

«Le présent document a été traduit automatiquement sans aucune relecture de la part du service de traduction. En cas de doute, la version originale en allemand fait foi.»



SBB CFF FFS

Le R290, une solution naturelle pour remplacer les frigorigènes synthétiques dans les appareils de climatisation ferroviaires

Ralf Hofer, PP-UHR-FSY-EUE-KT

Soleure, 30.11.2023





Réglementations sur les fluides frigorigènes

Réglementations

	Procès-verbal de Montréal 1987	Interdiction des CFC en 1994 CH (Osubst)	Interdiction des HCFC en 2000	Interdiction des substances stables dans l'air 2004	Gaz F Règlement (CE) no 517/2014	Kigali Amendement 2016	Nouvel-lancement F-Gas 2023
	Ab 1755	Ab 1929	Ab 1988	Ab 2000	Ab 2004	Ab 2015	
Sujet	Technische Machbarkeit	Sicherheit • Brennbarkeit • Toxizität	Ozonloch • Chlor (ODP, Ozonabbau-potenzial)	Erderwärmung • GWP (Global Warming Potential)		Erderwärmung • GWP • unbekannte Risiken	
Point fort	Natürliche Kältemittel	FCKW	HFCKW FKW	HFKW Natürliche Kältemittel		HFO Natürliche Kältemittel	
Réfrigérant	Äther Schwefelsäure Dichlorethylen CO ₂ Ammoniak	R11 R12 Ammoniak	R22 R124 R142b Ammoniak	R134a R404A R410A R32 Ammoniak, CO ₂	R1234ze R1234yf Propan Ammoniak, CO ₂		

La technique de réfrigération industrielle commence avec des fluides frigorigènes naturels, comme le NH₃. Ceux-ci ne sont pas sans danger, à quelques exceptions près. Certains sont explosifs, d'autres sont toxiques. Le souhait d'une plus grande sécurité a donné naissance, à partir de 1929 environ, aux fluides frigorigènes synthétiques (CFC, HCFC, HFC), qui sont moins dangereux à manipuler. Ce n'est que plus tard que l'on s'est rendu compte qu'ils constituaient une menace pour l'environnement.



Les fluides frigorigènes contenant du chlore endommagent la couche d'ozone. C'est pourquoi les fluides frigorigènes qui appauvrissent la couche d'ozone (CFC, HCFC) sont interdits depuis 1994/2000.

Aux CFF, les installations frigorifiques de climatisation de toutes les voitures de voyageurs GEIE/EC, des Re450 et des Re460 ont été modifiées entre 1995 et 2009 pour passer du réfrigérant R12 au R134a grâce à un procédé spécial de refit comprenant plusieurs opérations de rinçage.

Réglementations sur les fluides frigorigènes (situation actuelle)

Les gaz à effet de serre fluorés (HFC/PFC) ont, selon les substances, un impact très important sur le climat, l'effet étant 100 à 24 000 fois plus important que pour le dioxyde de carbone (échelle de comparaison).

Die wichtigsten Treibhausgase

Treibhausgase sind Gase in der Erdatmosphäre, die den Wärmehaushalt der Erde verändern. Zu den wichtigsten zählen:

Kohlendioxid	Methan	Distickstoff-oxid	Fluorierte Treibhausgase
CO_2	CH_4	N_2O	HFKW, FKW, SF_6 , NF_3
Quellen:			
Verbrennung fossiler Brennstoffe, Industrie, Abholzung	Reisanbau, Viehhaltung, Mülldeponien, Klärwerke, Verbrennen von Biomasse	Künstliche Düngemittel, Viehhaltung, Verbrennen fossiler Brennstoffe	nicht natürlich; Treibgase, Kühl- und Löschmittel oder in Schallschutzfenstern

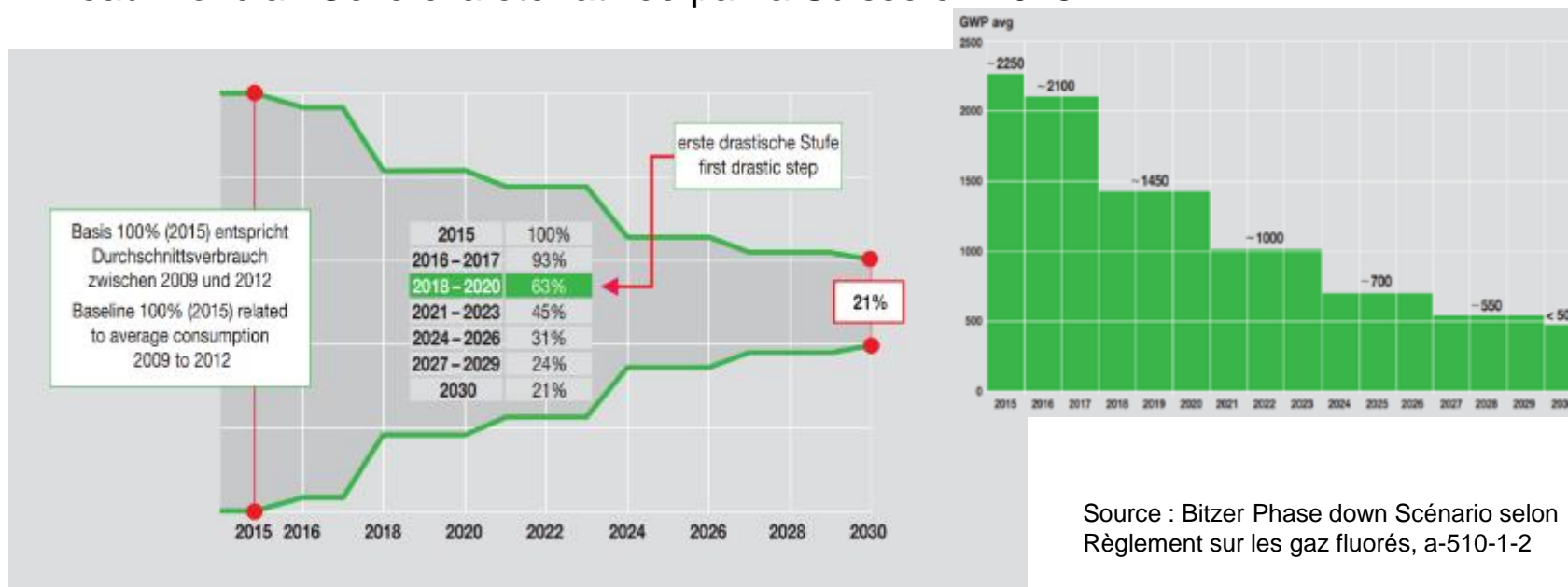
Der Treibhauseffekt



Quelle: dpa, UBA, WWF, WMO

t-online.de

Le **règlement européen sur les gaz fluorés (CE) n° 517/2014**, qui est également suivi par l'**ORRChim (RS 814.81)**, prévoit une réduction progressive de 79 % de la consommation d'hydrocarbures fluorés (HFC) d'ici 2030. En **2016**, la **conférence des Nations unies de Kigali** a décidé de l'élimination à long terme des HFC/PFC au niveau mondial. Celle-ci a été ratifiée par la Suisse en 2018.



Source : Bitzer Phase down Scénario selon Règlement sur les gaz fluorés, a-510-1-2

La disponibilité du R134a, principalement utilisé par CFF Voyageurs, est garantie jusqu'à présent. Coûts en hausse depuis la 1re vague de réduction

Nouveau règlement sur les gaz fluorés

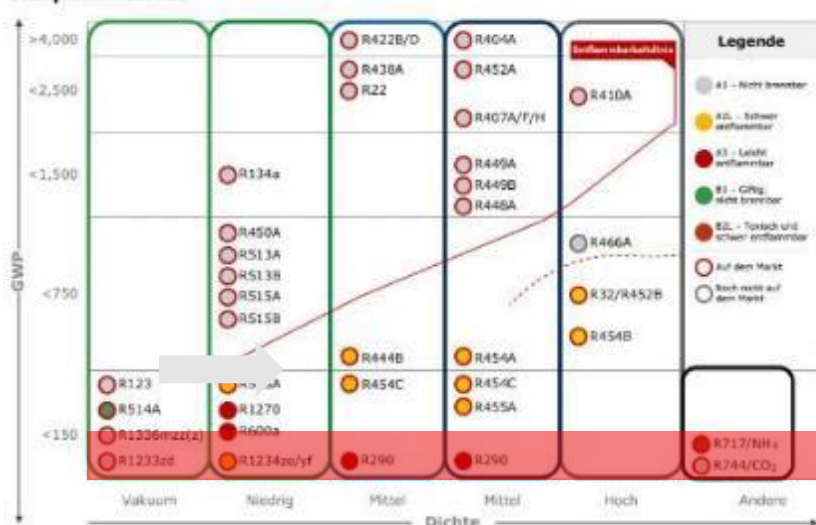
Accord de trilogue 10/23



Le Parlement et le Conseil de l'UE se sont mis d'accord sur une proposition de compromis concernant le règlement sur les gaz fluorés, qui se présente comme suit :

- **2050 Accélération de la réduction progressive** des quantités de gaz à effet de serre fluorés disponibles **jusqu'à un niveau net de zéro**.
- **2027** Interdiction des nouveaux systèmes de réfrigération fixes, monoblocs/climatiseurs avec des fluides frigorigènes fluorés **GWP>150**, dont le R134a, et **interdiction complète des gaz fluorés** pour ces produits à partir de **2032**
- **2027 Interdiction des pompes à chaleur** et climatiseurs **split air-eau** avec gaz F **GWP>150**, des pompes à chaleur split air-air à partir de **2029** et **interdiction complète des gaz F** à partir de **2035**.
- **2030** Interdiction des installations frigorifiques fixes (à l'exception des chillers) Gaz fluorés **GWP>150**
- **2032** Interdiction de service et d'entretien pour les installations frigorifiques stationnaires **GWP>750**, sauf pour les fluides frigorigènes recyclés.
- **2035 La production de gaz fluorés est désormais réduite jusqu'à 15%**, l'offre continue de baisser.
- **§10c : Les systèmes de climatisation et de réfrigération dans les moyens de transport** ont des taux de fuite particulièrement élevés en raison des vibrations qui se produisent pendant le transport. Le décret oblige les exploitants à effectuer des **contrôles de fuites**/installer des systèmes de détection de fuites et de récupération.
- **§6a Référence à la réglementation PFAS** qui sera adoptée en 2023. Les **HFOS (hydrofluorooléfines)** appartiennent au **groupe de substances des PFAS**. Leur toxicité pour l'environnement et l'homme est avérée. Certains PFAS ne peuvent être éliminés par les méthodes traditionnelles. C'est pourquoi les fournisseurs d'eau demandent depuis des années l'interdiction de certains PFAS.
- **§32 A partir de 2028, l'importation et l'exportation** de HFC et de produits et d'équipements contenant des HFC **sont interdites**.

Hauptkältemittel



Source: KKA, Comment est-ce que ça continue ? 03/2019 Technique

GWP im Verhältnis zur Dichte (Druck der wichtigsten Kältemittelgruppen)

Kältemittel mit Kohlenstoffwerten (KW, FKW, HFCWKW); GWP im Verhältnis zur Dichte (Druck) der wichtigsten Kältemittelgruppen

Réfrigérants disponibles sur le marché après **2027 avec un GWP<150**



Source : UBA 2021 - Hydrofluorocarbon Emission Reduction : A Crucial Contribution to Climate Protection

Situation des fluides frigorigènes en Suisse

L'ORRChim (RS 841.81), annexe **2.10 / édition du 1.6.23**, définit les substances et groupes de substances qui sont interdits ou autorisés de manière limitée comme fluides frigorigènes en raison de leur effet sur la couche d'ozone et le climat (GWP).

- Détails de la situation actuelle voir [fluides frigorigènes \(admin.ch\)](https://www.admin.ch/fluidesfrigorigenes)
- Les systèmes de climatisation dans les véhicules ferroviaires n'ont pas été explicitement mentionnés jusqu'à présent.
- **Depuis 2020, l'interdiction des réfrigérants avec un GWP ≥ 2500 est déjà en vigueur pour les nouvelles installations** (quantité de remplissage ≥ 40 t d'équivalent CO₂) et **à partir de 2030, l'interdiction de recharger** avec des réfrigérants recyclés.

La consultation sur la révision de l'ORRChim a été menée pendant l'été 2023.

Dans la **révision de l'ORRChim** actuellement en consultation, **qui entrera probablement en vigueur le 1.5.2024**, les **"climatiseurs utilisés dans les véhicules à moteur, les véhicules ferroviaires et les bateaux"** seront inclus pour la première fois au point d. du chapitre 2.1 Interdictions.

Les installations frigorifiques avec condenseurs à air d'une puissance $>50\text{kW}$ et utilisant des fluides frigorigènes avec un **GWP > 750** **seraient** concernées par les interdictions.

Dans le chapitre 2.2 Exceptions, des dérogations sont également possibles lorsque :

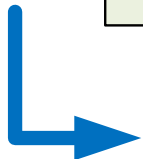
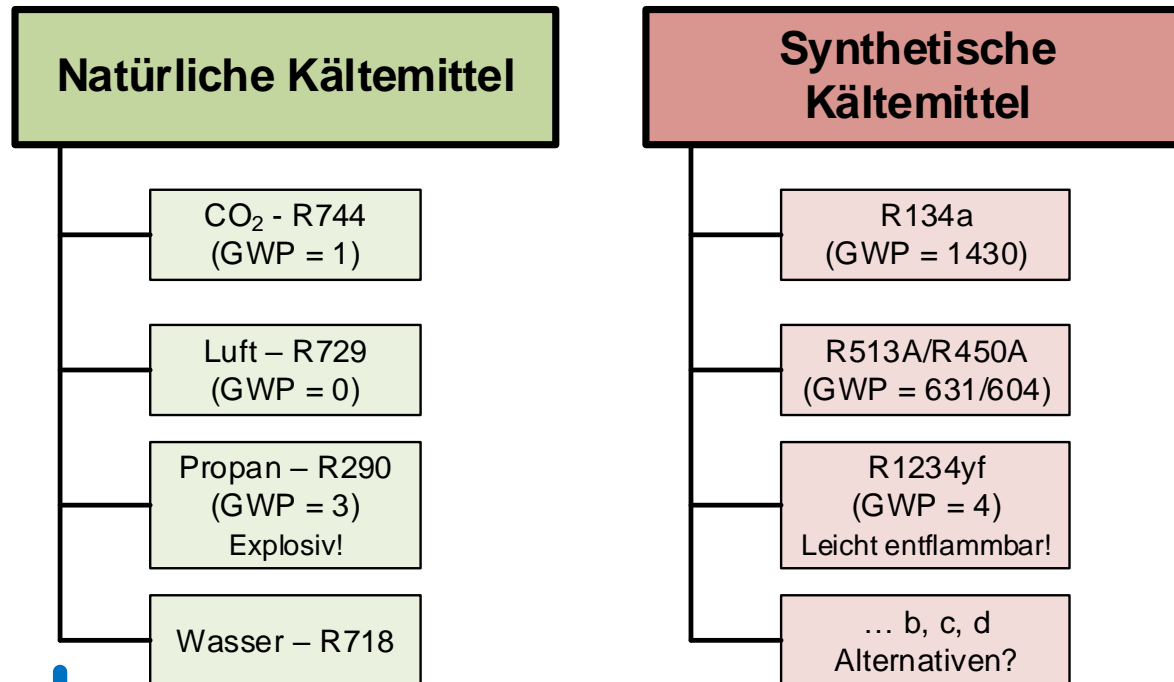
- a. selon l'état de la technique, il n'existe pas de substitut ;
- b. si le fluide frigorigène présente un potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone inférieur ou égal à 0,0005, et
- c. les mesures disponibles selon l'état de la technique pour éviter des émissions du fluide frigorigène.

Selon l'OFEV, c'est la législation européenne qui est déterminante pour le projet d'ORRChim. Etant donné que des développements ont encore eu lieu au sein de l'UE (Nouvellierung), la modification de l'ordonnance sera différente de la version qui a été mise en consultation. Des consultations sont en cours avec la branche.



Conséquences de la réglementation sur les fluides frigorigènes

Quo vadis – Kältemittel?



Welche Technologie ist die richtige für die Zukunft?

Alternatives aux fluides frigorigènes (classes de danger)

- A1 Kältemittel (Synthetisch: Gemische R450A, R513A, R513B,
Natürlich: R744-CO₂, R729-Luft)

- A2L Kältemittel (R1234yf, R1234ze)
- A2 Kältemittel (R152a)
- A3 Kältemittel (R290a - Propan, R1270 - Propen)

Brennbar

	ungiftig	giftig	→ Kennbuchstabe = Toxizität → Kennzahl = Brennbarkeit	A wenig giftig 1 nicht brennbar, 2L medium entflammbar, 2 entflammbar, 3 explosiv
unbrennbar	A1	B1	Klassifizierung nach ISO 817	
kaum brennbar	A2L	B2L		
brennbar	A2	B2		
explosiv	A3	B3		

Classification des fluides frigorigènes selon la norme ISO 817



Comparaison des alternatives de fluides frigorigènes

(sélection des principaux fluides frigorigènes pour le secteur de la climatisation ferroviaire)

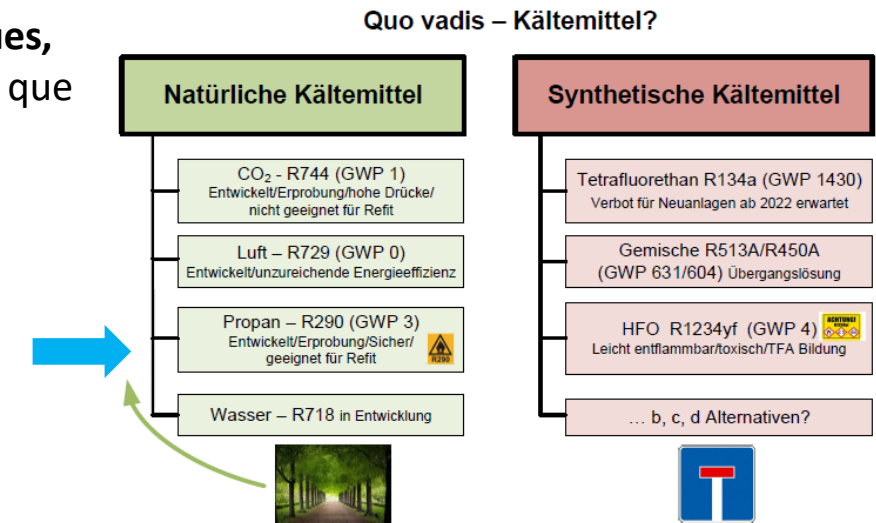
Merkmale	Ökologisch	Thermisch	Chemisch	Physiologisch
Ideale Eigenschaften	Niedriger GWP-Wert (<10) ODP = 0	Hohe Kälteleistung Guter Wärmeübergang Niedrige Drucklage	Zustandsstabil im Kältekreislauf keine Gefährdung bei Leckage keine Zersetzung	Keine Toxizität, keine Gesundheitsgefahr
Kältemittel				
R-134a (HFKW)	GWP = 1430 ODP = 0		Stabil HF Bildung an Heizelementen	MAK=1000
R-1234yf (HFO)	GWP < 5 ODP = 0	Vergleichbar zu R-134a	Langzeitstabilität in Prüfung bei Temperatur > 250°C HF-Bildung TFA-Bildung bei Zerfall in Luft Brennbar	MAK = 200
R-290 (HC)	GWP = 3 ODP = 0	Vergleichbar zu R-134a Wärmepumpe erweitert bis -20°C	Stabil keine hochtoxischen Stoffe bei Reaktion (H ₂ O und CO ₂) Brennbar	MAK=1000
R-729 (Luft)	GWP = 0 ODP = 0	Geringe Wärmekapazität niedrige Leistungszahl Temperaturgleit	Gesundheitlich unbedenklich	
R-744 (CO ₂)	GWP = 1 ODP = 0	Max. Druckniveau von ca. 140 bar	Stabil Nicht brennbar	MAK=5000

Source : Faiveley-Wabtec

Le fluide frigorigène synthétique R1234yf (HFO-hydrofluoroléfine), prescrit à l'industrie automobile en 2011, est détecté en concentrations de plus en plus élevées dans l'atmosphère (EMPA 2018). Il est extrêmement soluble dans l'eau, toxique pour les algues et contient de l'acide trifluoroacétique (TFA) difficilement dégradable, qui parvient dans les eaux par le biais des précipitations, comme le prouvent des études en Allemagne (UBA) ainsi qu'en Suisse (EMPA). Le TFA n'est pratiquement plus dégradable dans la nature (persistant).

Projets d'acquisition de véhicules

- Depuis 2018 déjà, les CFF ont **comparé, sur la base de considérations économiques, les fluides frigorigènes** alternatifs possibles, tels que le CO₂, l'air, le propane ainsi que les fluides frigorigènes synthétiques, tels que les HFO et les mélanges.
 - En raison du faible PRG du R290 (3), ainsi que d'autres avantages, tels que
 - la faible masse de remplissage de réfrigérant,
 - une puissance frigorifique volumétrique spécifique élevée,
 - des applications de PAC possibles avec un COP élevé et une large plage de températures d'utilisation,
 - des coûts maîtrisables pour les fluides frigorigènes, etc.
- les CFF ont donc décidé d'**exiger des réfrigérants naturels avec un GWP <10 dans le** cadre du projet d'acquisition de trains régionaux à un étage (FLIRT Evo actuels).
- Suite à l'évaluation des offres, tous les fournisseurs de l'époque ont proposé des appareils de réfrigération/climatisation R290.
 - Les conditions étaient ainsi réunies pour introduire le R290 comme fluide frigorigène pour les nouveaux véhicules. La décision ainsi prise sera à l'avenir le fluide frigorigène de base des CFF, car il n'est pas souhaitable d'utiliser des fluides frigorigènes hétérogènes sur les flottes de véhicules.
 - Cette tendance est désormais suivie par d'autres entreprises de transport ferroviaire comme la DB et les ÖBB.



STADLER



Flirt Evo constructeur de véhicules Stadler, fournisseur de climatiseurs MERAK, KKG's FAI effectué

Développement de prototype Refit d'un FLIRT RABe523 KKG sur R290

En se fondant sur les futures interdictions / pénuries de fluides frigorigènes, la question suivante a été posée: pourquoi ne pas rénover un climatiseur existant ?

Au moyen d'un cahier des charges (120 exigences), les conditions marginales suivantes ont notamment été définies :

- **Interfaces identiques** et performances analogiques (froid et volumes d'air)
- Logiciel modes de fonctionnement et fonctions analogiques, éventuellement adaptations DDS
- **Absence de rétroaction** en ce qui concerne l'alimentation en énergie ainsi que le comportement acoustique et vibratoire analogique
- **Des directives définies pour la réalisation de l'installation frigorifique**
- **Analyses de la sécurité/des risques et des sources d'inflammation**, documentation d'homologation dans le processus de développement
- **Test de type** du climatiseur refit ainsi que FAI
- **Formation** des responsables de systèmes et du personnel de maintenance et d'atelier
- **Gestion complète des preuves et documentation**

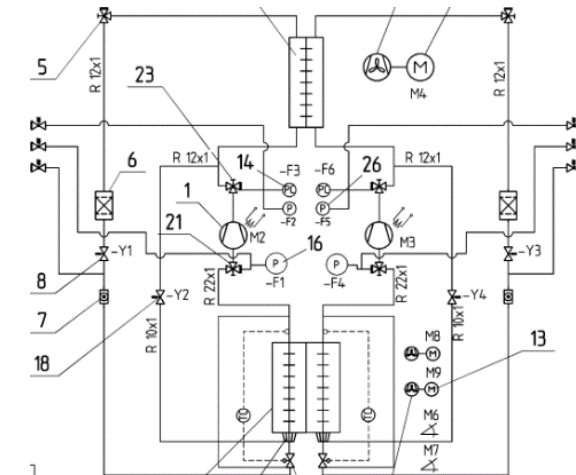


Fig. : Schéma du circuit frigorifique R134a

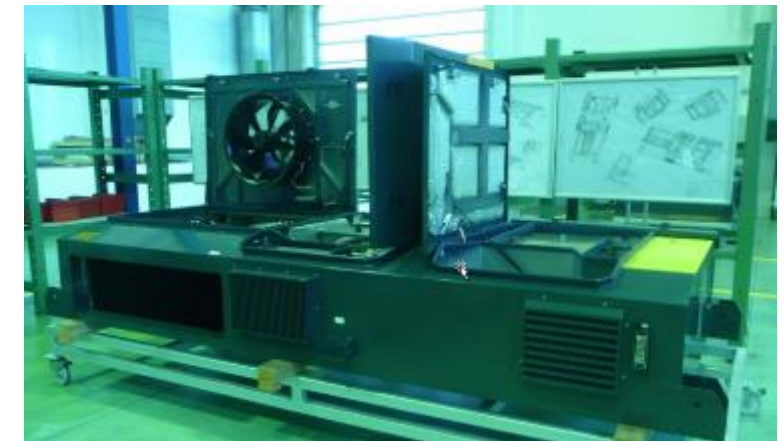


Illustration : KKG Flirt de la série CFF-art. n° : 723-56-617

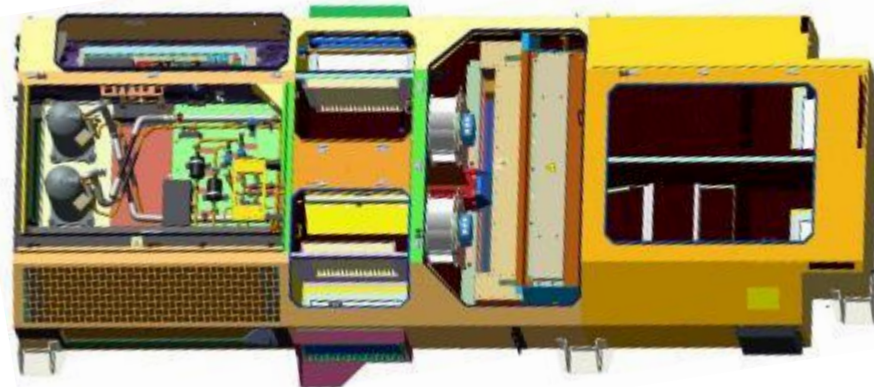
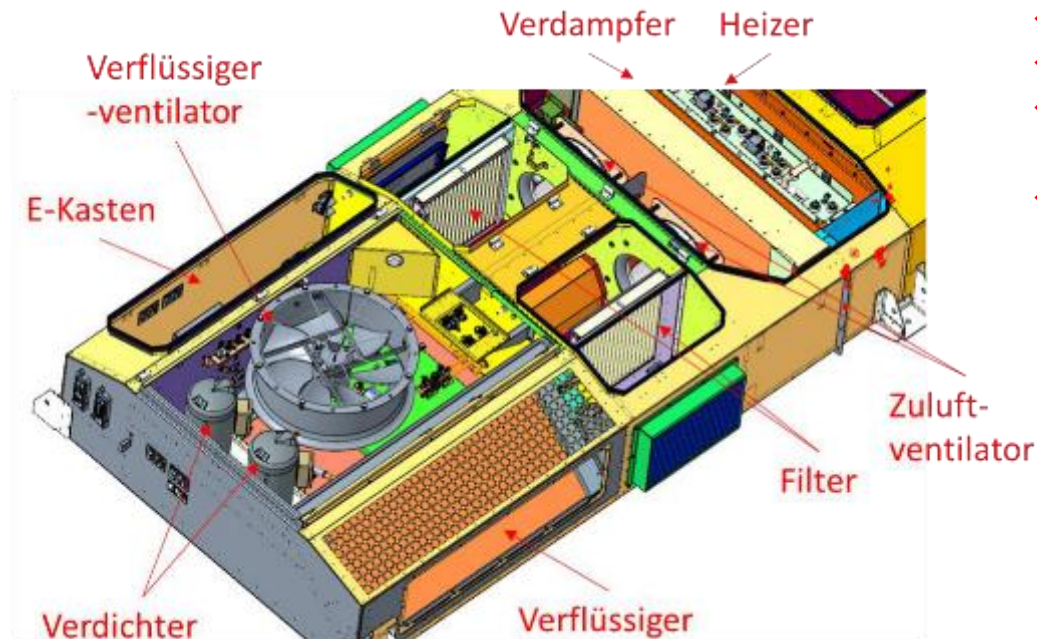
Informations sur la version R290 - Climatiseurs

- a. **Le R290 est classé comme explosif, facilement inflammable, avec une faible toxicité - groupe de réfrigérants A3.**
Température d'auto-inflammation 470°C, limite inférieure d'explosivité pour le R290 : 1.7% en volume ou 38 mg/m³ dans l'air
- b. Les installations frigorifiques sont réalisées conformément à la norme SN EN 378-1 / TRGS 722 "**durablement étanche sur le plan technique**". (SUVA 2153 Prévention des explosions) - Termes selon TRGS 722
 - ...parties de l'installation techniquement étanches**
 - il faut s'attendre à de rares rejets sur des parties de l'installation
 - rejets liés à l'exploitation => mesures nécessaires (p. ex. ventilation, zones Ex)
 - ...des parties d'installation techniquement étanches à long terme**
 - aucun rejet n'est à prévoir sur des parties de l'installation
 - pas de rejets liés à l'exploitation => pas de mesures nécessaires
- c. **Masse de remplissage limitée en fluide frigorigène** par circuit frigorifique, afin de ne pas tomber sous le coup des prescriptions de la SUVA 66139 Exploitation sûre d'installations frigorifiques et de pompes à chaleur ainsi que de la directive CFST 6517 Gaz liquide.
- d. Contrôle d'étanchéité du circuit frigorifique selon SN EN 378-2 - au moins 1 x par an, comme déjà exigé par l'ORRChim avec un détecteur de fuites, devrait être maintenu - recommandation
- e. Les travaux sur les LCC R290 en cas de concentration de gaz >25% LIE (LFL) à l'extérieur et à l'intérieur des climatiseurs doivent être immédiatement arrêtés conformément à la norme EN378-3. Détection avec détecteur de gaz / appareils de recherche de fuites pour R290



Marquage EN ISO 7010-W021

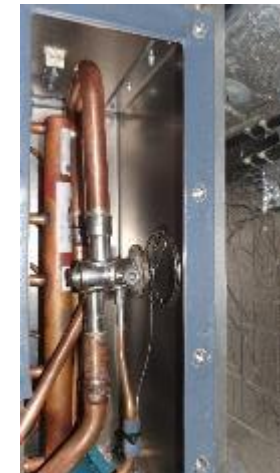
Présentation des principaux composants



- ❖ Presque tous les composants du circuit de réfrigération ont été remplacés
- ❖ Le tableau électrique a été isolé de la partie froide
- ❖ L'évaporateur est désormais équipé de tubes en cuivre / d'ailettes en aluminium
- ❖ Chambres des parties contenant du réfrigérant vers le côté confort

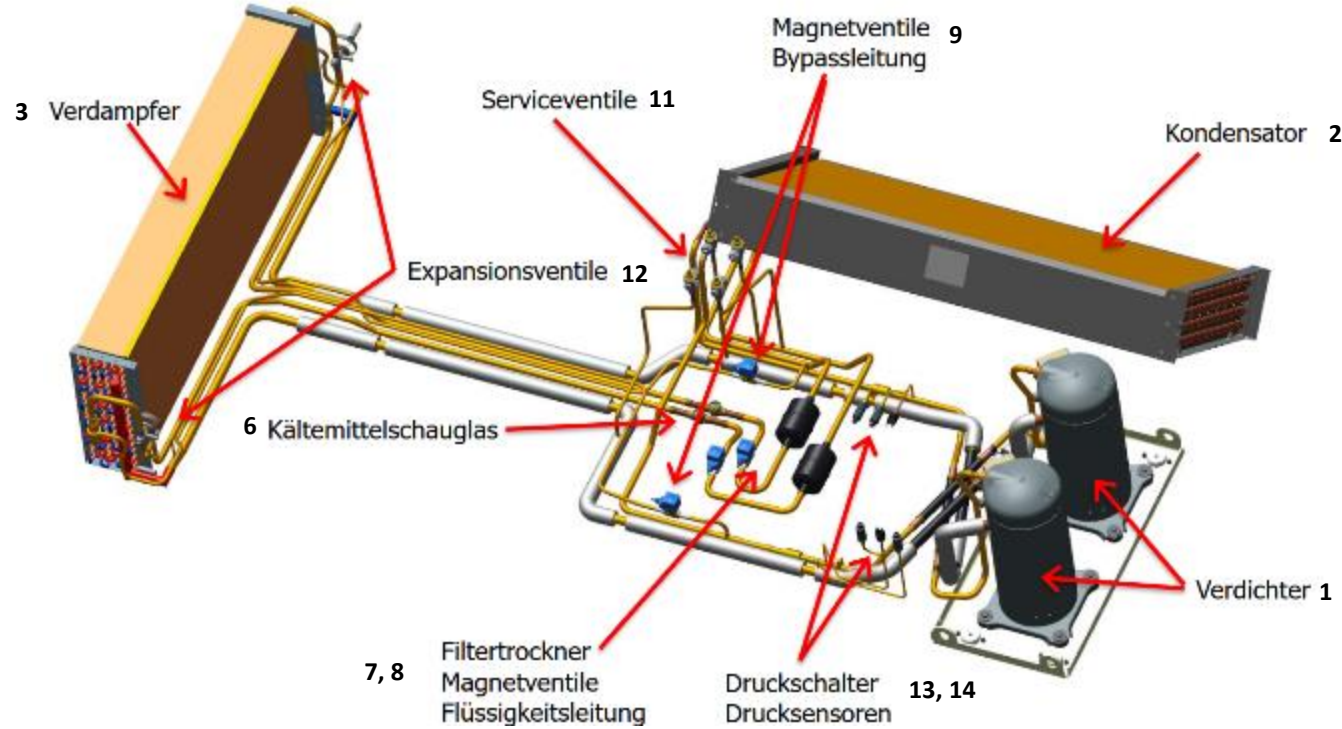


Dichtebene kältemittelführender Bereich des Verdampfers zum Gehäuse



Source : FTL / Wabtec

Circuit frigorifique avec R290



- 1 compresseur
- 2 condenseurs
- 3 évaporateurs
- 4 ventilateurs de condenseur
- 5 Ventilateur d'alimentation
- 6 Voyant du fluide frigorigène
- 7 Filtre déshydrateur
- 8 Electrovanne conduite de liquide

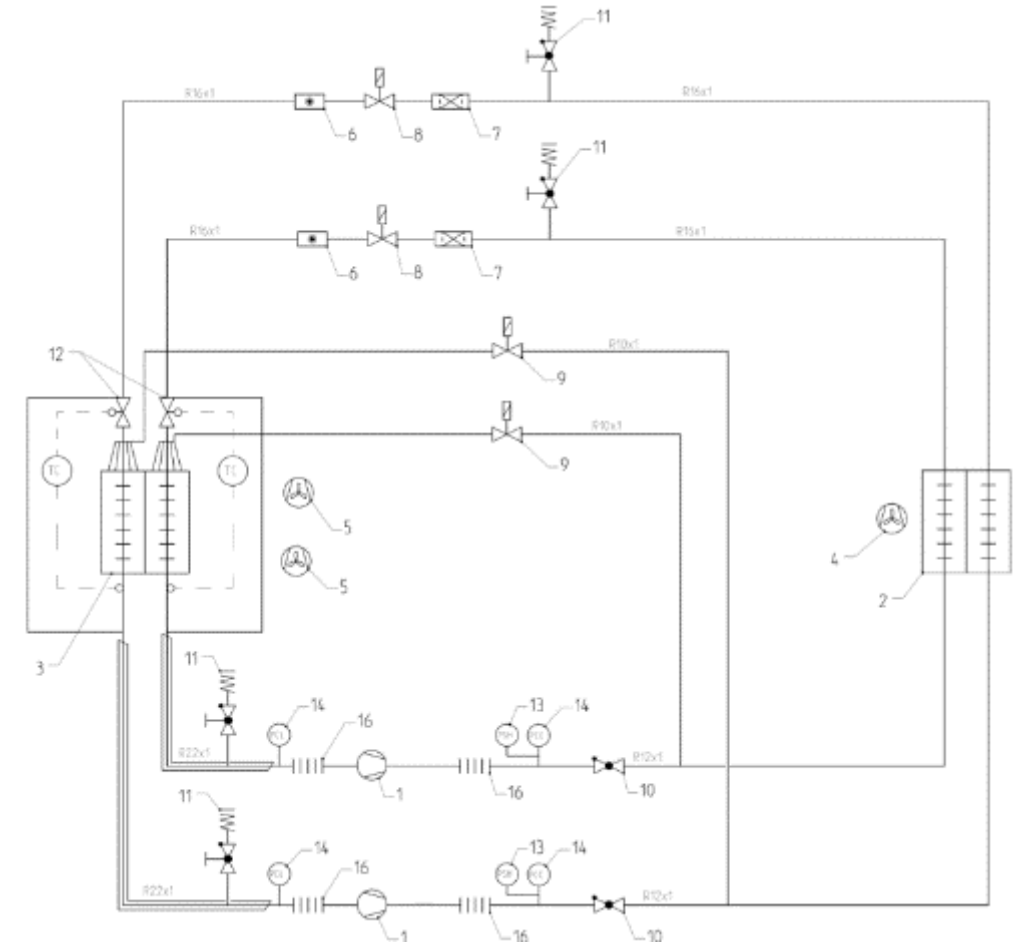
- 9 Électrovanne Conduite de dérivation
- 10 Clapet anti-retour
- 11 Soupape de service
- 12 Vanne d'expansion
- 13 Interrupteur à pression
- 14 Capteur de pression
- 16 Amortisseurs de vibrations tubulaires



Électrovanne entièrement hermétique



Vanne de service (robinet d'arrêt à boisseau sphérique avec insert de vanne Schrader supplémentaire)



Source : Faiveley-Wabtec

VVA & disposition des conduites de frigorigène



VVA -Partie de l'appareil

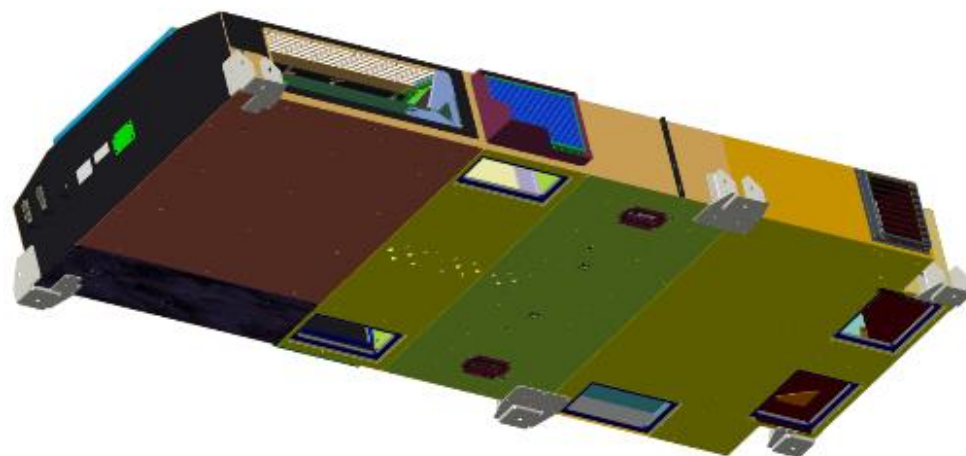


Vannes Mg. / Filtres déshydrateurs



Zone de service

Drainage / dégazage sous le climatiseur



Passage de tuyaux sans raccords à souder

Source : FTL / Wabtec

Données techniques du climatiseur R134a / R290



Messgröße			Nominaler Auslegungspunkt 35°C Kühlen 100% - 2 Verdichter; 0 Bypass				
			Soll	Ist S67T		Ist F39C	
				Kreis 1	Kreis 2	Kreis 1	Kreis 2
Test-Nr. Typtest:			---	---		5.3.1(1)	
Luftdruck	pA	mbar	---	1004		997	
Umgebungstemperatur	tCAir1	°C	35,0	35,0		35,5	
Zuluftvolumenstrom gesamt	VsUP	m³/h	2800	2791		2819	
Lufttemperatur Eintritt Gerät	tMIA	°C	30,0	30,1		30,3	
Luftfeuchte Eintritt Gerät	φMIA	%	53,0	52,8		53,0	
Lufttemperatur Austritt Gerät (Zuluft)	tSUP	°C	---	15,4		14,9	
Luftfeuchte Austritt Gerät (Zuluft)	φSUP	%	---	90,6		91,3	
Verdampfungsdruck	p0	bar rel.	---	3,1	3,1	4,7	4,8
Verdampfungstemperatur	t0r	°C	11,0	9,5	10,0	6,3	6,9
Temperatur KM Verdampferaustritt	t02h	°C	---	17,7	17,7	14,6	13,5
Überhitzung Verdampferaustritt	Δt02h	K	---	8,2	7,7	8,3	6,6
Temperatur KM Verdichtereintritt	t0h	°C	---	20,2	20,2	17,9	16,5
Temperatur KM Verdichteraustritt	t0i	°C	---	79,3	77,1	84,2	82,9
Druck Verdichteraustritt	p0i	bar rel.	---	13,3	13,7	19,6	19,8
Verflüssigungsdruck	p0u	bar rel.	---	12,6	12,8	19,1	19,3
Verflüssigungstemperatur	t0c	°C	53,0	51,3	51,8	57,5	58,0
Temperatur KM Verflüssigeraustritt	t0cu	°C	---	43,1	46,0	51,9	49,9
Unterkühlung Verflüssiger	Δt0cu	K	---	8,2	5,8	5,5	8,2
Temperatur KM vor Expansionsventil	t0uTEV	°C	---	42,2	44,6	49,7	47,3
Kältemittelmassenstrom Verdichter	mR	kg/min	---	---	---	3,11	3,19
Kälteleistung (kältemittelseitig)	QR	kW	---	---	---	13,7	14,1
Kälteleistung (kältemittelseitig) gesamt	QR	kW	---	---		27,9	
Kälteleistung (luftseitig)	QAir	kW	22,0	24,3		26,3	
Spannung	U	V	400,0	401,9		400,1	
Stromaufnahme Verdichter	Iv	A	6,5	6,29	6,16	9,12	9,16
Wirkleistung Verdichter	Pw	kW	---	3,33	3,25	4,95	4,98
Scheinleistung Verdichter	Ps	kVA	4,5	4,38	4,28	6,32	6,36
Frequenz	f	Hz	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0

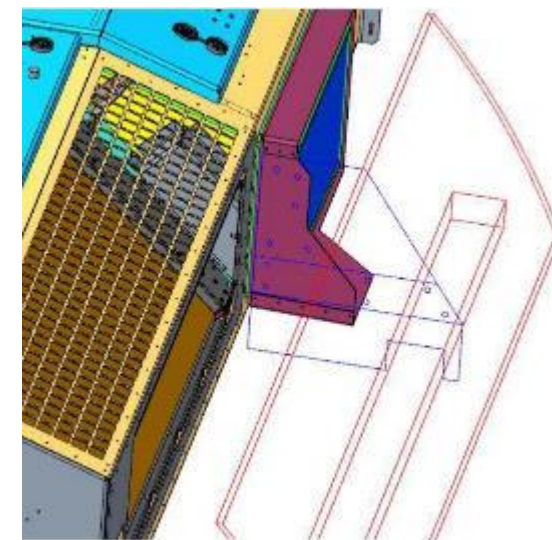
Climatiseur État actuel R134a

- Puissance frigorifique théorique : 22 kW / réelle : 24.3 kW
- Circuits de refroidissement : 2
- Puissance de chauffage : 14 kW
- Masse : 620 kg
- Masse de remplissage R134a : 2 x **4.4 kg**
- Valeur de réglage du pressostat HP marche/arrêt : 16,5/22,5 bar

Climatiseur Refit R290

- Puissance frigorifique théorique : 22 kW / réelle : **26.3 kW**
- Circuits de refroidissement : 2
- Puissance de chauffage : 14 kW
- Masse : **633 kg**
- Masse de remplissage R134a : **2 x 1.08 kg**
- Valeur de réglage du pressostat HP marche/arrêt : 21/28 **bar**

Essais de fuite pour éviter l'aspiration de réfrigérant à l'entrée d'air extérieur en cas de fuite de réfrigérant



Examens sur le véhicule et dans le laboratoire d'essai

Approche de solution pour éviter les réaspirations

Source : FTL / Wabtec

Étapes clés du développement de prototypes

#	Étapes importantes	Délai	Fait
1.	Mandat de l'entreprise par CFF SA	29.07.2022	✓
2.	Livraison des deux climatiseurs compacts à la société	08.08.2022	✓
3.	Mise à jour du plan de projet de la phase d'offre	08.08.2022	✓
4.	Revue de conception	03.02.2023	✓
5.	Gel du design	08.03.2023	✓
6.	Essai de prototype initial chez l'entreprise	19./20.09.2023	✓
8.	Formation des responsables du système et de la maintenance	30.10.2023	✓
7.	Essai et première mise en service du prototype sur le véhicule	30.10.-2.12. 2023	✓
8.	1re phase d'exploitation	3.11.-17.11.2023	✓
9.	Test de la chambre climatique à des charges et des températures ambiantes élevées	17.11.-01.12.2023	
10.	Utilisation en milieu ordinaire	1.12.23-30.09.24	
10.	Constataion/démontage d'essai du climatiseur prototype à l'usine d'Oltén. d'Oltén. Détails sur le	30.09.2024 jusqu'au 28.02.2025	
11.	Remise de la documentation finale dans toutes les variantes linguistiques (D, F, (D, F, I)	30.09.2024 jusqu'au 28.02.2025	

La sécurité dans la manipulation des climatiseurs R29... Scénarios



Exploitation

Usines de véhicules (SA, usines)

Stockage

Usines de composants (atelier spécialisé)

Etat sûr : installation frigorifique techniquement étanche en permanence (SN EN 378-1 / TRGS 722 / SUVA 2153)

Modes de fonctionnement

- Véhicules - fonctionnement commercial / modes de stationnement / transport / modes de lavage / nettoyage / entretien
- EAO (diagnostic ?)

Diagnostic de l'entreprise

- Pression de repos Surveillance/Alarme
- Essai de détermination de la masse de remplissage
- dans des conditions stables (p. ex. avant Fzg-IBN ?)

Avarie / événement / incident

- Précautions d'emploi

Maintenance

- Préventif (T-/MR)
- Curatif (K)
- Correctif

Diagnostic de l'installation de service

- Surveillance de la pression au repos (jour/nuit) - Problème : évaluation nécessaire sur plusieurs jours
- Indicateurs

Message DDS / Événements

- Identification HVAC en cas de fuite / Mesure libre
- Démontage (état ?)
- Concepts d'urgence
- Installation / volume de la pièce

Lieu de stockage

- Installation de service
- Magasin central
- Fabrication de climatiseurs

État du stock

- D- Entrepôt (état : vide, partiellement rempli, rempli)
- A- Palier (rempli)
- De l'entrepôt EB (nouveau)

Transport

- Interne SA et/ou usine de véhicules
- Externe

Activités avec ouverture du circuit frigorifique

- Dépannage (marquage KKG)
- Révisions (MR) avec remplacement de composants
- Adaptation de l'installation/de l'infrastructure nécessaire

Possible. Dangers Sources d'inflammation :

- LFL (LIE) = 38 gr/m³
- Critique à 25% max. = <10 gr/m³
- MAIN - charge statique Chargement
- 470 °C Point d'inflammation
- Électricité / Étincelles / Tonneaux

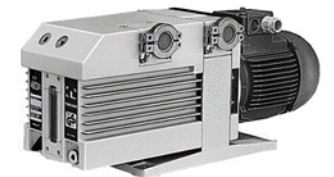
Formation (SN EN 13313) - Informations / Concepts d'urgence

État incertain : défaut, avarie (fuite du circuit frigorifique d'une ampleur indéterminée)

R290 Exigences en matière de maintenance

Acquisition d'outils et d'accessoires adaptés au propane

- Le propane (R290) appartient au groupe de sécurité A3 en tant que réfrigérant inflammable, ce qui nécessite l'achat d'outils et de moyens supplémentaires.
- Outils nécessaires - des appareils comparables sont également utilisés pour la maintenance du R134a
 - Détecteurs de propane mobiles comme équipement de protection individuelle, par ex. Dräger X-am® 2500 / 5000
 - Détecteurs de fuites avec fuites de contrôle, p. ex. détecteur de fuites Bosch CS LD 1.0, A1,A2L,A3 1,000 575,36 1 575,35 pour KM, mélanges, KWs, gaz de formation, NH₃
 - Appareils d'aspiration, par ex. appareil d'aspiration Bosch RG 4.0A 1 cylindre
 - Pompes à vide, par ex. pompe à vide RS3D-EX pour propane
 - Bouteilles de recyclage de fluides frigorigènes
 - Aides au montage (analogiques, numériques)
 - Appareil de remplissage, Vulkan Rockall HC



Merci de votre attention