CO2, Le choix naturel face aux changements climatiques

ASHRAE Chapitre de Montréal

FoOT in MoUTh

by Ross P. Kettle

www.dorkinglabs.com

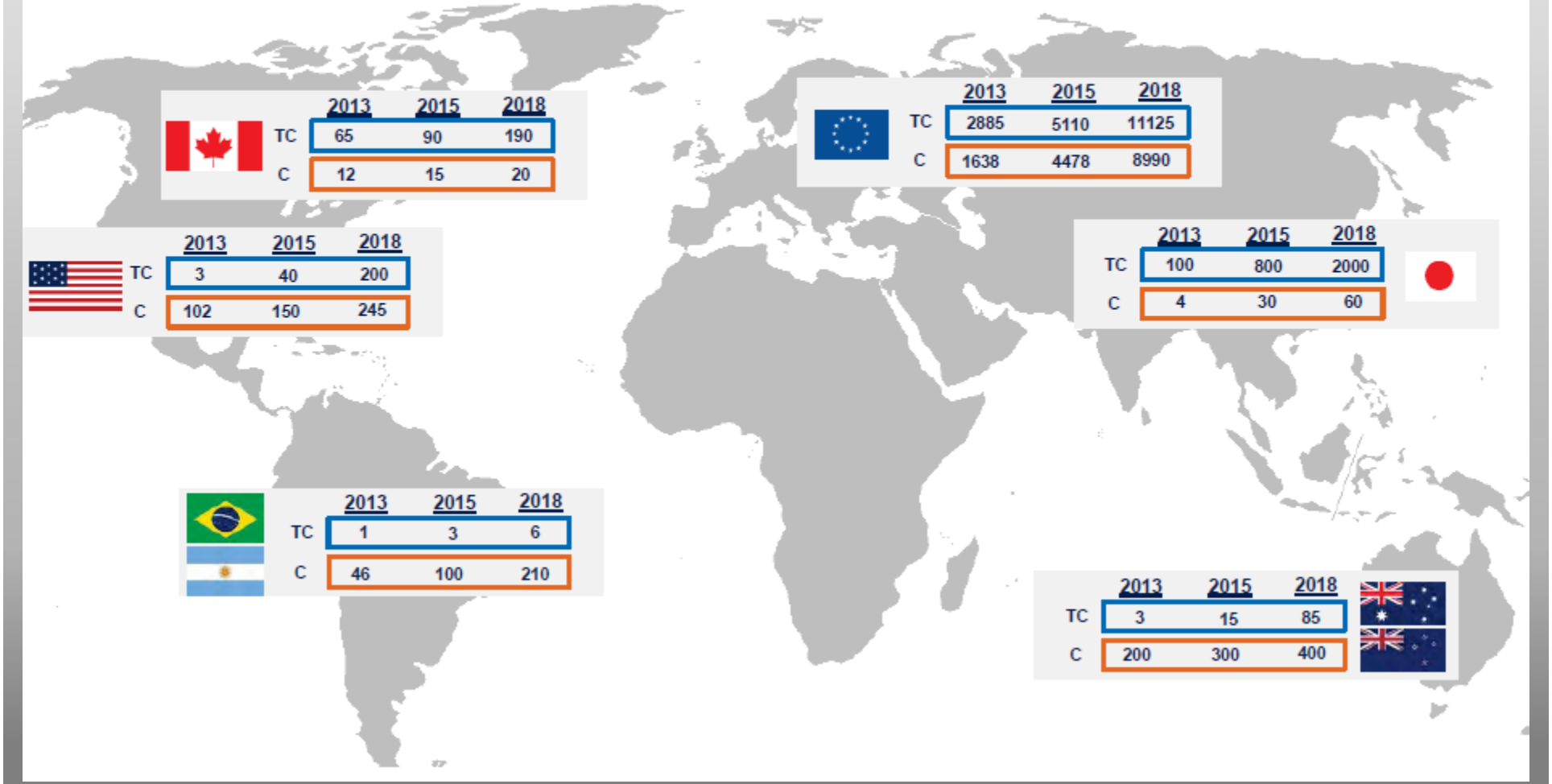
Pourquoi le CO2

- Le marché est maintenant à la cinquième génération de réfrigérant synthétique.
- Souhait pour un réfrigérant durable
- Objectif de diminuer, voir éliminer l'empreinte carbone pour la réfrigération
- Pas dommageable pour l'environnement, GWP = 0 ou 1
- Disponibilité et liberté de marché pour ce type de réfrigérant
- Formule naturelle sans composé chimique complexe et perpétuel
- Prix le plus abordable possible
- Efficacité supérieure
- Disponibilité des équipements et composantes
- Solution pour les besoins de réfrigération, basse température
- Sécuritaire

Progression des Systèmes CO2 dans le Monde

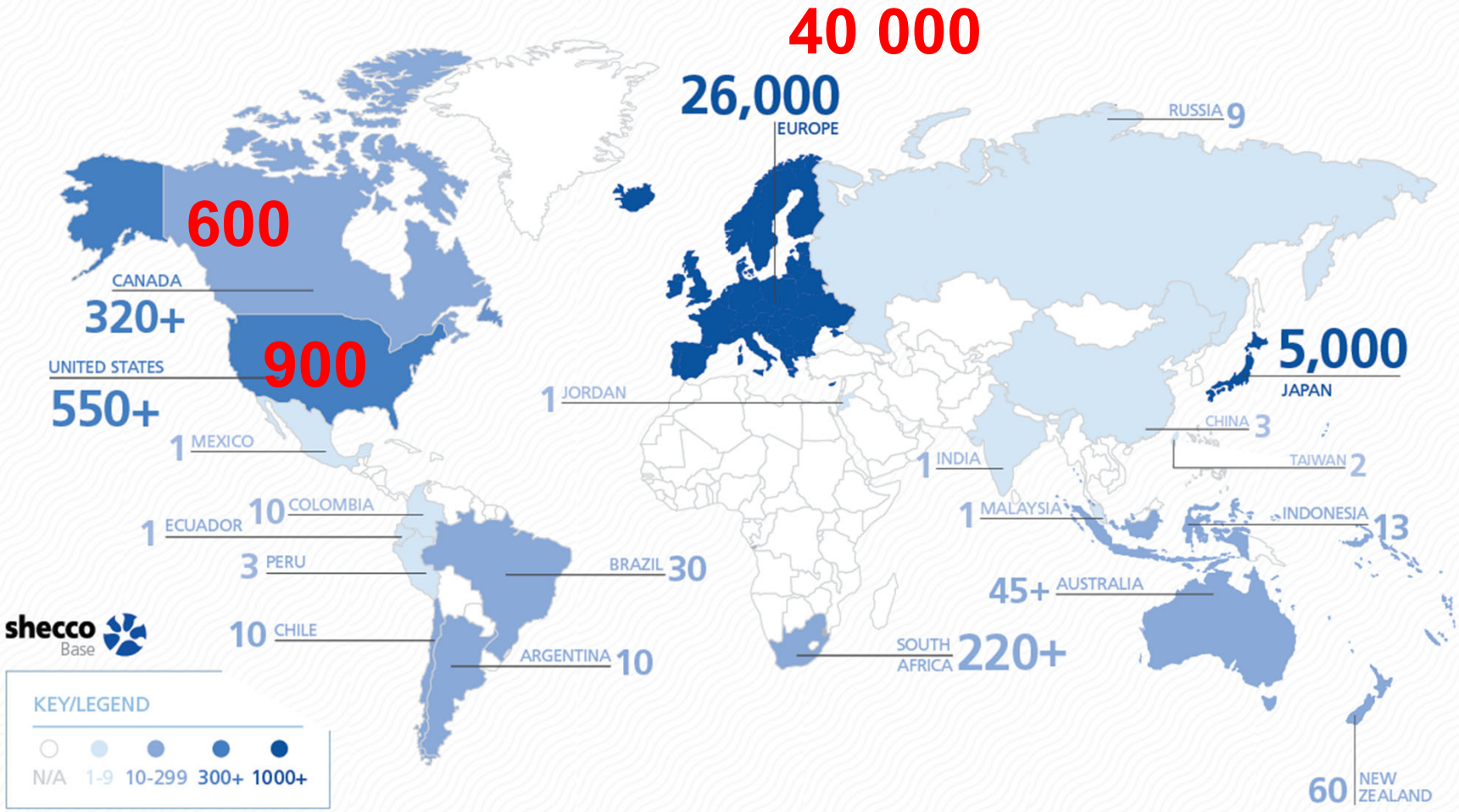
Cumulative Total CO_2 Transcritical Systems		
2013	2015	2018
3057	6058	13606

Cumulative Total CO_2 Cascade/Secondary Systems		
2013	2015	2018
2002	5073	9925

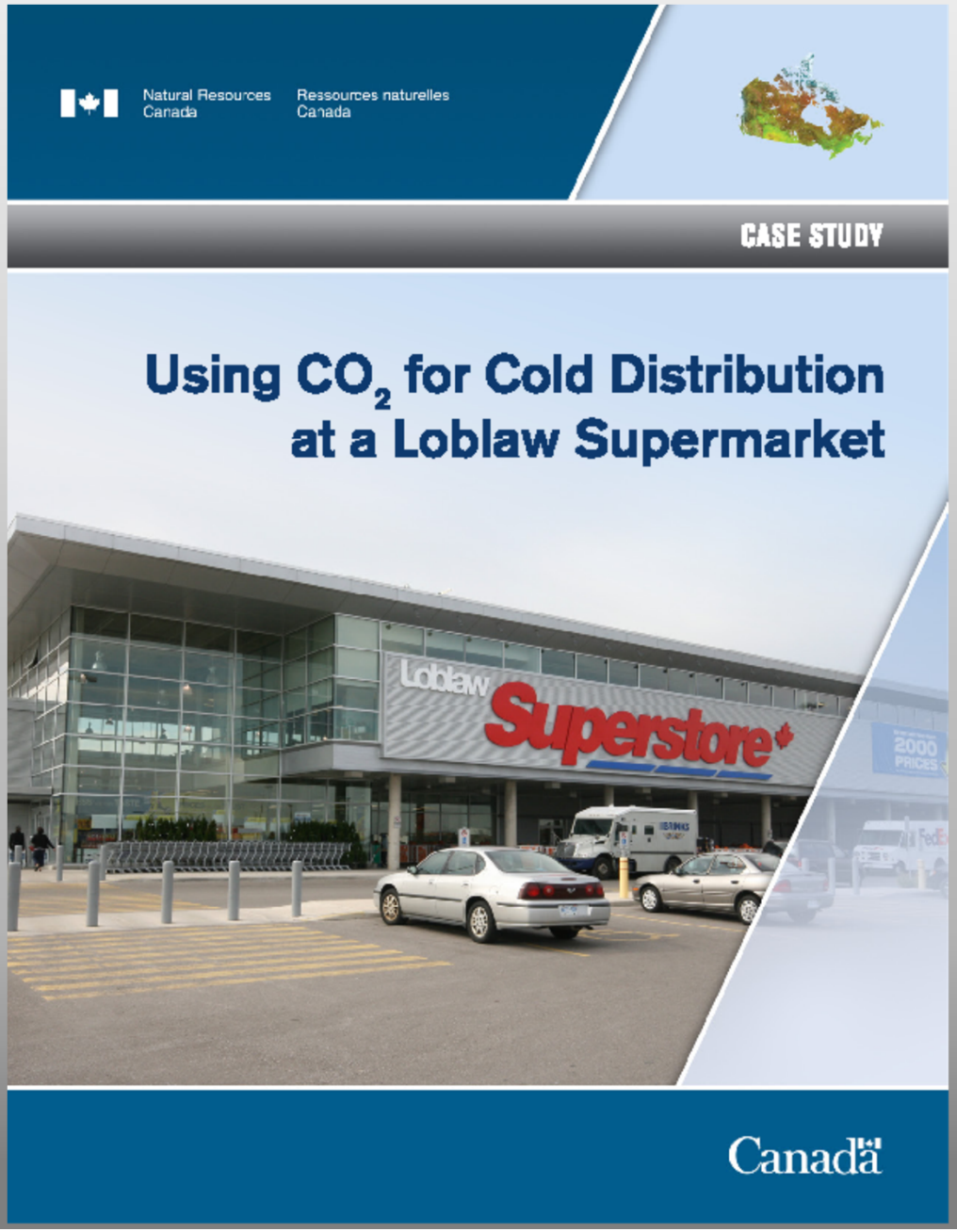


CO_2 transcritical installations in the world

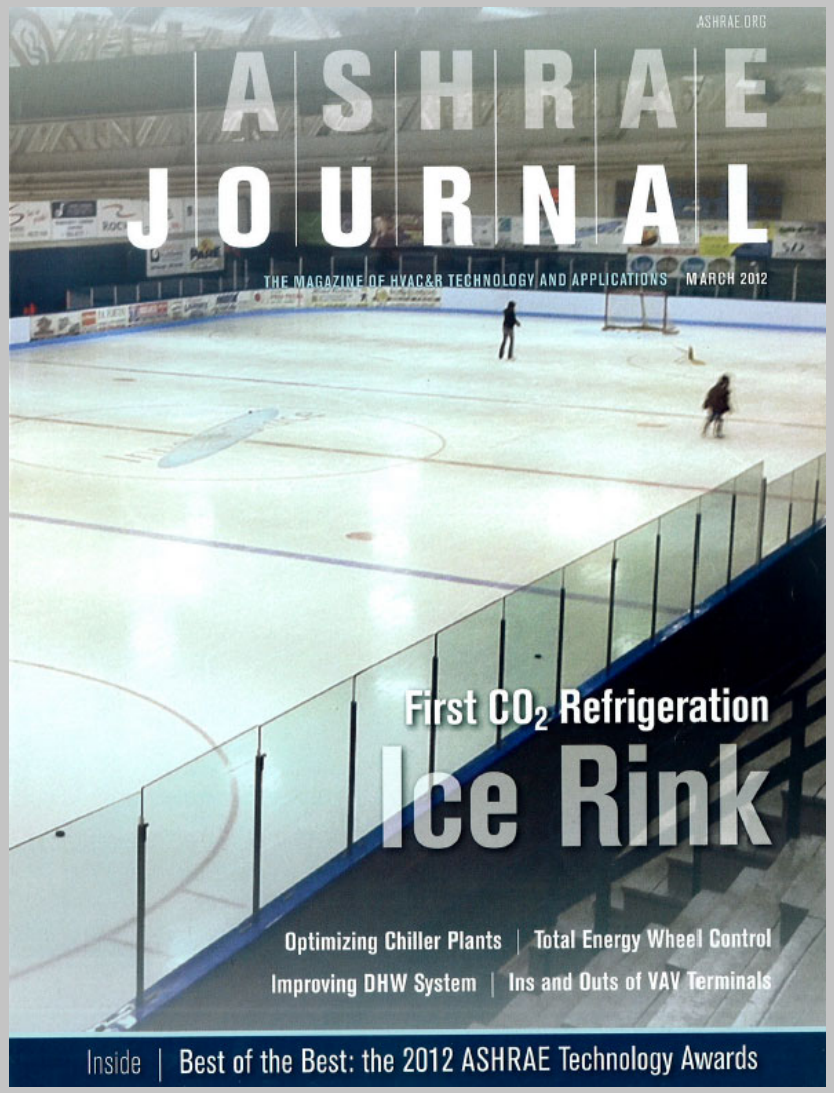
March 2020



L’éveil du CO2 au Québec



Première au Québec



First Place: Industrial Facilities or Processes, Existing

Arena Marcel Dutil, Les Coteaux, QC, Canada, is the first ice rink in the world to use a CO_2-based refrigeration system.

Ice Rink Uses CO_2 System

By Luc Simard, Associate Member ASHRAE

The Marcel Dutil Arena in the municipality of Saint-Gédéon-de-Beauce boasts the world's first 100% CO_2-based refrigeration system used in an ice rink. Saint-Gédéon-de-Beauce is in the Quebec province, about 20 miles north of the Maine border. The more than two-year-old ice rink was renovated in the summer of 2010. The existing R-22 chiller was removed, as well as the ice mat. The concrete slab was retrofitted to install the new system.

About the Author Luc Simard is a refrigeration engineer at Compressor Systems Control (CSC), Les Coteaux, Canada. He is a member of the ASHRAE Quebec chapter.

Ville de Montréal

Table 12: Energy Consumption of Refrigeration Systems

Case Unit	Assembly Type	Refrigerant	Compressors kWh/year	Slab Pump kWh/ year	Heat rejection equipment kWh/year	Total kWh/year	Variation %
A1	Packaged	R717	279,200	73,300	54,500	407,000	6
A2	On site	R717	245,000	73,300	65,000	383,400	0
A3	On site	R717	267,800	122,200	63,600	453,600	18
A4	Packaged	R717	264,000	73,300	74,900	412,200	8
A5	Packaged	R717	298,500	73,300	74,600	446,400	16
C1	Split-packaged	R744	263,400	14,700	13,000	291,100	-24
C2	Split-packaged	R744	281,200	73,300	19,900	374,500	-2
H1	**On site**	**HCFC R22**	**411,900**	**122,200**	**16,100**	**550,200**	**44**
H2	Packaged	HFC R507A	368,800	73,300	26,200	468,400	22
H3	Modular	HFC R410A	465,300	36,200	53,100	554,600	45
H4	Modular	HFC R507A	323,900	97,800	63,900	485,500	27
H5	Packaged	HFC R134A	339,300	73,300	106,000	518,600	35

- The C1 refrigeration system using CO_2 consumes less energy, 18% less than Unit A2. This is mostly due to the CO_2 directly recirculating in the rink slab.
- Unit C2 that is CO_2–based uses a secondary fluid in the rink slab and is a more realistic comparison to ammonia systems.

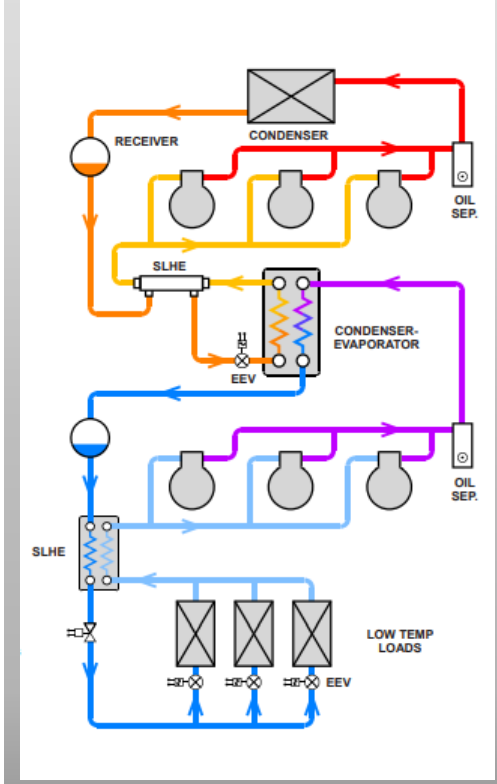
Le Québec , Précurseur du CO2

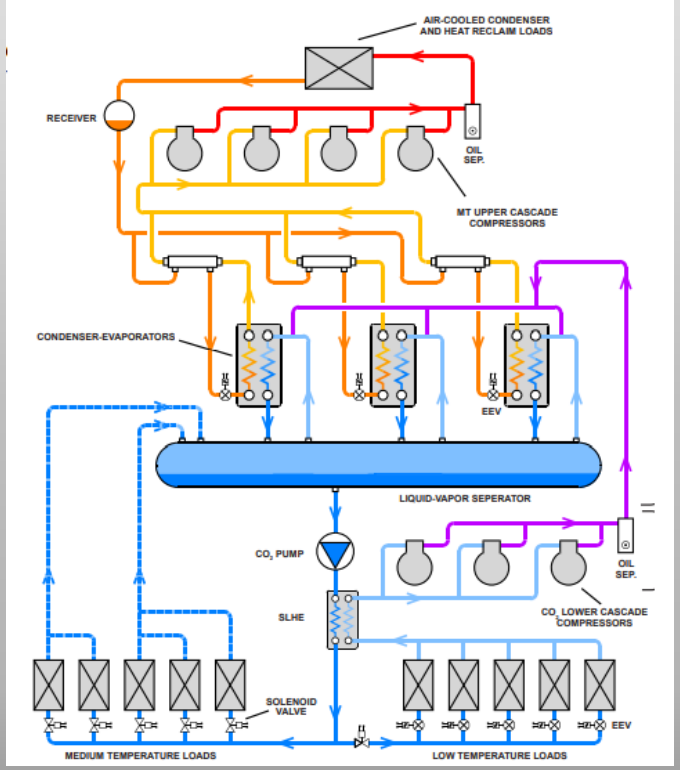
- Plusieurs concepteurs, innovateurs, entrepreneurs et manufacturiers québécois
- Ouverture et demande du marché alimentaire pour des systèmes au réfrigérant naturel
- Présence plus importante du R-22 dans les arénas par exemple; subvention du gouvernement pour le remplacement
- Expertise et connaissance des installateurs et mécaniciens en plein essor
- Climat idéal pour bénéficier de l'efficacité accrue des systèmes au CO2
- Perception négative de la sécurité des installations à ammoniac

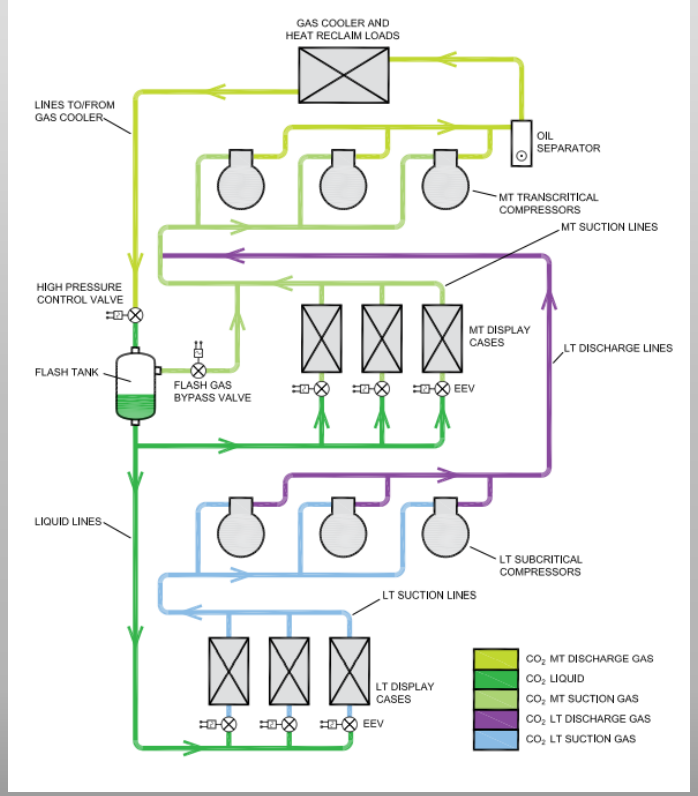
CO2 Plancher Direct

CO2 Anneau de Glace Olympique

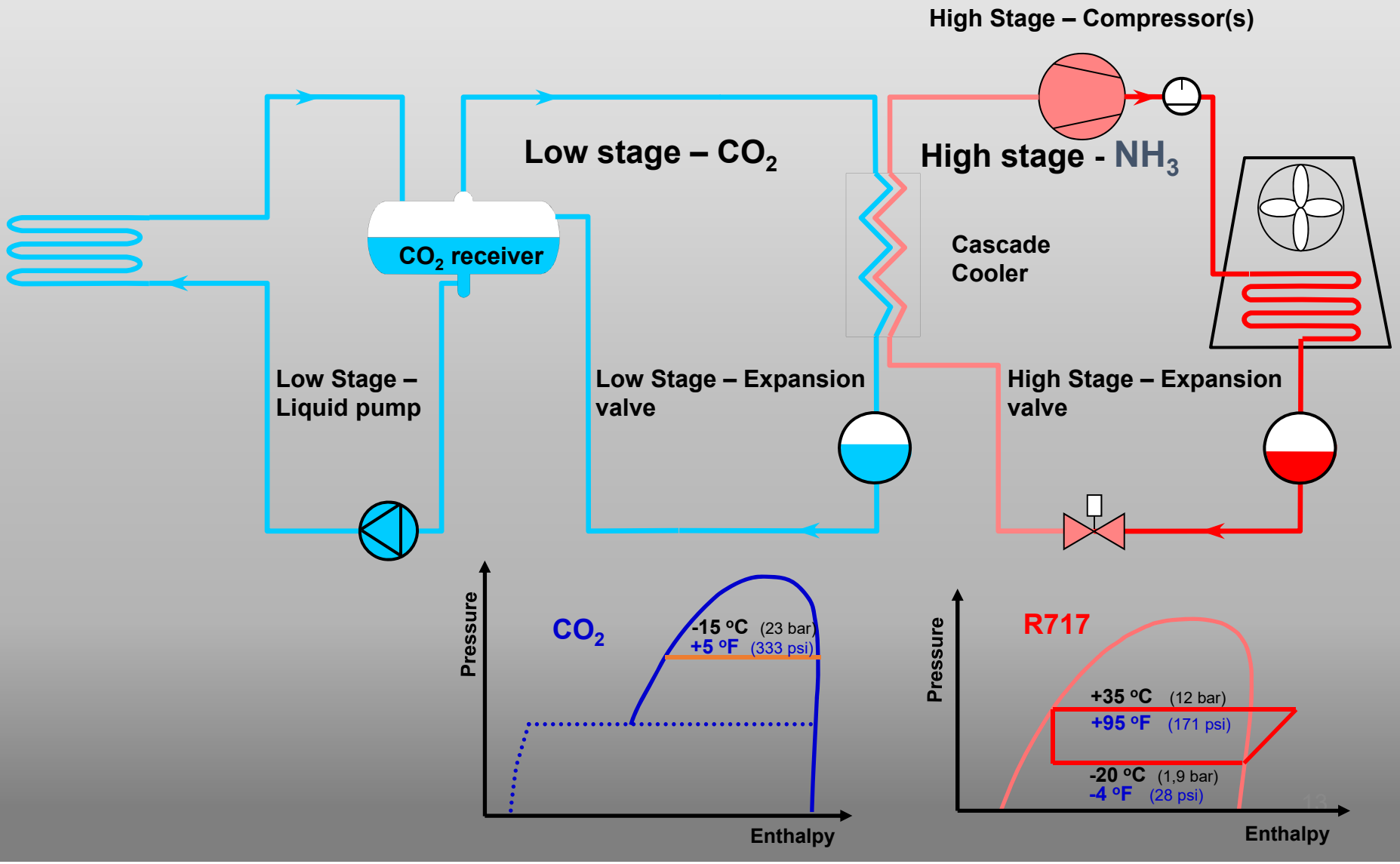
Différent Type de Système au CO_2







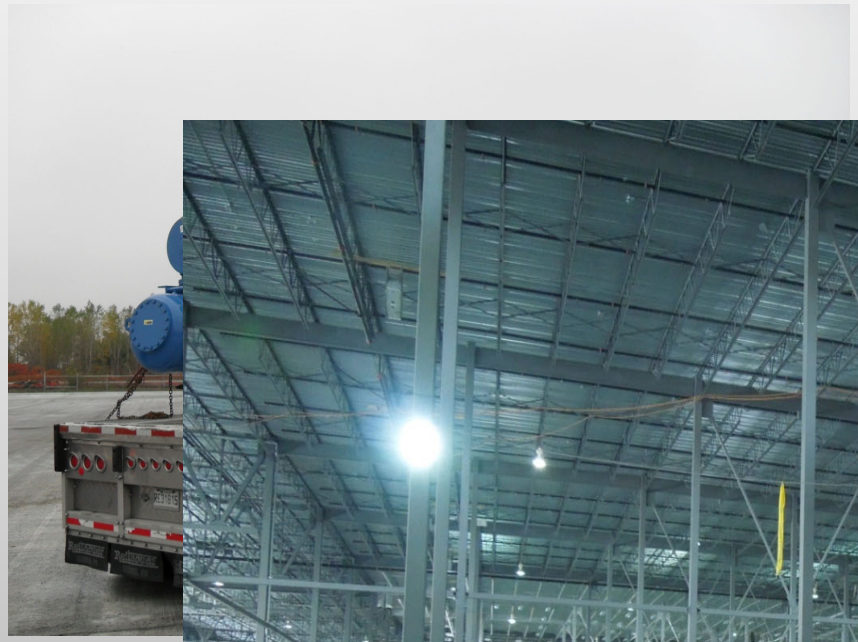
Recirculation comme Fluide Secondaire



Plusieurs réalisations industrielles au Québec dès 2010


COMP #1
Quantum LX
COMPRESSEUR MODE
CAPACITY MODE
VOLUME
REMOTE SEQ
REMOTE SEQ
AUTOMATIC
WARNING


1170
CO2 (R-744) GAS HP
CO2 (R-744) LIQUID/DE HP

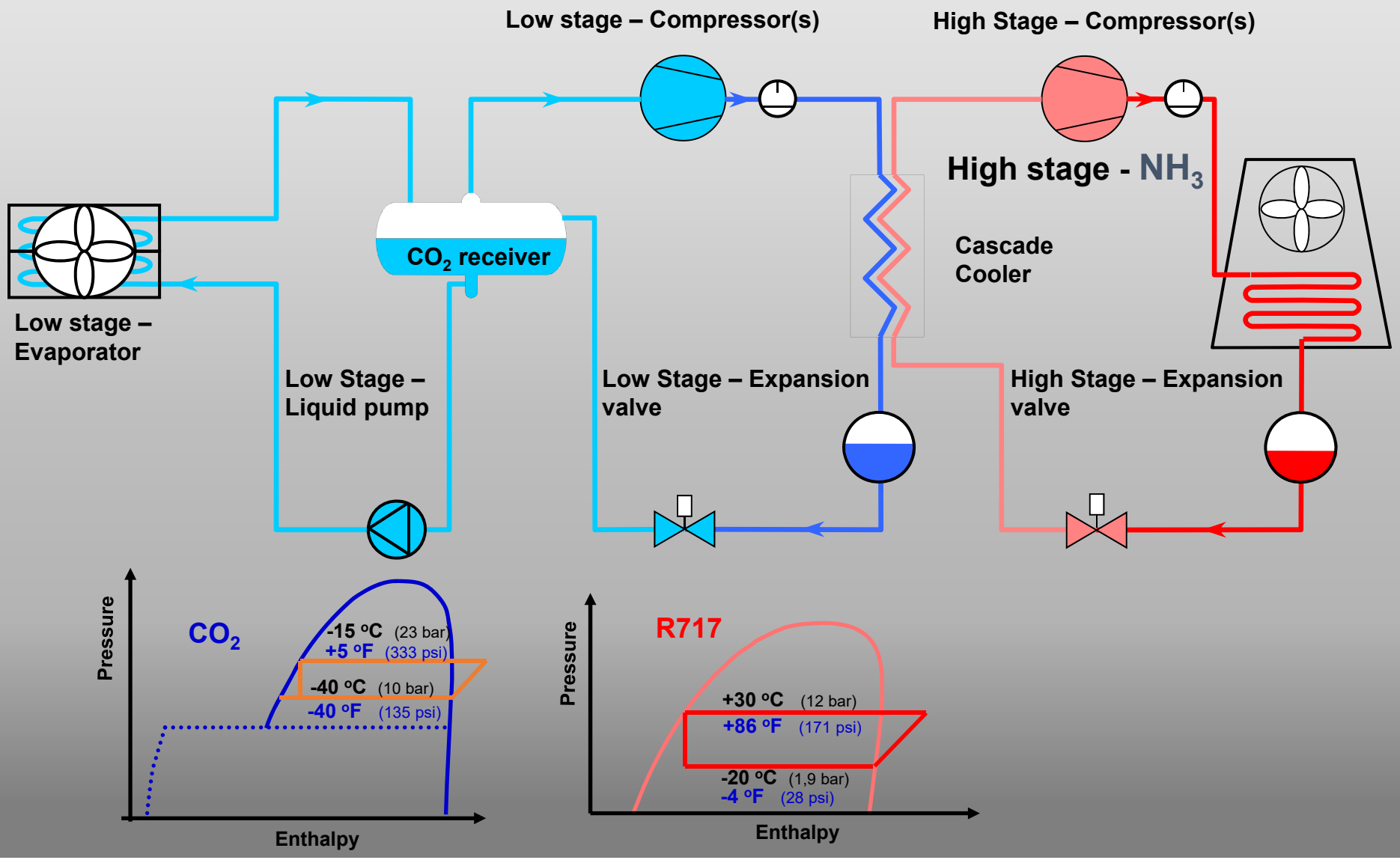



Frick

Un Apprentissage à faire

- Disponibilité des équipements
- Fournisseurs compétents et accrédités
- Réglementation inadéquate et souvent inexistante ou possibilité d'interprétation
- Réapprendre la tuyauterie
- Penser autrement (emplacement, support, isolation,)
- Main-d'œuvre
- Soudure vs brasage
- Acier vs cuivre vs SS
- Embarquer toute l'équipe à bord

Système Cascade

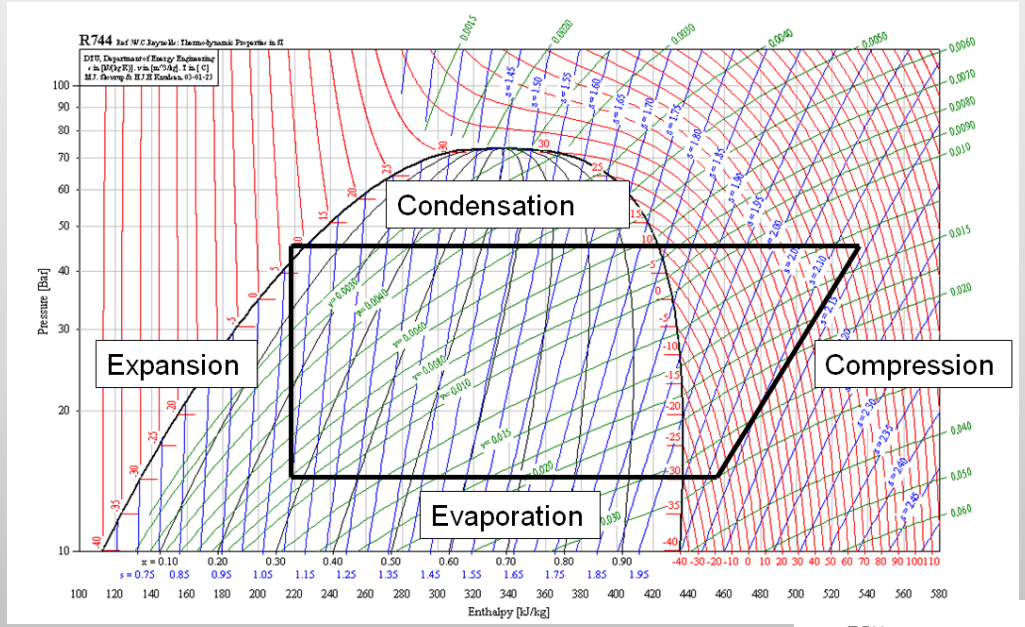


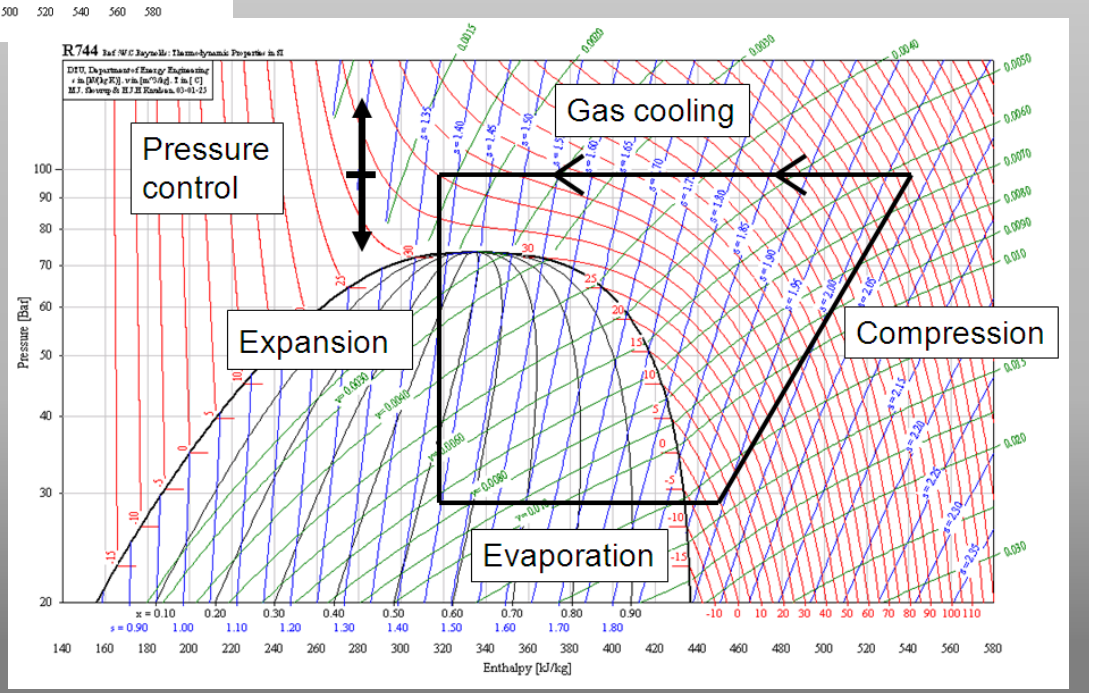
Système en cascade NH3/CO2
Chambre à – 55 F
Compresseur à vis CO2

CO_2/NH_3 Cascade Systèm 2015

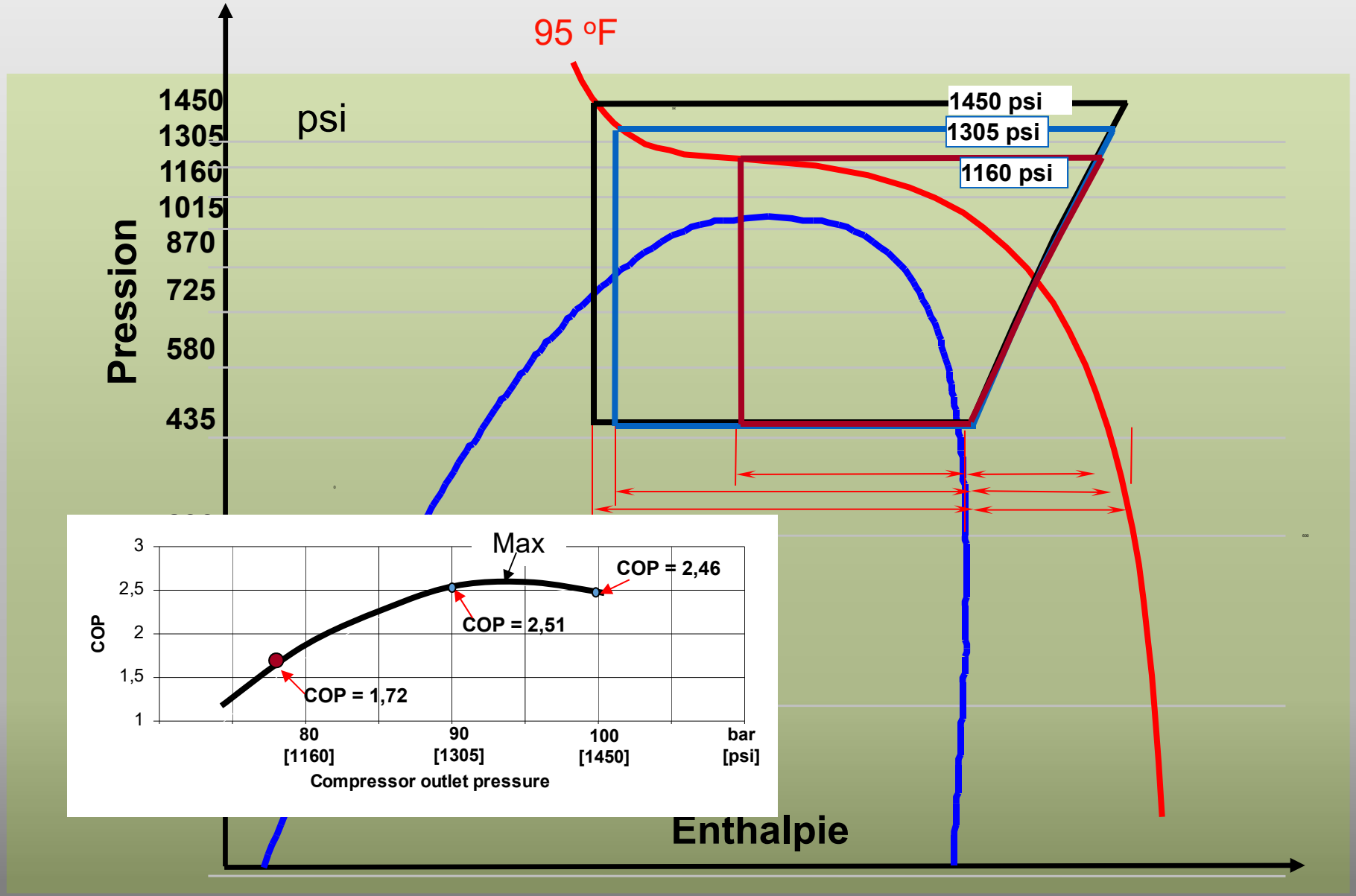
Système en cascade NH3/ Glycol
Pharmaceutique
Compresseur à piston Booster CO2

Apprentissage d'application transcritique du CO_2

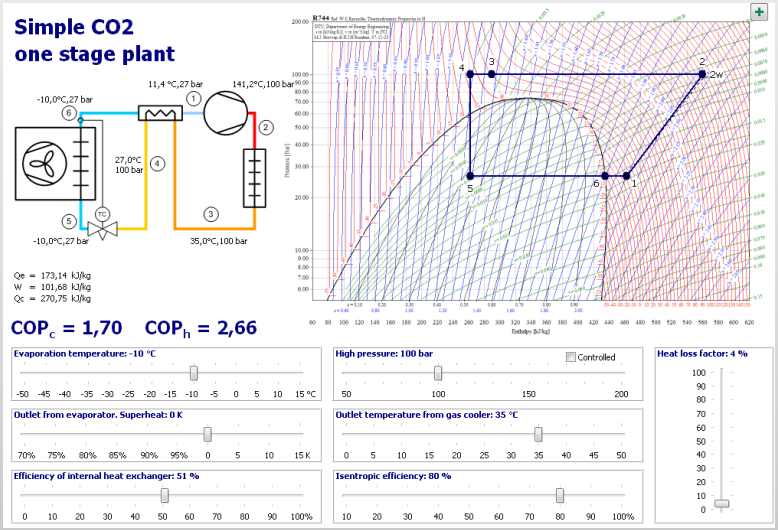


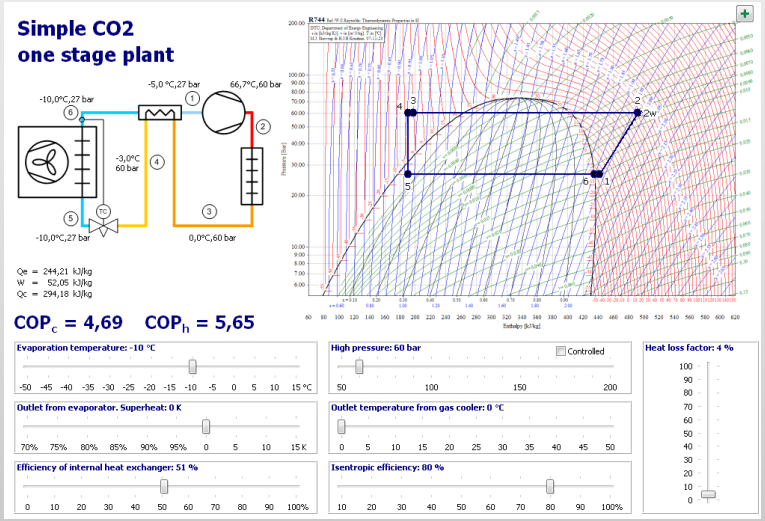


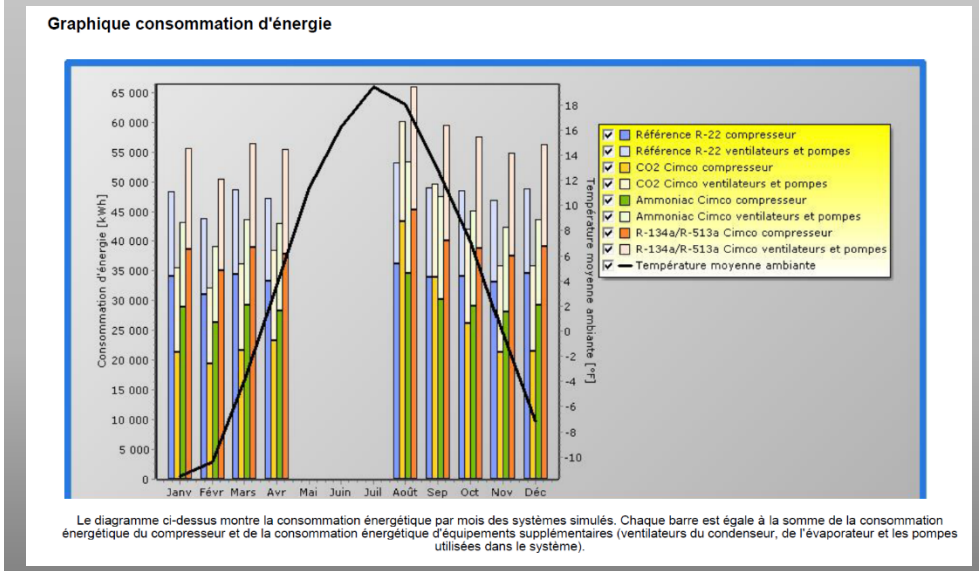
Penser Autrement

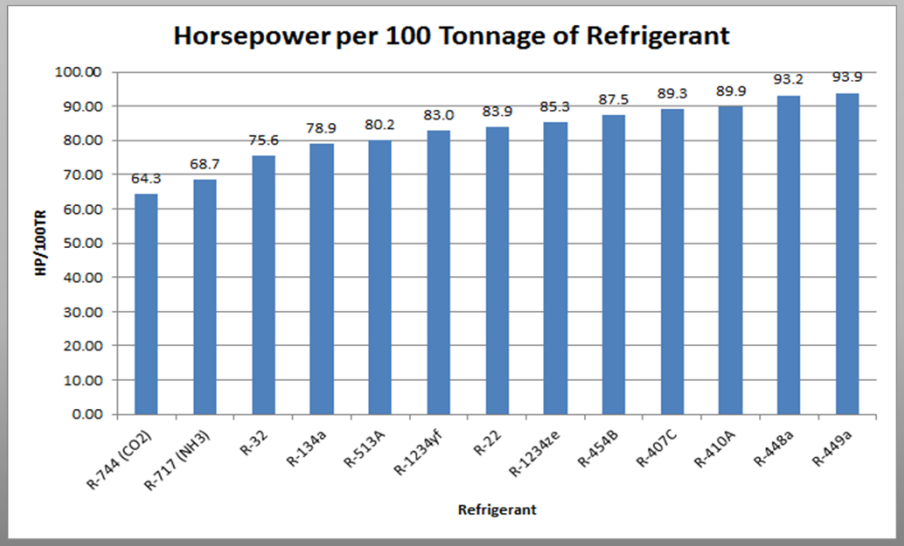


CO2 Énergie et Éfficacité

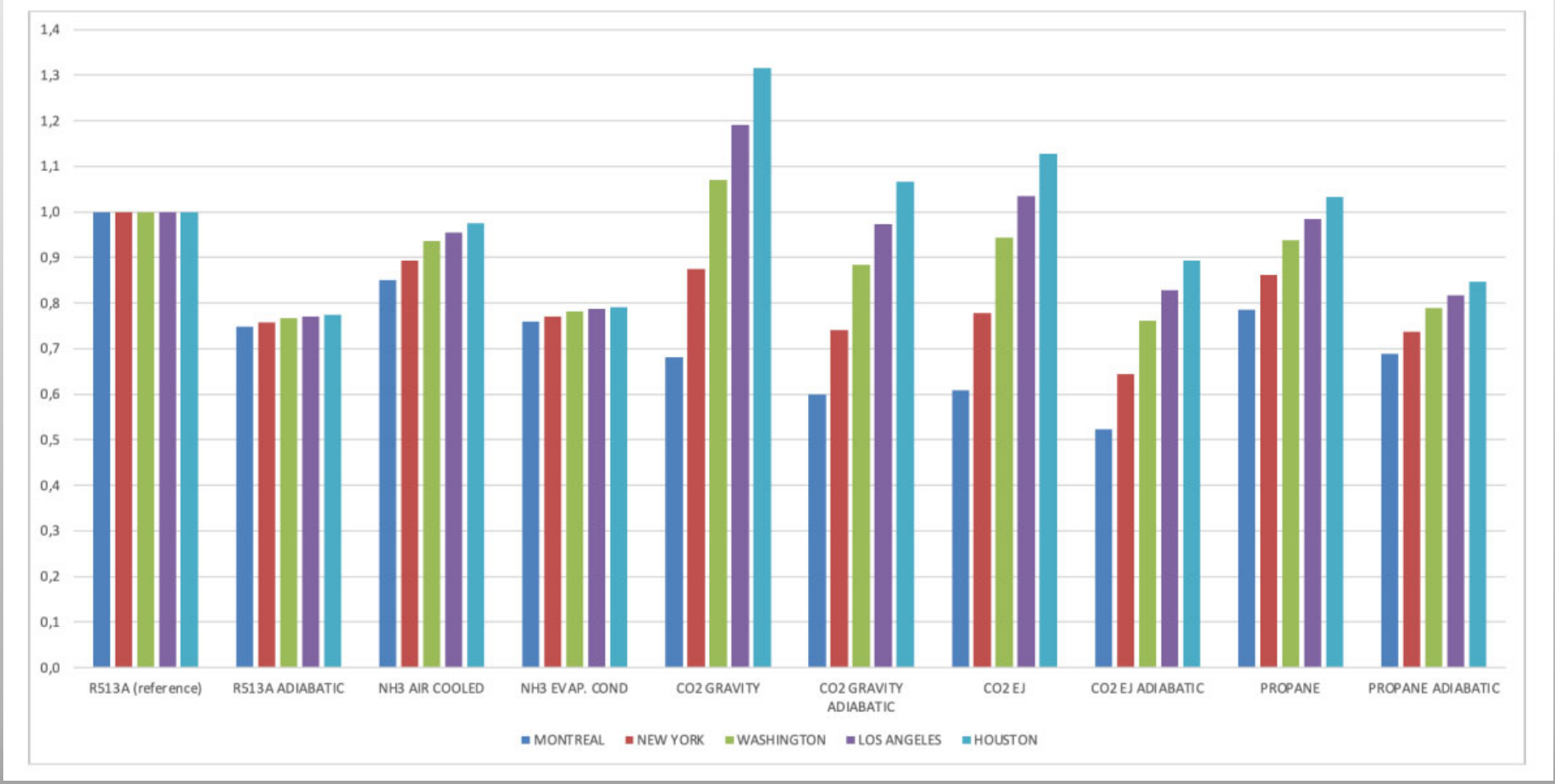








CO2 Énergie



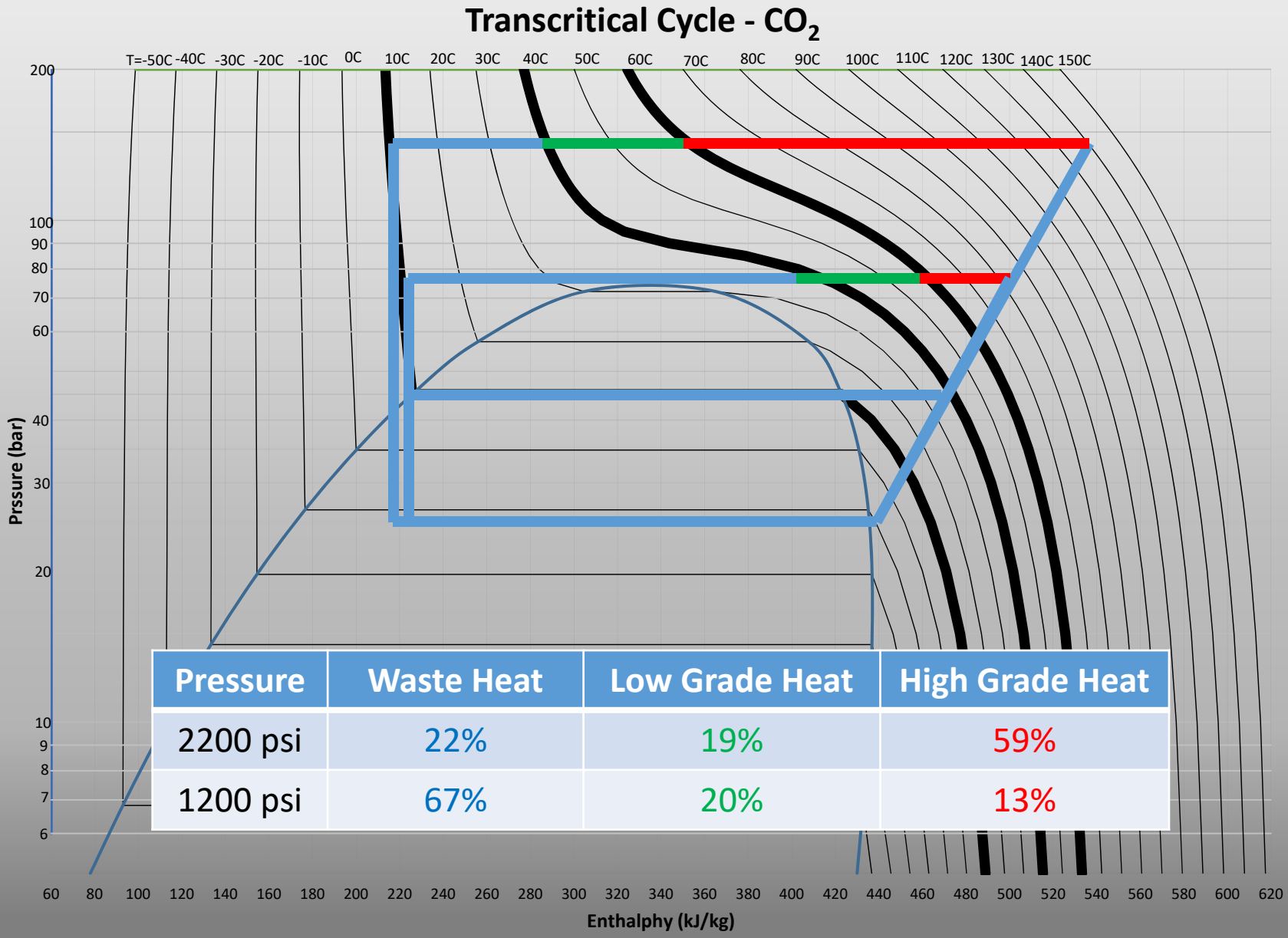
Étude par un manufacturier de compresseurs CO2 européen Washington 2022

CO2 Énergie

TABLE 1 Comparison of the simulated and measured COP for different climatic regions.

SYSTEMS	COP QUEBEC (COLD)	COP NEW YORK (MILD)	COP ATLANTA (WARM)	MEASURED EFFICIENCY
R-404A DX MT + R-404A DX LT	3.5	3.1	2.8	3,5 (Cold)[5]
(1) R-404A DX MT / CO_2 DX LT	3.4	3.1	2.8	3,8 (Cold)[5]
(1) R-134a DX MT / CO_2 DX LT	3.4	3.1	2.9	Not Available
(2) R-404A / P.Glycol MT / CO_2 DX LT	2.8	2.4	2.1	2,8 (Cold)[5]
(3) R-290 / Pumped CO_2 MT / CO_2 DX LT	3.8	3.4	3.1	Not Available
(3) R-717 / Pumped CO_2 MT/CO_2 DX LT	3.8	3.4	3.1	Not Available
(3) R-134a / Pumped CO_2 MT / CO_2 DX LT	3.3	3.0	2.8	Not Available
(4) Transcritical CO_2 DX MT / CO_2 DX LT	4.1	3.3	2.8	5 (Cold)/ 4(Moderate)[3]

CO_2 Récupération de Chaleur



Pressure	Waste Heat	Low Grade Heat	High Grade Heat
2200 psi	22%	19%	59%
1200 psi	67%	20%	13%

CO_2 Récupération de Chaleur

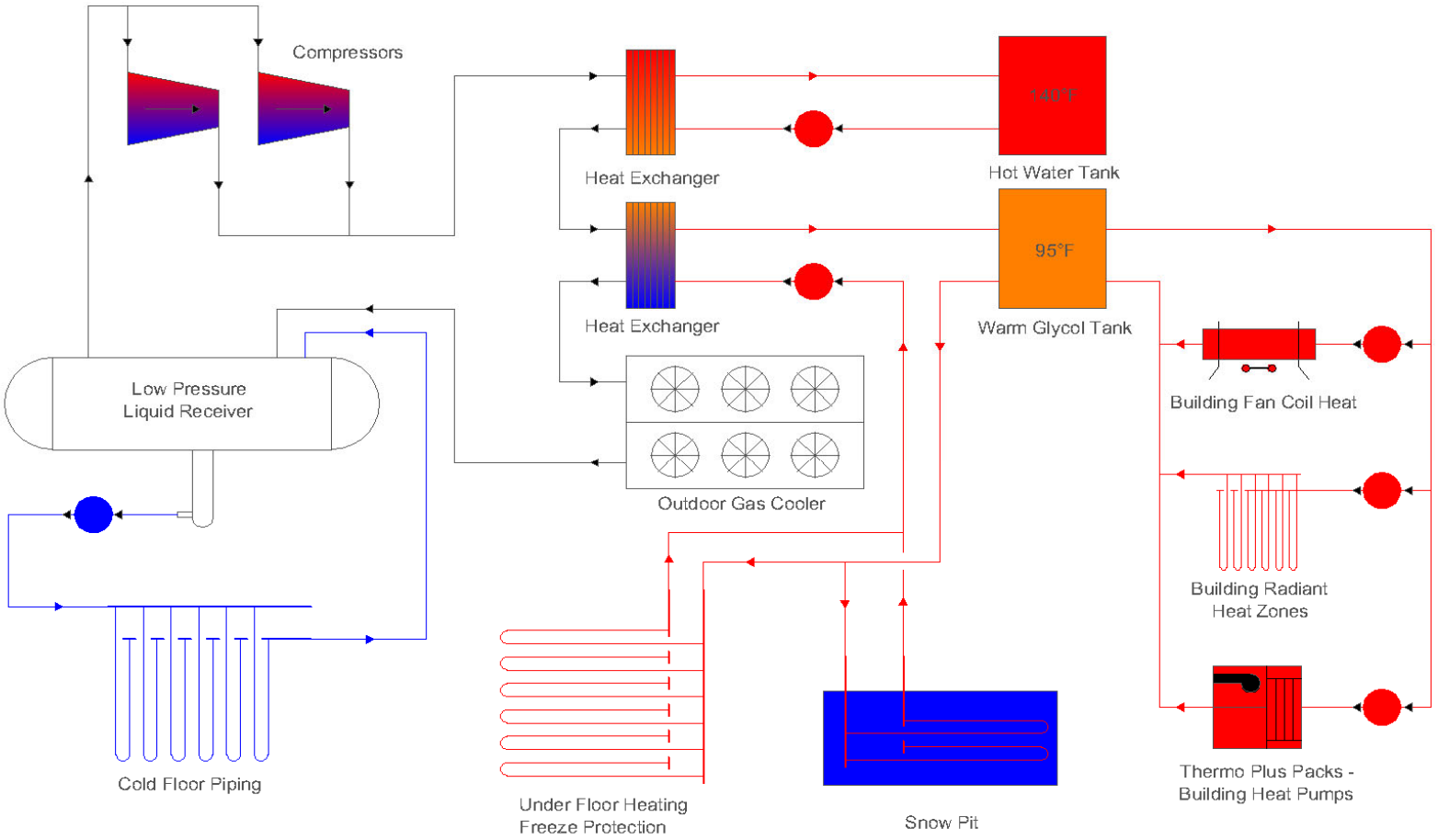


Figure 3: CO2 Refrigeration System with no Secondary Refrigerant

CO_2 Récupération de Chaleur

CO_2 Pression

- La pression durant l'opération
- La pression durant l'arrêt du système
- Code CSA B52 – Réfrigération
- Code CSA B51 - Appareils et tuyauteries sous pression

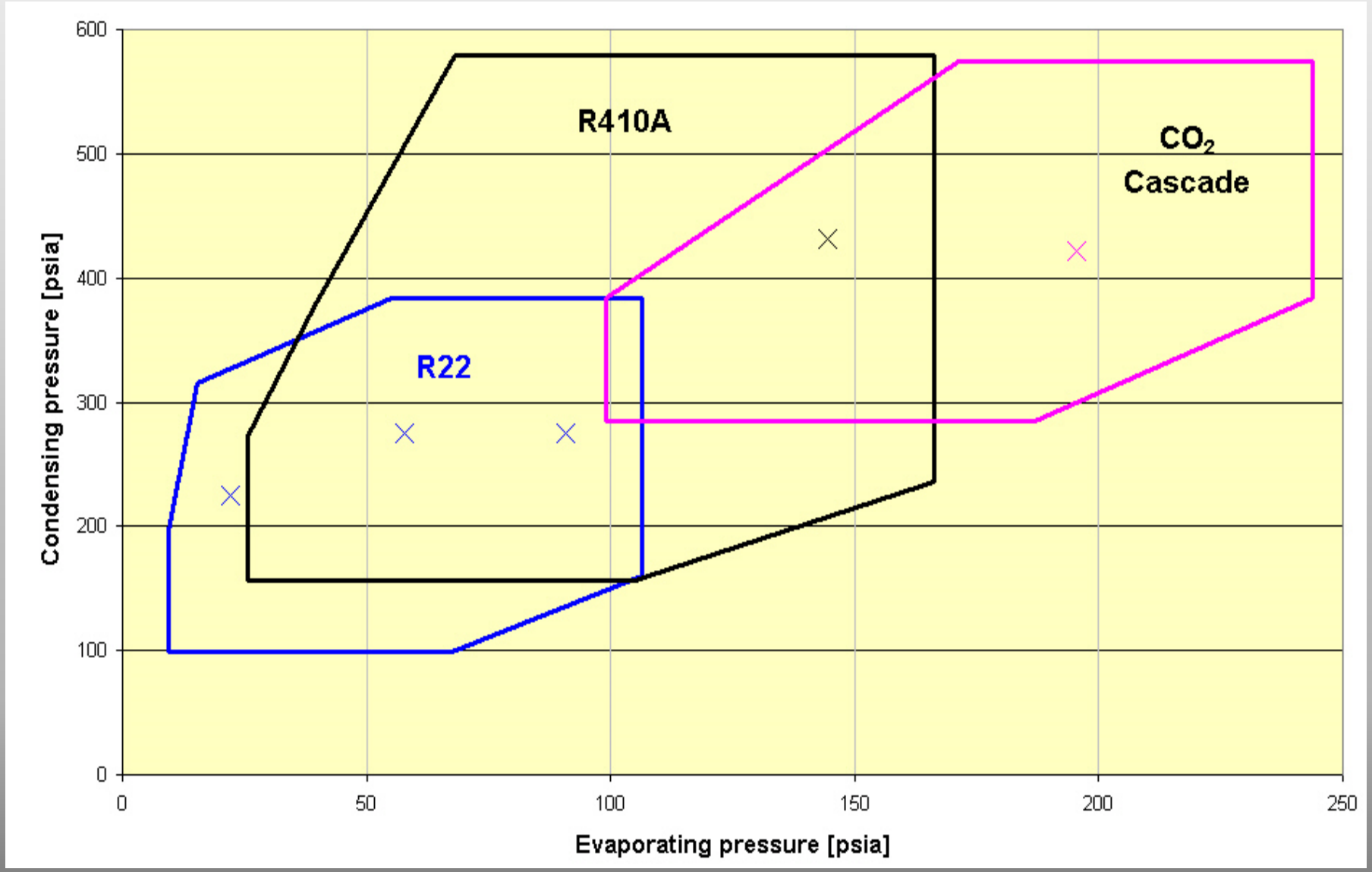
CO_2 Pression B-52

Tableau 6.1
Pressions minimales* de calcul
(Voir les articles 6.2.1 et 8.1.2)

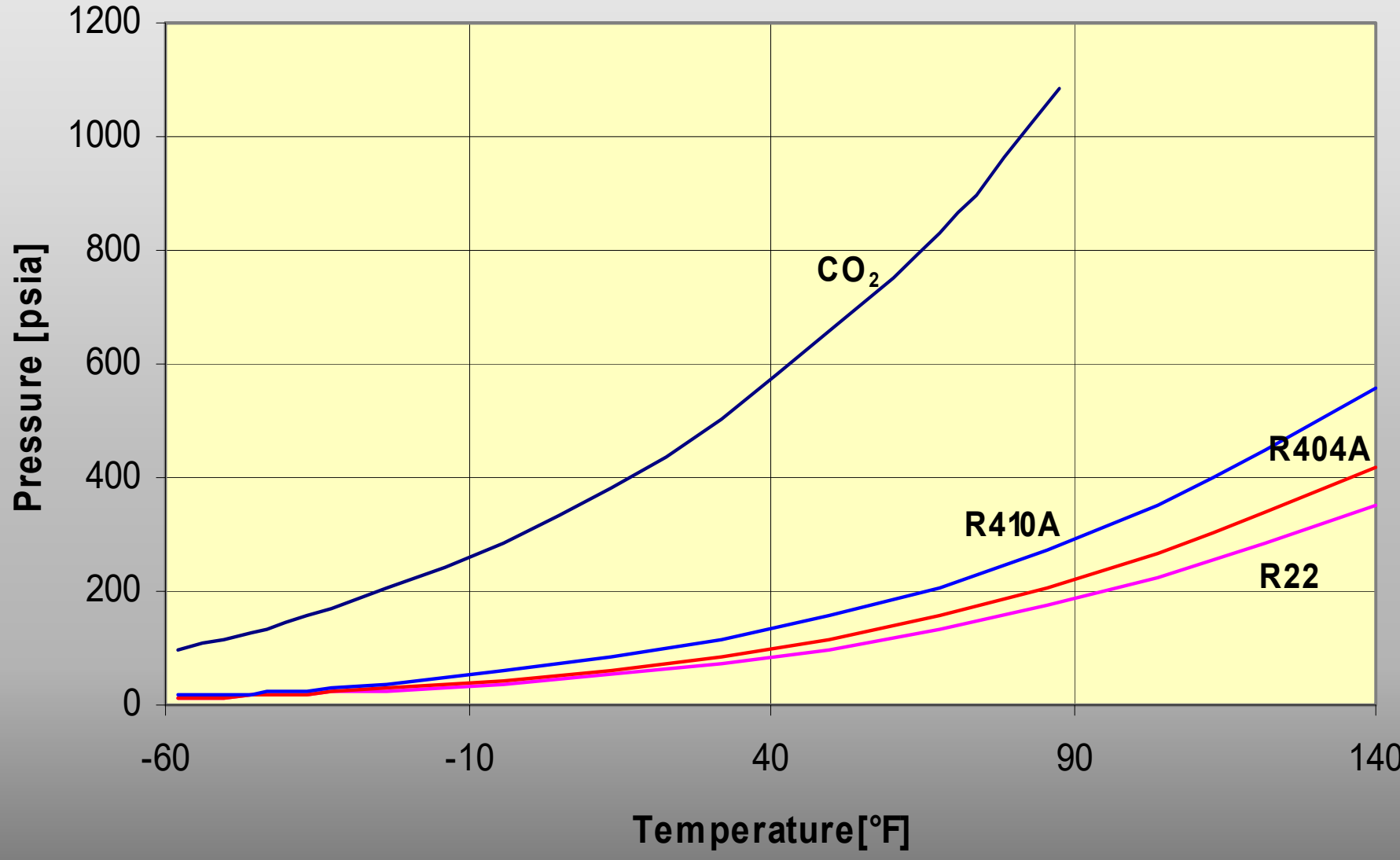
		Pressions minimales de calcul (manomètre)					
				Côté haute pression			
		Côté basse pression		Refroidi à l'eau ou par évaporation		Refroidi à l'air	
Frigorigène	Nom	kPa	(lb/po^2)	kPa	(lb/po^2)	kPa	(lb/po^2)
R-11	Trichlorofluorométhane	103	15	103	15	145	21
R-12	Dichlorodifluorométhane	579	84	875	127	1165	169
R-13	Chlorotrifluorométhane	3591	521	3770	547	3770	547
R-13B1	Bromotrifluorométhane	1585	230	2213	321	2826	410
R-14	Tétrafluorométhane	375	544	3750	544	3750	544
R-22	Chlorodifluorométhane	993	144	1454	211	1916	278
R-40	Chlorure de méthyle	496	72	772	112	1041	151
R-113	Trichlorotrifluoroéthane	103	15	103	15	103	15
R-114	Dichlorotétrafluoroéthane	124	18	241	35	365	53
R-115	Chloropentafluoroéthane	1048	152	1337	194	1737	252
R-123	Dichloro-2,2trifluoro-1,1,1 éthane	103	15	103	15	125	18
R-134a	Tétrafluoroéthane 1,1,1,2	593	86	937	136	1282	186
R-170	Éthane	4246	616	4887	709	4887	709
R-290	Propane	889	129	1296	188	1682	244
R-C318	ctafluorocyclobutane	234	34	407	59	586	85
R-500	Dichlorodifluorométhane, 73,8 % et fluorure d'éthylidène, 26,2 %	703	102	1055	153	1399	203
R-502	Chlorodifluorométhane, 48,8 % et Chloropentafluoroéthane, 51,2 %	1110	161	1599	232	2075	301
R-503	Trifluorométhane, 40,1 % et Chlorotrifluorométhane, 59,9 %	4253	617	4253	617	4253	617
R-600	N-Butane	159	23	290	42	420	61
R-600a)	Isobutane	269	39	434	63	607	88
R-611	Formiate de méthyle	103	15	103	15	103	15
R-717	Ammoniac	951	138	1475	214	2020	293
R-744	Dioxide de carbone	6583	955	7293	1058	7293	1058
R-764	Dioxide de sulphure	310	45	538	78	793	115
R-1150	Éthylène	5046	732	5046	732	5046	732

* Les conditions d'expédition, de fonctionnement et de mise en attente peuvent nécessiter le choix d'une pression de calcul supérieure.
† Les pressions de saturation correspondent à une température du côté basse pression de 27 °C (80 °F) et à une température du côté haute pression de 40 °C (105 °F), dans un système refroidi à l'eau ou par évaporation, et de 52 °C (125 °F), dans un système refroidi à l'air.

CO_2 Pression sous critique



CO_2 Pression Transcritique



CO_2 Pression de conception

5.5 Design pressures

Δ **5.5.1**

One of the following methods shall be used to determine the design pressure of the different parts of the refrigeration system:

(a) **Method 1** — The minimum design pressure shall be not less than 103 kPa (15 psig) and, except as specified in Clauses 5.5.5 to 5.5.7, shall be not less than the saturation pressure corresponding to the following temperatures:

(i) low sides of all systems: 27 °C (80°F); and

(ii) high sides of

(1) water- or evaporator-cooled systems: 40 °C (105°F); or

(2) air-cooled systems: 52 °C (125°F).

The corresponding pressures for refrigerants in common use are specified in Table 4.

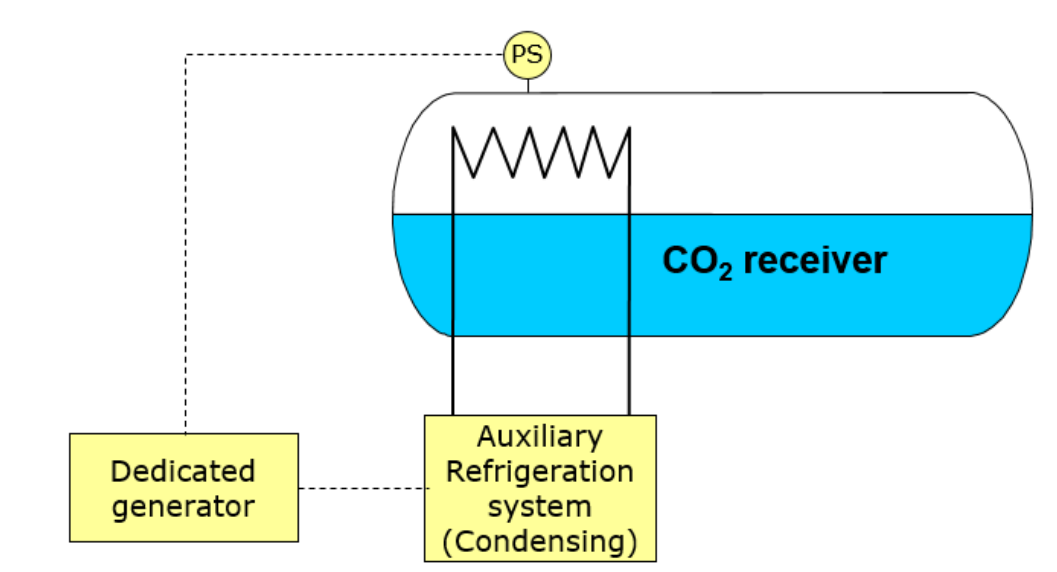
(b) **Method 2** — For carbon dioxide refrigerant, when used in the low-temperature side of a double direct (cascade) system, volatile direct system, or transcritical system, the design pressure shall be 20% higher than the saturation pressure at its warmest location in the circuit under maximum operating conditions (e.g., startup or defrost conditions). The designer shall make provision for normal and emergency standstill conditions:

(i) through provision of a fade-out vessel;

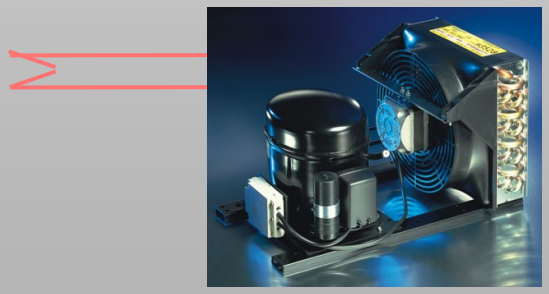
(ii) by means of safe, controlled venting, utilizing a pressure-regulating relief valve, of the secondary charge; or

(iii) by other means, such as relieving pressure safely to a lower pressure part of the system or auxiliary-powered condensing unit.

CO_2 Mesure de Sécurité pour Maintient Pression



CO_2 régulateur de pression, purge à l'atmosphère



Unité de régulation de pression

CO_2 Pression

Influence des pertes de pression a l'évaporation

- Pressure Température Relation

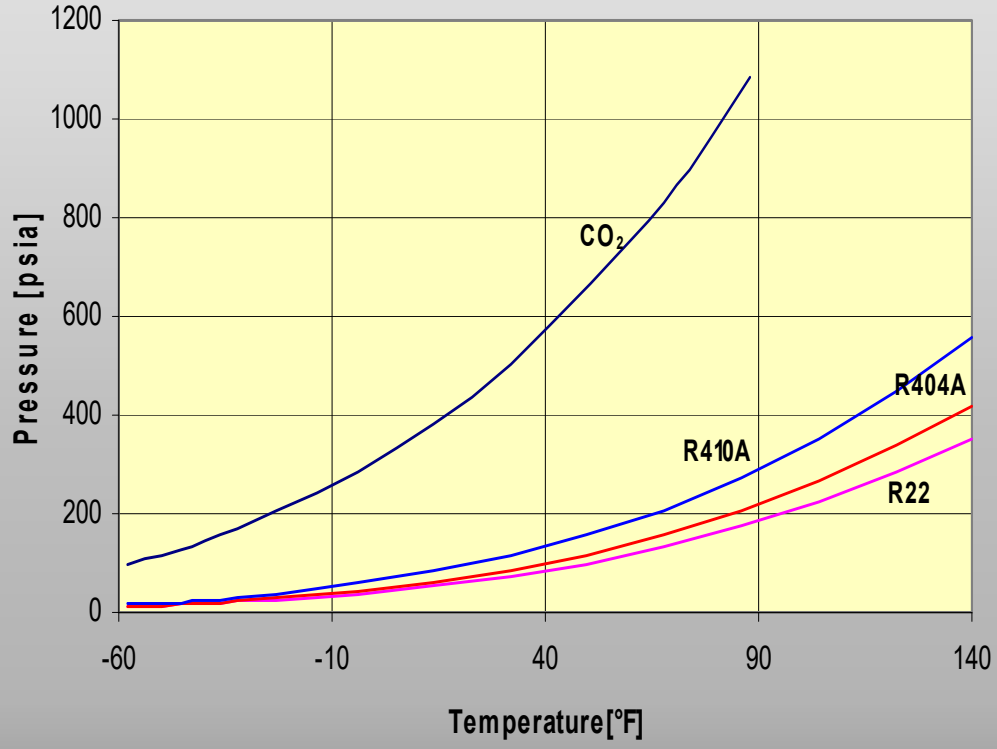
@ -25°F une perte de pression de 3psi

=> Signifie une perte de temperature de:

R404A: 4.5°F

R717: 4.6 °F

CO_2: 0.8°F



Evaporation de -25°F à -24°F

CO_2: Δ 3.7 psi

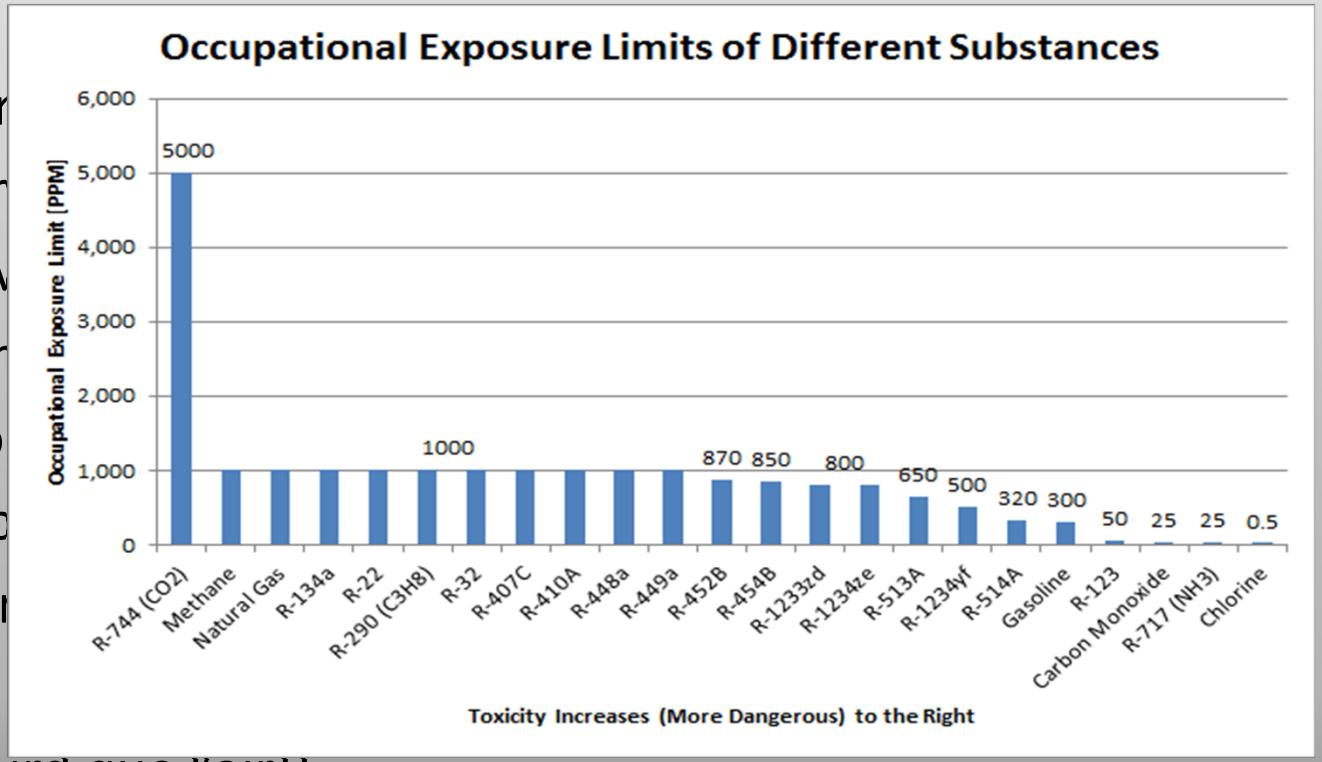
R404A: Δ 0.6 psi

CO_2 Sécurité

CO_2 et le processus respiratoire

L'effet d'une réduction d'oxygène

- 21% - Atmosphèr
- 16% - Respiration
- 14% - Bouger dev
- 12% - Pensée cor
- 10% - nausée. vo
- 8% - perte de co
- 6% - Arret respi

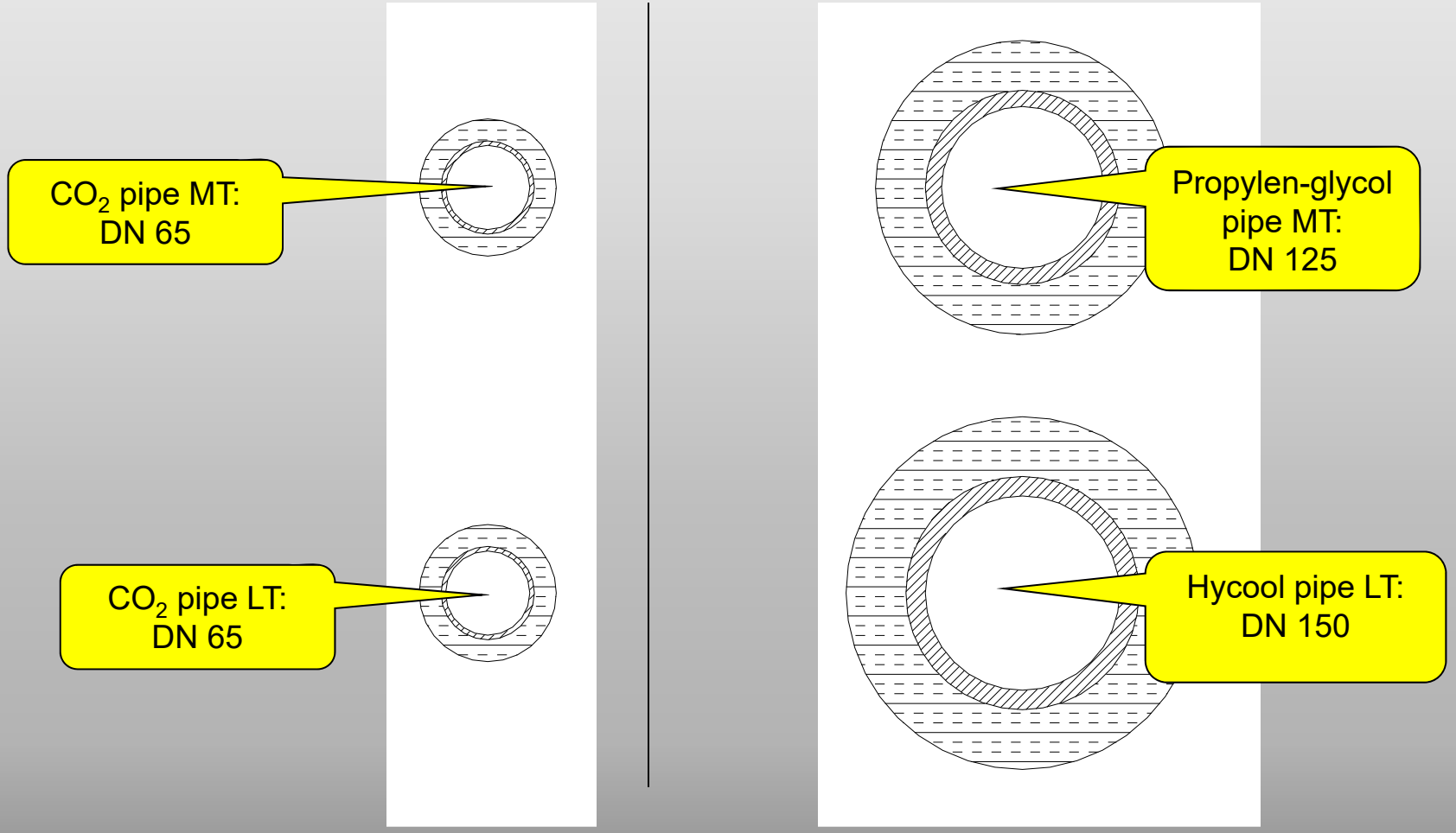


CO_2 est plus lourd que l'air!!

CO_2 Dimensionnement de la Tuyauterie

Refrigérant				R134a	R717	CO_2
Retour humide	Δp	bar	[psi]	0.0212 [0.308]	0.0303 [0.439]	0.2930 [4.249]
	Velocité	m/s	[ft/s]	11.0 [36.2]	20.2 [66.2]	8.2 [26.9]
	Diamètre	mm	[inch]	215 [8.5]	133 [5.2]	69 [2.7]
Liquid line	Diamètre	mm	[inch]	61 [2.4]	36 [1.4]	58 [2.3]

CO_2 Dimensionnement de la Tuyauterie

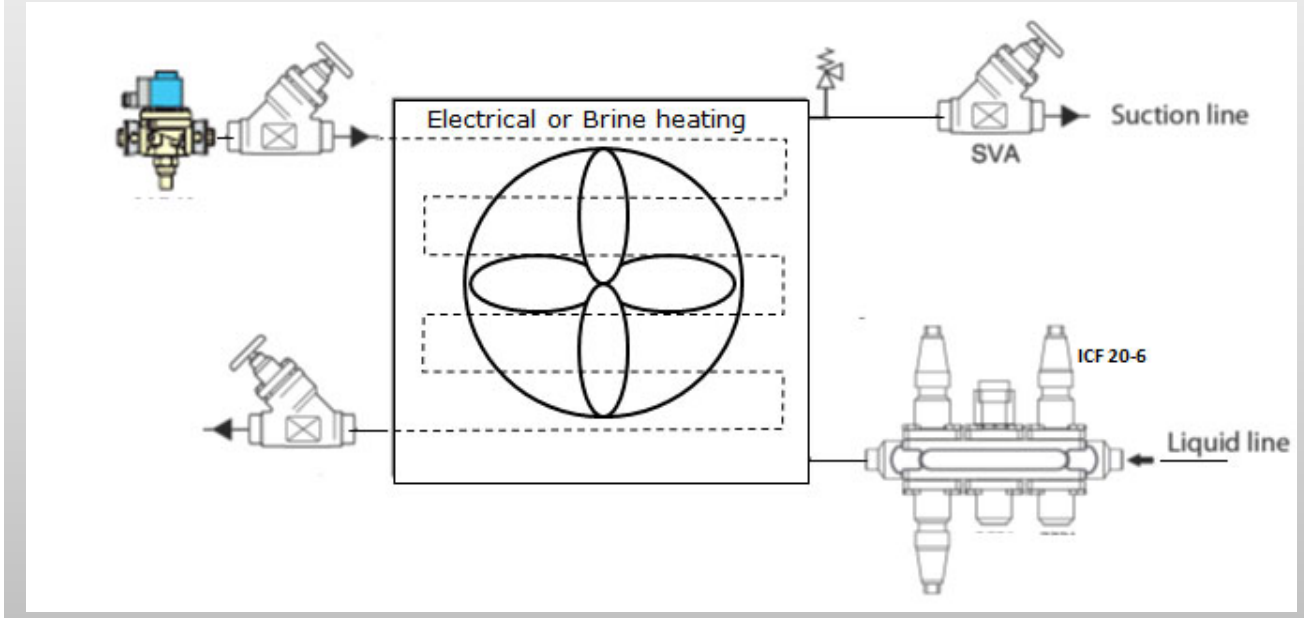


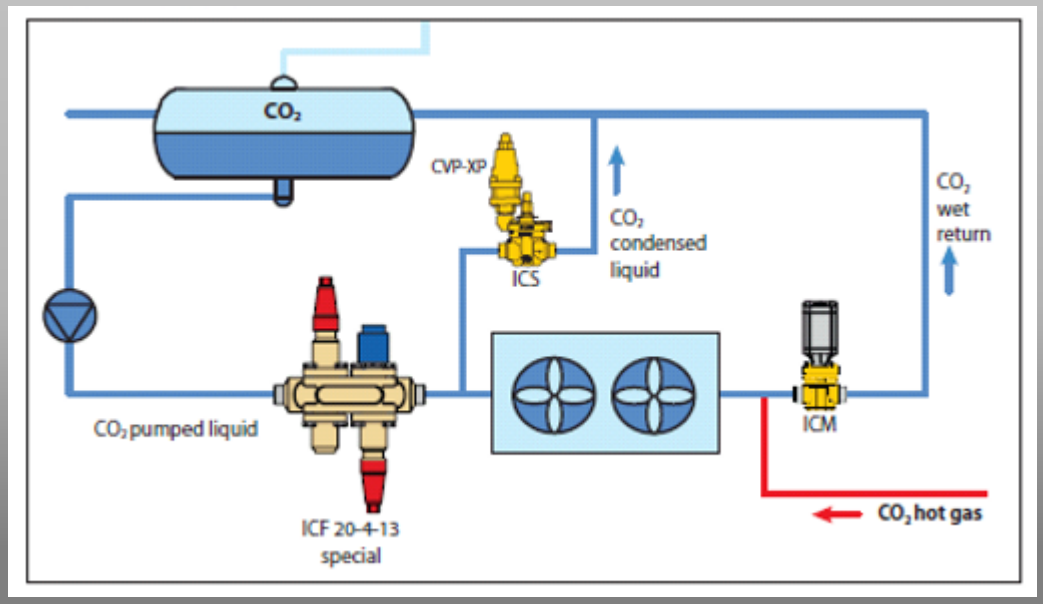
CO_2 Particularités et Défis

- Puissance réduite
- Semi Hermétique
- B-52 et KW moteur
- Valve de surpression
- Gestion de l'huile, type
- Surchauffe

CO_2 Particularités et Défis

CO_2 Particularités et Défis

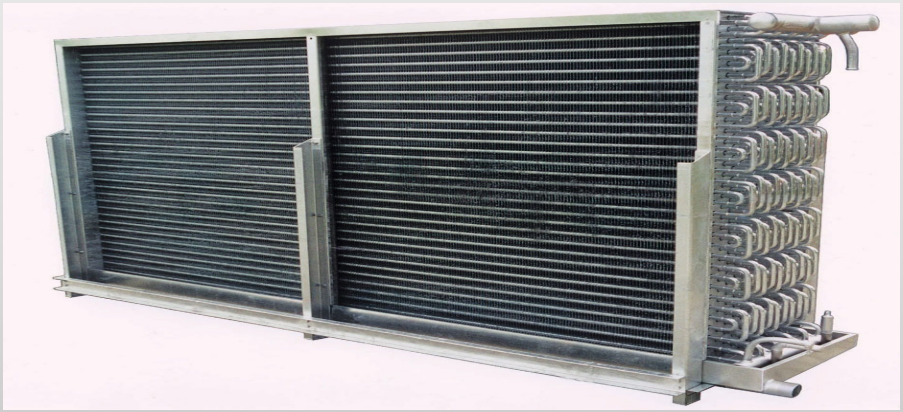


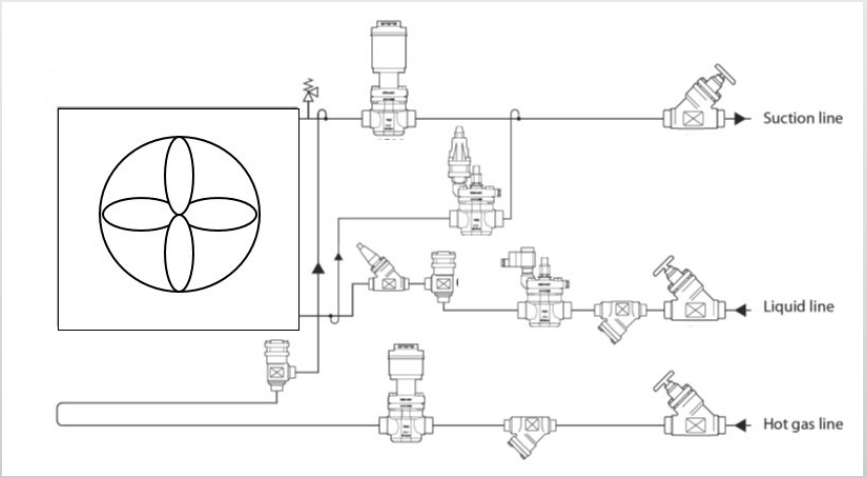


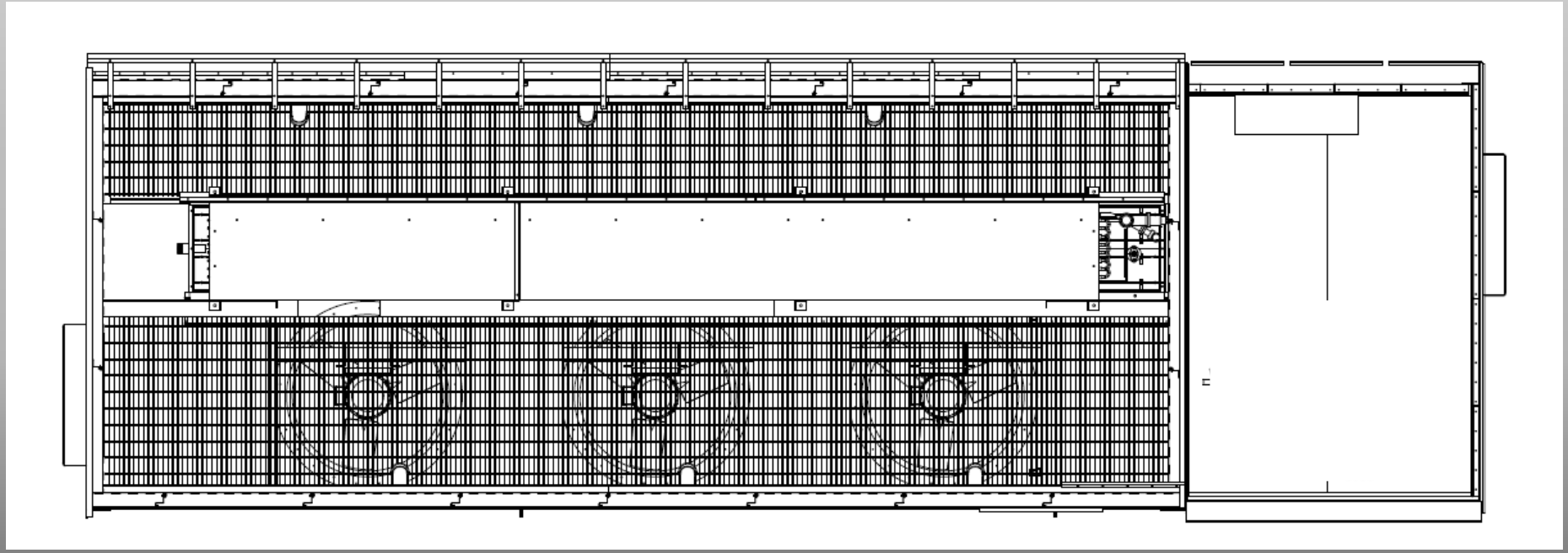
CO_2 Transcritique Circuits Indépendants

CO_2 Transcritique Boucle Principale DX

CO_2 Évaporateur de 40 TR / 120 Kw

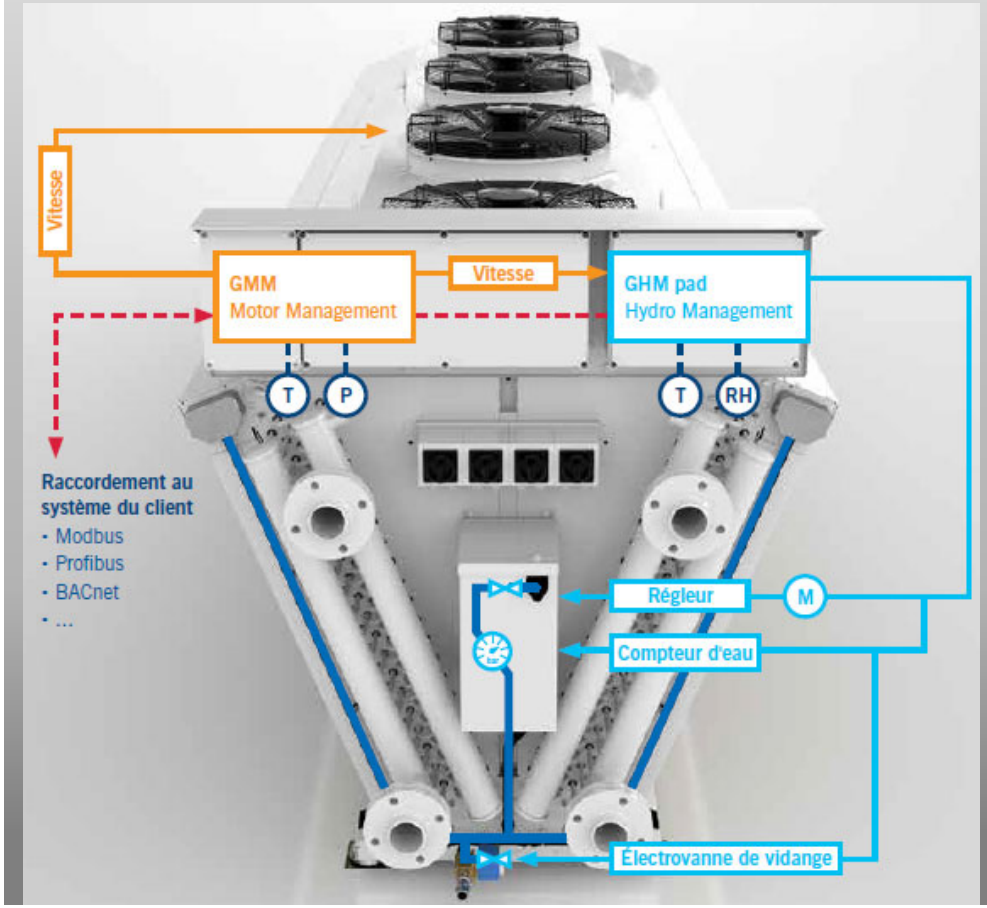


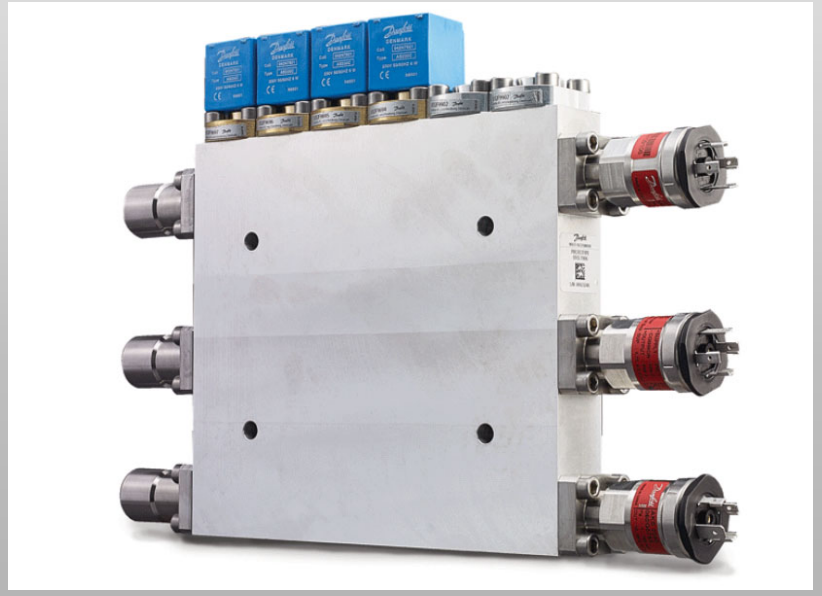




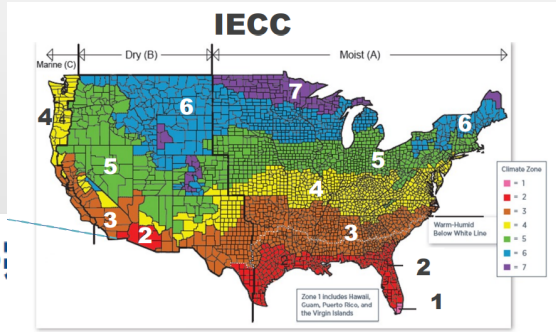
CO_2 Particularités et Améliorations

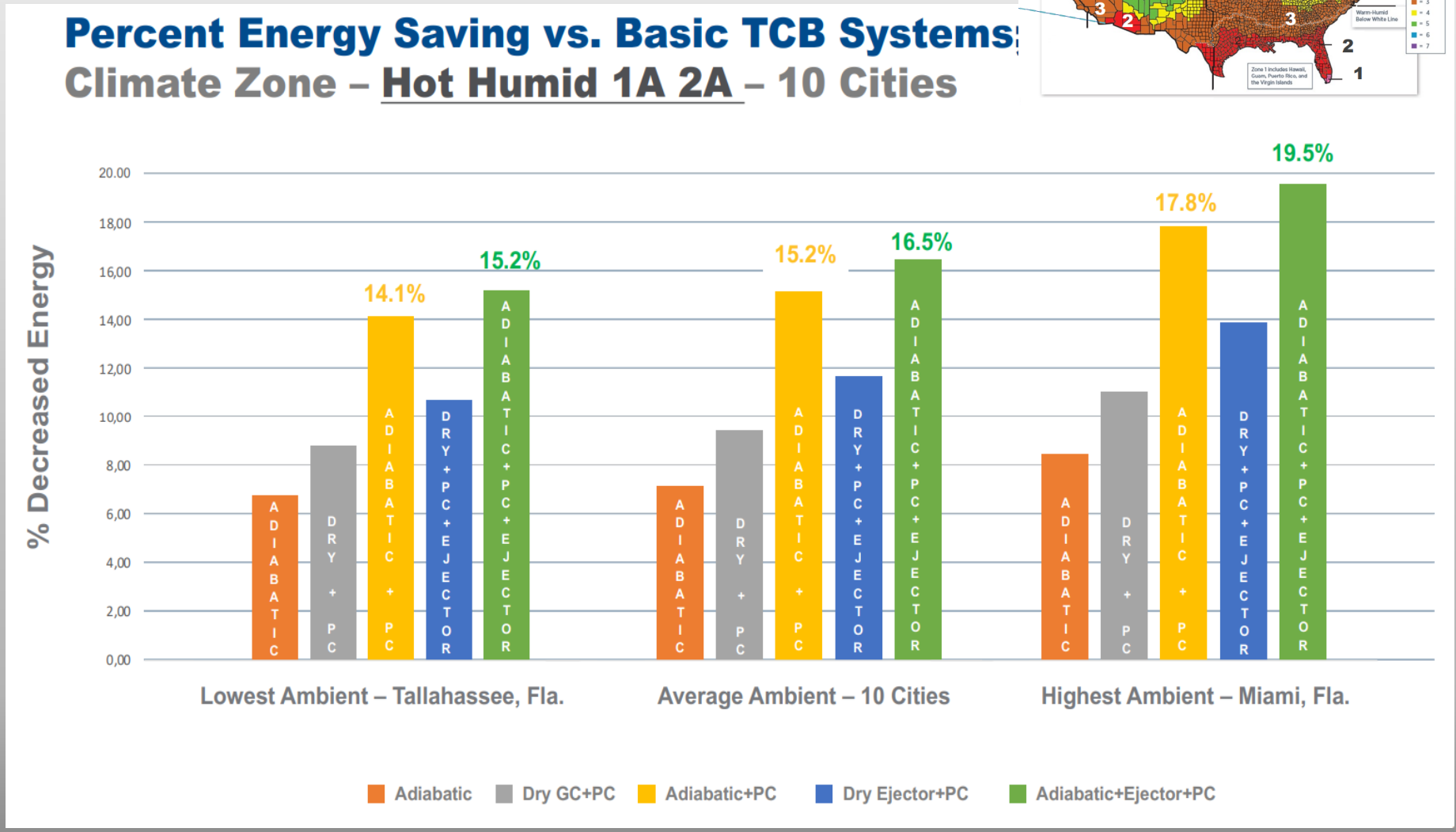
Température ambiante et pénurie d'eau





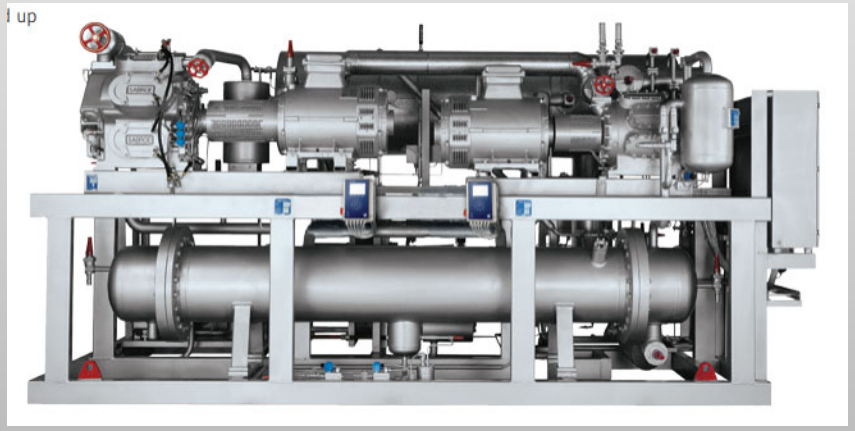
CO2 Énergie

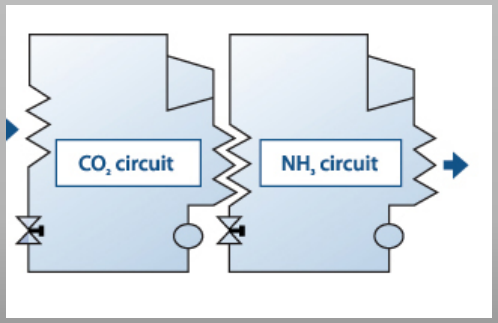




Étude conjointe manufacturier américain et firme de consullant expert en énergie Washington 2022

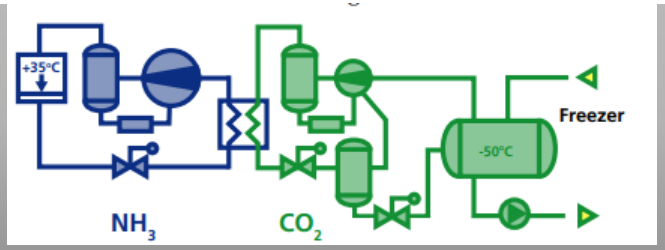
Ammoniac / CO_2 salle des machines



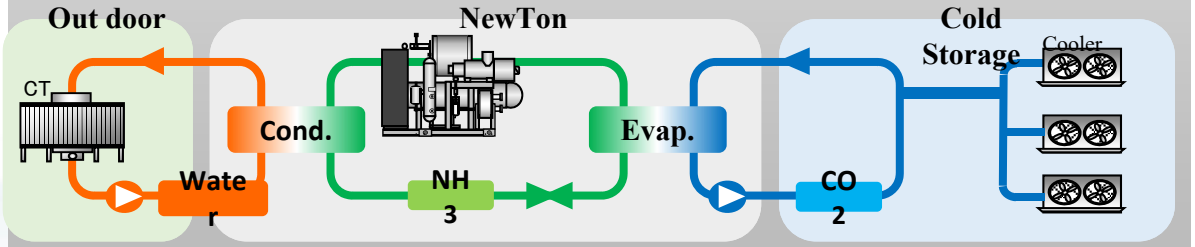


Ammoniac / CO_2 Extérieure

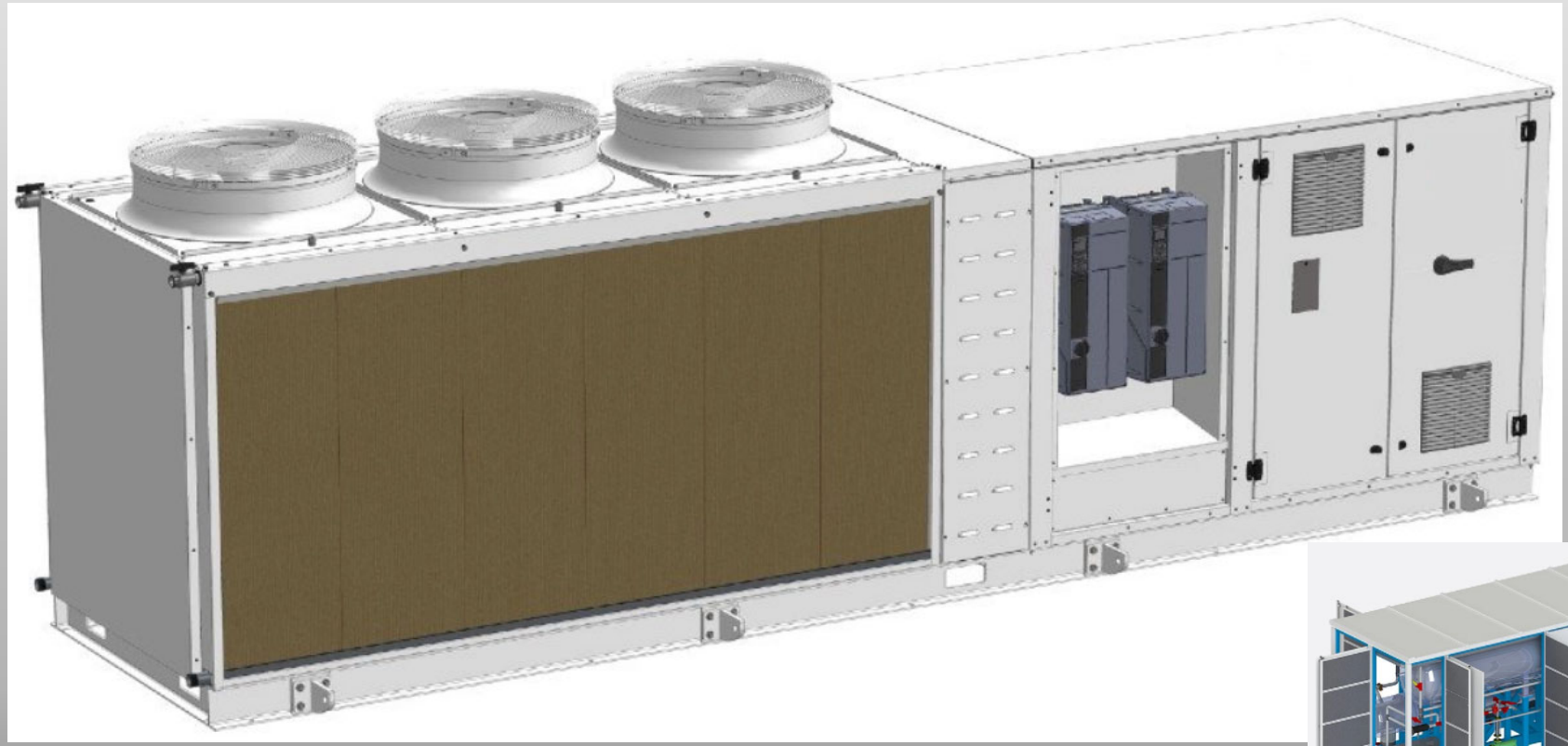
R717 R744



Ammoniac / CO_2 Pompé Basse Température



Unité de Condensation Extérieure Transcritique



Refroidisseur de Liquide Transcritique

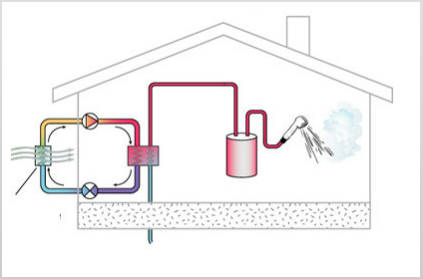
CO_2 Applications Disponibles

Supermarché
Sous critique

Transcritique

Unité de condensation transcritique

Pompe a chaleur transcritique



Réfrigération industrielle pompé

Transport maritime et routier
Transcritique

Salle de serveur
Transcritique et sous critique

Pourquoi le CO_2

Les arguments porteurs	Commercial	Refrigeration Industrielle
Environnement élimination progressive des substances qui Ont un impact CFC, HCFC, HFC, HFO:	✔	
Sécurité Toxicité et inflammabilité pour les systèmes utilisant des charges importantes d'ammoniac, peu de solutions avec réfrigérant synthétique		✔
Coûts Réduction des coûts d'opération à cause de l'efficacité énergétique des compresseurs et d'un transfert de chaleur amélioré Réduction du coût du réfrigérant. Réduction du volume des composants	✔	✔

Questions

Merci
Questions?

CO_2 Autres Applications

Norwegian Hospital Installs CO_2 Air Conditioning

By Tine Stausholm , Mar 24, 2021, 04:24 GMT-4

The chiller system for Haukeland University Hospital was designed by Danish OEM Advansor for extremely small space.

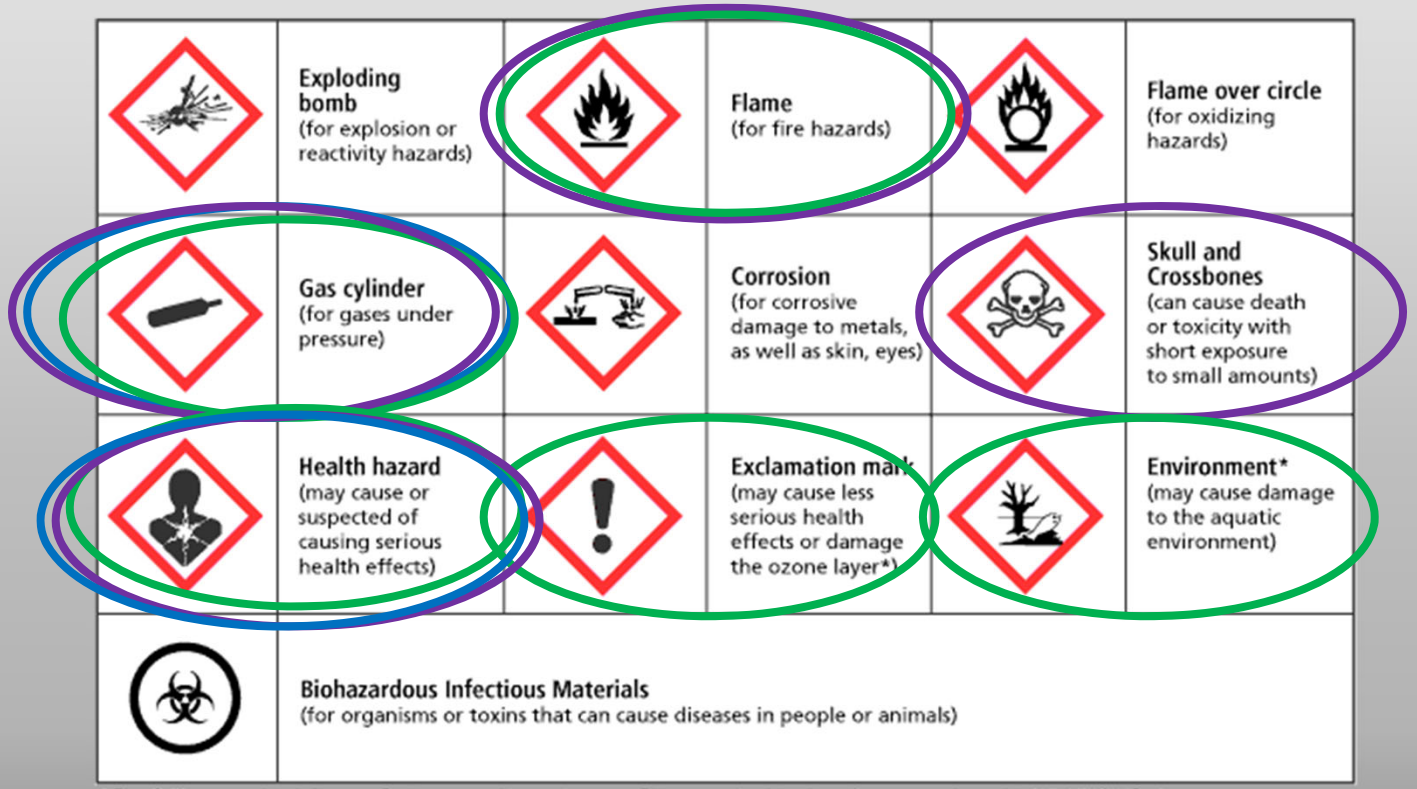
CO_2 Autres Applications

U.K. Heat Pump Industry Encouraged to Avoid HFCs During Decarbonization

By Ntsako Khosa , Mar 19, 2021, 10:33 GMT-4

Vert Technologies supports use of NatRefs following survey showing growth in heat-pump demand

CO_2 Analyse des Risques



NH_3

Synthetic

CO_2