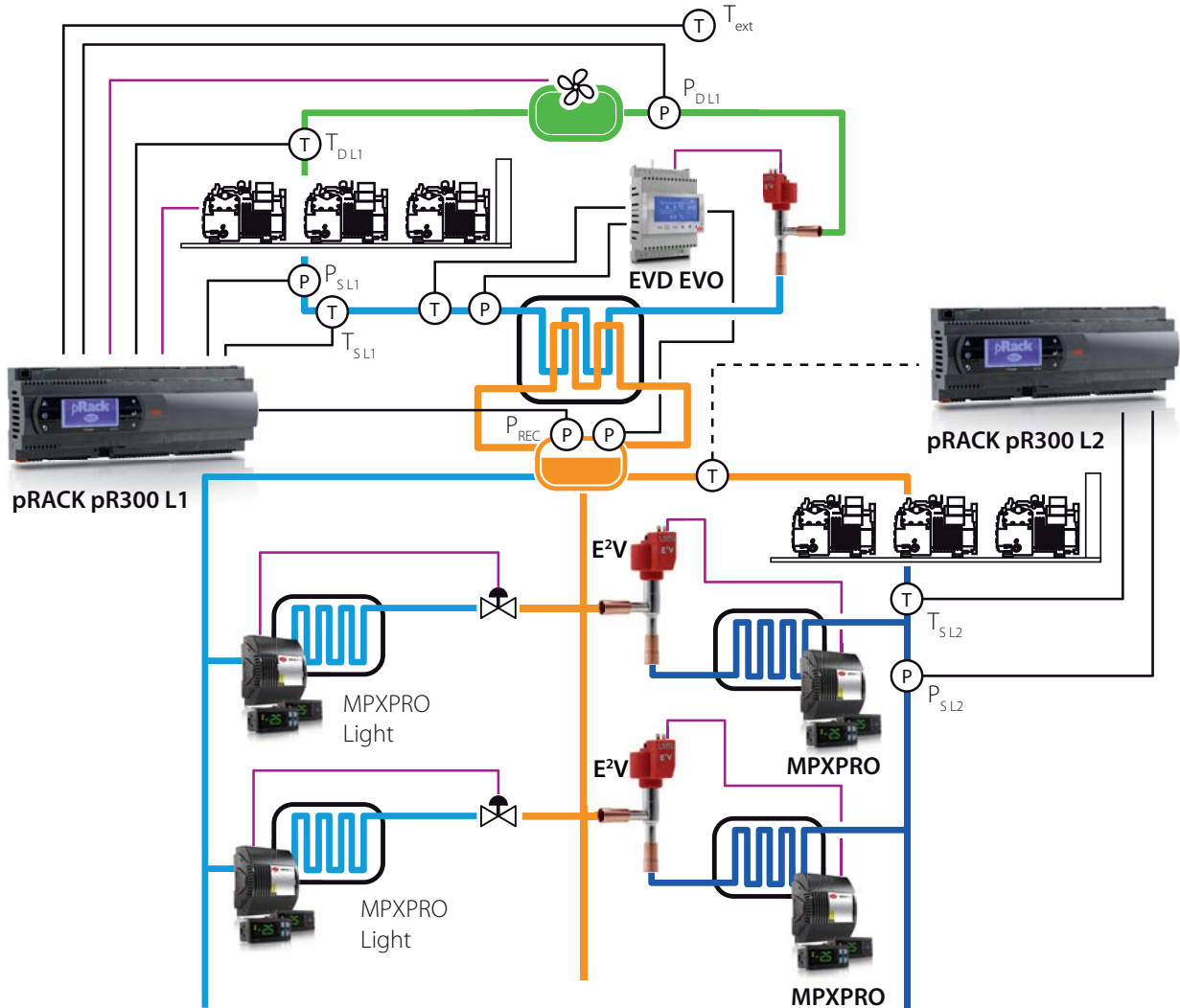
pRack pR300 : régulation pour unités de réfrigération

Capable de gérer aussi bien les compresseurs du refroidisseur réglés en fonction de la pression du CO₂ 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



pRACK pR300

Schéma de régulation avec pRack à deux cartes



Connexions pRack pR300 L1

sigle	description	Type de sonde	observations
T_{ext}	Température extérieure	NTC - HP	
P_{DL1}	Pression de condensation ligne 1 (moyenne température)	4-20 mA 0-18,2barg	
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 0-10barg	Pour régulation alarme de basse pression
T_{SL1}	Température d'aspiration ligne 1 (moyenne température)	NTC - HF	Pour régulation surchauffe aspiration
P_{REC}	Pression récepteur CO_2	4-20 mA 0-10barg	Pour régulation compresseurs de moyenne température

Connexions pRack pR300T L2

sigle	description	Type de sonde	observations
T_{DL2}	Température d'échappement ligne 2 (basse température)	NTC - HF	Pour régulation température d'échappement (en option)
P_{SL2}	Pression d'aspiration ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8barg	
T_{SL2}	Température d'aspiration ligne 2 (basse température)	NTC - HF	Pour régulation surchauffe aspiration

Connexions EVD EVO

sigle	description	Type de sonde	observations
P_{REC}	Pression d'échappement ligne 2 (basse température)	4-20 mA 0-44,8barg	
P_e	Pression d'évaporation échangeur de chaleur	Ratiométrique -1-9,3barg	
T_{GS}	Température gaz surchauffé échangeur de chaleur	NTC - HF	

MPXPRO et MPXPRO light

MPXPRO pour les besoins de basse température avec détendeur électronique, et MPXPRO light pour les besoins de moyenne température où il n'est pas nécessaire d'utiliser un détendeur électronique mais uniquement la gestion du fluide réfrigérant selon la requête de la vitrine.

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 et E^{RV}

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 CO₂ 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)



Driver EVD EVO e E^{RV}

5. 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.



PVPRO : système de supervision

DPWL : capteur de fuite de gaz

Disponibles pour tous les types de réfrigérant, le capteur de gaz pour CO₂ 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 CO₂ présent dans la pièce et d'identifier rapidement les éventuelles fuites de gaz, qui représentent un danger pour les personnes.

Le CO₂ 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.



DPWL : capteur de fuite de gaz

VFD : onduleur

Disponibles pour des compresseurs et pour des ventilateurs, la gamme d'onduleurs CAREL VFD couvre toutes les applications même en CO₂ et associée à la gamme Rack, elle permet une régulation de la pression d'évaporation.



VFD: inverter

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



Sondes et transducteurs

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.



pLoads : régulateur de charges

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.



pChrono : programmeur





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

CAREL Australia
www.carel.com.au

CAREL China
www.carel-china.com

CAREL South Africa
www.carelcontrols.co.za

CAREL Deutschland
www.carel.de

CAREL France
www.carelfrence.fr

CAREL Iberica
www.carel.es

CAREL HVAC/R Korea
www.carel.com

CAREL Russia
www.carelrussia.com

CAREL India
www.carel.in

CAREL Sud America
www.carel.com.br

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

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

Affiliates

CAREL Czech & Slovakia
www.carel-cz.cz

CAREL Korea (for retail market)
www.carel.co.kr

CAREL Ireland
www.carel.com

CAREL Thailand
www.carel.co.th

CAREL Turkey
www.carel.com.tr