



Promouvoir
une attitude
responsable

INDUSTRIE

INCLUANT LA PARTIE STOCKAGE FRIGORIFIQUE



LES SOLUTIONS POSSIBLES

ARCHITECTURE ET EMPLACEMENT DE L'INSTALLATION (SUIVANT CLASSE D'EMPLACEMENT EN378)



		R-454C / R-455A	R-1233zd(E)	R-1234ze(E)	R-290
Classe III Salle des machines ou à l'air libre (Ensemble du circuit frigo)	Positif	Refroidisseur de liquide	Refroidisseur de liquide (Compresseur centrifuge)	Refroidisseur de liquide	Refroidisseur de liquide
	Négatif				
Classe II Compresseur dans salle des machines ou à l'air libre (Evaporateur dans l'espace occupé)	Positif	Installation centralisée ou semi-centralisée			
	Négatif	Installation centralisée ou semi-centralisée			
Classe I Dans l'espace occupé (Ensemble du circuit frigo)	Positif				
	Négatif				
Classe III Salle des machines ou à l'air libre (Ensemble du circuit frigo)	Positif	<ul style="list-style-type: none"> Refroidisseur de liquide Installation centralisée en SDM avec production de liquide 			
	Négatif	<ul style="list-style-type: none"> Refroidisseur de liquide Installation centralisée en SDM avec production EG ou alcali 			
Classe II Compresseur dans salle des machines ou à l'air libre (Evaporateur dans l'espace occupé)	Positif		Installation transcritique booster		
	Négatif	Installation centralisée en SDM	Installation centralisée (transcritique) ou cascade en étage BP associée à des (HFC/HFO ou HC)		
Classe I Dans l'espace occupé (Ensemble du circuit frigo)	Positif				
	Négatif		Groupe de condensation sur boucle d'eau (détente directe)		



Promouvoir
une attitude
responsable

R-454C / R-455A R-1233zd(E) R-1234ze(E) R-290 R-717 (NH₃) R-744 (CO₂)

Type de fluide (HFC/HFO/HC/Inorganique)	HFC/HFO	HCFO	HFO	HC	Inorganique	Inorganique
PRP F-Gas UE/2024/573	146	3,88	1,37	0,02	0	1
Classe d'inflammabilité + LFL	R-454C : A2L - 0,293 kg/m ³ R-455A : A2L - 0,431 kg/m ³	A1	A2L - 0,303 kg/m ³	A3 - 0,038 kg/m ³	B2L - 0,116 kg/m ³	A1
Groupe de fluide DESP	1	2	2	1	1	2
Soumis aux Quotas F-Gas	Concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné
Contraintes réglementaires spécifiques	++	+ à ++	++	+++	+++	++
Complexité de la maintenance (Formation, sécurité, outillage...)	Formations : A2L ¹ et AA ² Outillage / EPI adaptés	Formations AA ²	Formations A2L ¹ et AA ² Outillage / EPI adaptés	Formations : A3 ¹ et AA ² Outillage / EPI adaptés	Formation « NH ₃ » ³ et AA ² Outillage / EPI adaptés	Formations : CO ₂ ¹ et AA ² Outillage / EPI adaptés
Performance théorique froid positif ⁴	3,8	4,1	3,9	3,9	3,9	2,9
Performance théorique froid négatif ⁵	Simple étage : 2,2	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Simple étage éco : 2,5	Cascade R-717/R-744 : 2,4 Transcritique : 1,8
Maturité de la solution (Proto, field test, disponible)	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible

¹ Le Code du travail (Art. L230-2, et L4161-1) impose à l'employeur de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs

² Attestation d'aptitude selon règlement (UE) 2024 / 2215

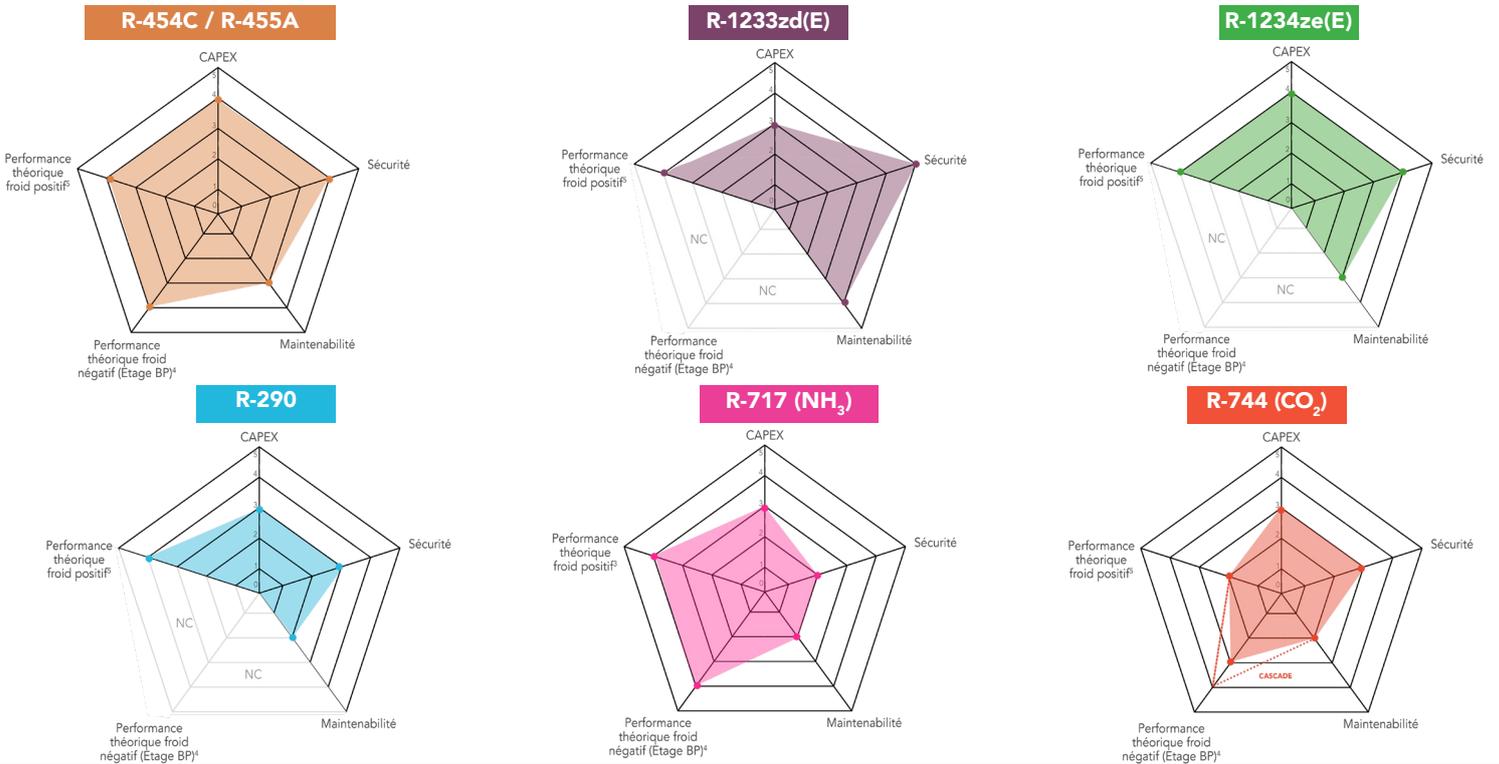
³ La formation à la sécurité NH₃ est obligatoire (Code du travail + NF EN 378-4). Sa mise en œuvre est liée à la charge contenue dans l'installation

⁴ HFC/HFO, HFO, HC : Tk = 45°C - To = -10°C - SC = 5K - SR = 10K - Rendement isentropique = 100% - CO₂ cycle avec éjecteur : Pression Gas Cooler = 95barA - Tsortie Gas Cooler = 37°C - To = -10°C - SC = 5K - Rendement isentropique = 100%

⁵ HFC/HFO, HFO, HC : Tk = 45°C - To = -30°C - SC = 5K - SR = 5K - Rendement isentropique = 100% - NH₃ : simple étage avec économiseur

CO₂ architecture en cascade : Etage HP au R-717 : Tk = 45°C - To = -5°C - SC et SR = 5K - Rendement isentropique = 100% - Etage BP au R-744 (CO₂) : Tk = 0°C - To = -30°C - SC et SR = 5K - Rendement isentropique = 100%

CO₂ architecture en transcritique avec éjecteur : Pression entrée Gas Cooler : 95barA - Tsortie Gas Cooler = 37°C - To = -30°C - SC = 5K - Rendement isentropique = 100%



CONCLUSION

Classe I : Cette classe est peu présente dans ce secteur si ce n'est que pour quelques rares utilisations de groupe de condensation au R-744 sur boucle d'eau en détente directe vers des postes négatifs.

Classe II : Les installations de froid négatif utilisent principalement les fluides frigorigènes inorganiques : R-717 et R-744. Les mélanges HFO/HFC sont peu représentés à ce jour. On peut néanmoins citer des réalisations avec des A2L, en froid positif ou négatif, pour des plateformes logistiques.

Classe III : On note une volonté des installateurs à s'orienter vers le R-717 ainsi que le R-290 par le biais d'architecture utilisant un réseau d'eau glycolée. Certains fabricants proposent des refroidisseurs de liquide au R-1270 (Propylène - HC - PRP F-Gas UE/2024/573 : 0) mais cette solution reste très minoritaire. Parmi les autres solutions à bas PRP, il est également intéressant de mentionner les machines à absorption qui lorsqu'elles utilisent l'énergie fatale sur un site industriel présentent un intérêt.