

7^e ÉDITION

LA PRATIQUE
DU FROID

PATRICK JACQUARD
SERGE SANDRE

pycmédia
INFORMER LES PROFESSIONNELS

DUNOD

vous êtes **INSTALLATEUR** ? vous venez de **REJOINDRE** La **PROFESSION** ?



Alors adhérez au Snefcca !

Au Snefcca, vous trouverez :

- des conseils réglementaires,
- des infos sociales,
- des modèles administratifs,
- des outils de gestion,
- **et bien plus encore.**

contact@snefcca.com

01 58 05 11 00

www.snefcca.com



SYNDICAT NATIONAL
Des **ENTREPRISES DU FROID,**
Des **ÉQUIPEMENTS DE CUISINES**
PROFESSIONNELLES
& DU **CONDITIONNEMENT DE L'AIR**

PRÉFACE



Les entreprises du Froid vivent depuis environ vingt-cinq ans au rythme des évolutions liées aux fluides frigorigènes nécessaires au bon fonctionnement des installations. Tous ceux qui travaillent dans ce secteur ont su s'adapter et se former aux évolutions réglementaires et techniques. Dernière évolution en date, le règlement F-Gas publié en 2024 annonce la fin progressive des fluides fluorés.

Il est donc urgent de se tourner vers des solutions techniques différentes, à moindre impact sur l'environnement et la santé, là où elles peuvent répondre aux besoins de nos clients. Pour ce faire, la formation de tous les acteurs est indispensable.

Ces mutations techniques sont aussi de nouvelles perspectives, des opportunités et même des défis pour notre profession. Ce constat est notamment l'occasion de mettre en valeur les nombreuses qualités des frigoristes : leur technicité, leur savoir-faire et bien évidemment leur capacité à s'adapter au changement technologique.

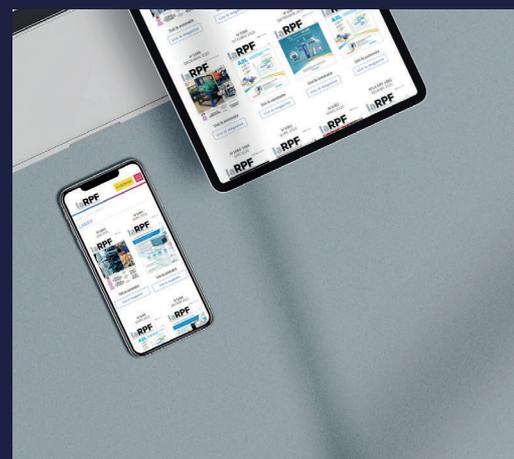
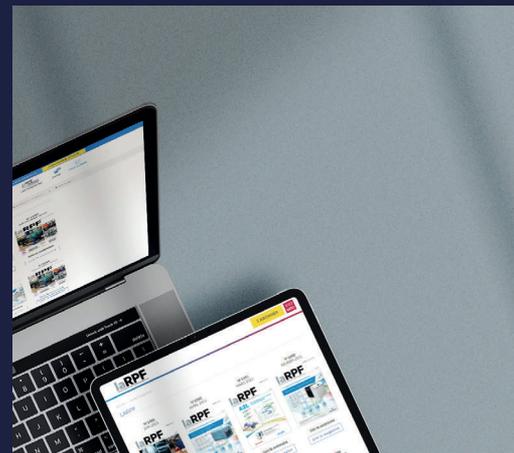
Dans ce contexte, ces compétences techniques doivent être en permanence réactualisées pour assurer la mise en place de nouvelles solutions, opérationnelles, efficaces et pérennes.

C'est pourquoi, le Snefccca soutient la sortie de la 7^e édition de « La Pratique du Froid » largement remaniée et actualisée pour permettre aux techniciens de mettre à jour leurs connaissances et d'aborder le futur avec sérénité.

Jean-Luc Carré
Président du Snefccca



OÙ VOUS VOULEZ, QUAND VOUS VOULEZ



AU BUREAU, OU SUR LE TERRAIN, lisez La Rpf en ligne.

Votre offre d'abonnement comprend le magazine en version papier et numérique, l'accès à tous les articles bloqués du site et les newsletters de la rédaction. Une offre d'information complète pour suivre les actualités, l'évolution de la réglementation et les tendances de votre secteur, indispensable dans la conduite quotidienne de vos projets.

Pour profiter de vos avantages abonnés, activez votre compte sur larpf.fr. Pour faire partie de notre communauté de lecteurs et bénéficiez des mêmes avantages, **abonnez-vous dès maintenant sur larpf.fr**.



PRÉSENTATION DES AUTEURS

PATRICK JACQUARD

Alliant une solide connaissance du monde industriel et un goût pour la transmission des savoirs et des savoir-faire, Patrick JACQUARD partage son temps entre l'enseignement, la formation continue et l'édition d'ouvrages.



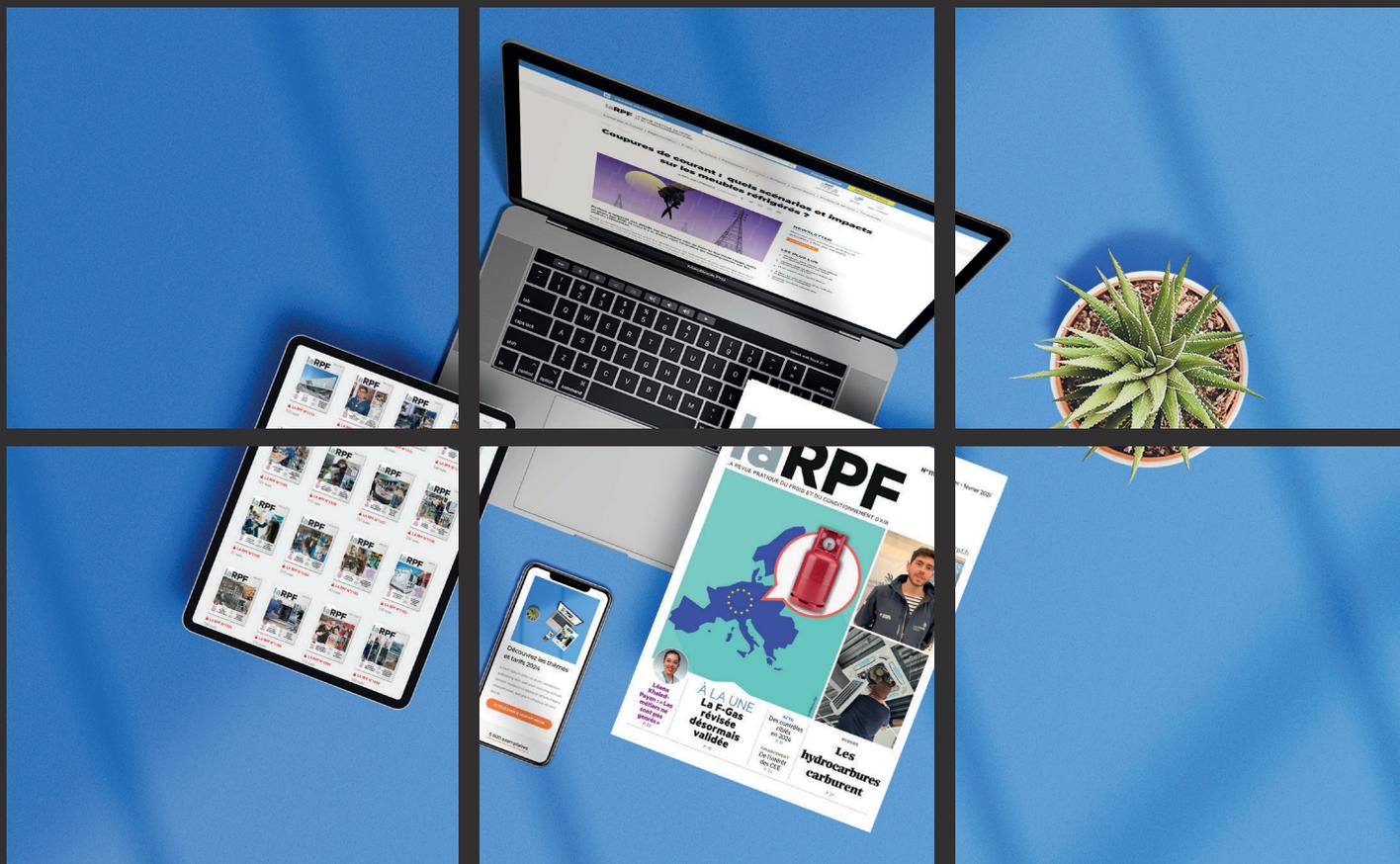
Il a occupé plusieurs fonctions dans l'industrie, et est professeur agrégé. Il participe également à plusieurs projets de formation à l'étranger dans le souci de développer le secteur du froid et de la climatisation, secteur dynamique et en constante évolution.

SERGE SANDRE

Ingénieur en entreprise pendant plus de quinze ans et doté d'une solide expérience professionnelle acquise en tant que technicien supérieur dans le domaine de l'automatisme, du froid et de la climatisation, Serge SANDRE a effectué durant plusieurs années la mise en service d'installations industrielles. Professeur agrégé, il enseigne aujourd'hui au lycée Raspail à Paris, et assure des formations dans le domaine énergétique. Il est de surcroît l'auteur de plusieurs autres ouvrages techniques.



TOUTE L'INFO SUR LES MÉTIERS DU FROID



SOYEZ BIEN INFORMÉ, ABONNEZ-VOUS!



Rendez-vous sur
larpf.fr



Le magazine :
en version papier
ET en version numérique.



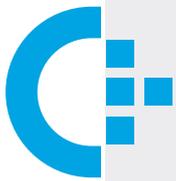
Les newsletters :
pour rester
au fait de l'actualité
de votre secteur.



Le site en illimité,
avec des articles réservés
aux abonnés.

SOMMAIRE

PRÉFACE	3		
PRÉSENTATION DES AUTEURS	5		
LES FLUIDES FRIGORIGÈNES	9	LES INTERVENTIONS	260
CARACTÉRISTIQUES	10	GÉNÉRALITÉS	262
LES NORMES	66	LES ANOMALIES DE FONCTIONNEMENT	266
LES RÉGLEMENTATIONS	73	LES OPÉRATIONS	284
L'AMMONIAC	100		
GÉNÉRALITÉS	107	LES TOURS DE REFROIDISSEMENT	327
LES NOTIONS DE BASE	108	LA RÉGLEMENTATION	328
LES SYMBOLES	124	LES TOURS DE REFROIDISSEMENT ET L'EAU	332
		LES TOURS DE REFROIDISSEMENT ET LA LÉGIONELLOSE	338
LES MESURES	126	LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS	345
PRESSIONS DANS UNE INSTALLATION À L'ARRÊT	128	LA SIGNALISATION DE SÉCURITÉ	346
LES VALEURS DE RÉFÉRENCE	132	LES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION	348
LES RELEVÉS TYPES - R 134a	155	LES RISQUES PROFESSIONNELS	352
LES RELEVÉS TYPES - R 449A	178	LES RÈGLES À RESPECTER	356
		LES RISQUES D'INCENDIE	358
LES MISES EN SERVICE	188	INSTALLATIONS FONCTIONNANT AVEC DU CO₂	369
LES MATÉRIELS	190	INTRODUCTION	370
LES MODES OPÉRATOIRES	203	CARACTÉRISTIQUES DU R 744	370
LES RÉGLAGES	236	SUBCRITIQUE	371
		TRANSCRITIQUE	373
LA MAINTENANCE	245	OPÉRATION DE MISE EN ROUTE	375
GÉNÉRALITÉS	246		
LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE	252	NOTES	378
ANALYSE DU LUBRIFIANT	254		



Gamme Solstice®

Les solutions durables qui cochent toutes les cases



CapEx



OpEx



TEWI



Sécurité

R-471A
(Solstice® N71)
GWP = 146

Froid commercial
(Supermarché, cuisine professionnelle, vitrine, chambre froide)

Valeurs GWP selon IPCC5

R-455A
(Solstice® L40X)
GWP = 146

Froid commercial
(Cuisine professionnelle, vitrine, chambre froide, chambre de pousse)

Froid industriel
(Entrepôt, agroalimentaire)

Pompe à chaleur résidentielle

R-1234yf
(Solstice® yf)
GWP < 1

Froid commercial
(Vitrine, chambre froide)

Pompe à chaleur

Climatisation
(Auto, train, bus)

R-1234ze
(Solstice® ze)
GWP < 1

Froid industriel
(Agroalimentaire)

Climatisation
(Chiller, data center, réseau urbain)

R-1233zd
(Solstice® zd)
GWP = 1

Climatisation
(Chiller basse pression)

Pompe à chaleur industrielle

Energie
(ORC)

Les fluides frigorigènes éco-efficaces qui assurent la pérennité de vos investissements:

- Solutions à long terme conformes aux exigences réglementaires
- Les émissions les plus faibles
- Réduction de la consommation électrique
- Coûts d'investissement / exploitation les plus économiques
- La plus haute sécurité
- Mise en œuvre connue et maintenance facile

Honeywell

AUTHORIZED DISTRIBUTOR



climalife.com

RETROUVEZ-NOUS SUR:

@climalife

climalife®

SOMMAIRE

LES FLUIDES FRIGORIGÈNES

LES CARACTÉRISTIQUES

• Les corps purs.....	10
• Caractéristiques du R 32	12
• Caractéristiques du R 134a.....	14
• Caractéristiques du R 600 (butane).....	16
• Caractéristiques du R 600a (isobutane).....	18
• Caractéristiques du R 290 (propane).....	20
• Caractéristiques du R 717 (ammoniac).....	22
• Caractéristiques du R 744 (dioxyde de carbone).....	24
• Les mélanges azéotropes.....	26
• Caractéristiques du R 507A.....	27
• Caractéristiques du R 513A.....	30
• Les mélanges zéotropes.....	31
• Caractéristiques du R 404A.....	33
• Caractéristiques du R 407C.....	35
• Caractéristiques du R 410A.....	37
• Caractéristiques du R 448A.....	39
• Caractéristiques du R 449A.....	41
• Caractéristiques du R 450A.....	44
• Caractéristiques du R 452A.....	48
• Caractéristiques du R 454B.....	52
• Caractéristiques du R 455A.....	54
• Caractéristiques du R 471A.....	58
• Caractéristiques du R 1234yf.....	60
• Caractéristiques du R 1234ze.....	63

LES NORMES

• La norme EN 378 : 2020.....	66
• Couleurs conventionnelles des tuyauteries.....	72

LES RÉGLEMENTATIONS

• Généralités.....	73
• Plaque signalétique, dégazage, fiche d'intervention et bordereau de suivi des déchets.....	80
• Contrôle d'étanchéité.....	84
• Manipulation des fluides frigorigènes.....	88
• Règlement (CE) 1005/2009 du parlement européen.....	90
• Les procédures – Les rubriques.....	92
• Article CH 35.....	94
• Réglementation ATEX.....	97
• DESP.....	99

L'AMMONIAC

• Les réglementations.....	100
• Effets et risques.....	102
• Matériels de sécurité nécessaires pour le personnel.....	103

LES CORPS PURS

DÉFINITION

Un corps pur est un élément chimique constitué d'atomes formant une molécule.

PROPRIÉTÉS

Ébullition

- Sous une même pression, le liquide commence toujours à bouillir à la même température.
- Pendant toute la durée de l'ébullition, la température d'ébullition reste constante si la pression reste constante.
- La tension de vapeur saturante de la vapeur émise est égale à la pression supportée par le liquide.

Condensation

- Sous une même pression, la vapeur commence toujours à se condenser à la même température.
- Pendant toute la durée de la condensation, la température de condensation reste constante si la pression reste constante.
- La tension de vapeur saturante de la vapeur est égale à la pression supportée par le liquide.

CODIFICATION

La codification est numérique. Pour les corps purs halogénés, elle se réfère à la formule chimique.

La série des 700 concerne les composés inorganiques.

EXEMPLES DE CORPS PURS

Corps purs halogénés

R 32 HCF (CF_2F_2)

R 134a HFC ($\text{CH}_2\text{-F-CF}_3$)

Corps purs fluorés

R 1234yf HFO ($\text{CH}_2=\text{CFCF}_3$)

R 1234ze HFO ($\text{CF}_3\text{-CH=CHF}$)

Composés inorganiques

R 717 ammoniac (NH_3)

R 744 dioxyde de carbone (CO_2)

LES RELATIONS PRESSION-TEMPÉRATURE

Pour un fluide donné, il existe une seule relation pression-température.

VÉRIFICATION ET RÉGLAGE DE LA SURCHAUFFE DANS LES ÉVAPORATEURS

- La température du fluide frigorigène à la sortie de l'évaporateur **0s** se mesure avec un thermomètre à contact.
- La température d'évaporation **00** se déduit de la valeur de la pression d'évaporation à la sortie de l'évaporateur, et de la nature du fluide frigorigène.

MANIPULATION DU FLUIDE FRIGORIGÈNE

Les manipulations se font en respectant les règles de sécurité relatives aux fluides frigorigènes.

Note

Les valeurs concernant le potentiel d'effet de serre global (PRP ou GWP) sont présentes dans toutes les fiches thermodynamiques de cette rubrique « 1-Fluides frigorigènes ». Elles sont issues du 4^e rapport d'évaluation (AR4) du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) datant de 2007.

Un 5^e rapport d'évaluation (AR5) datant de 2014, modifie quelques valeurs du GWP des fluides frigorigènes.

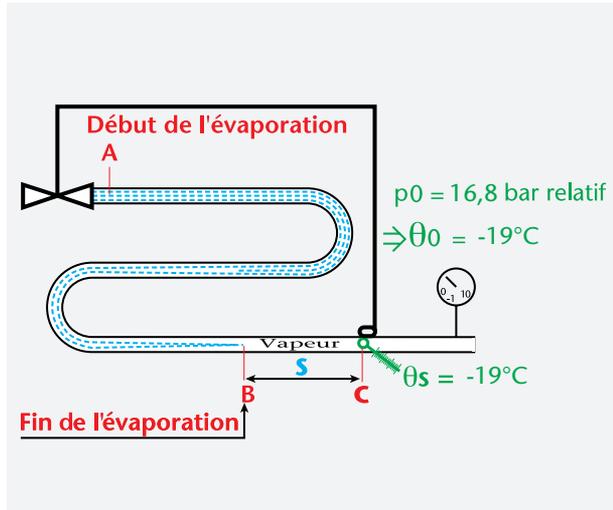
Un 6^e rapport d'évaluation (AR6) datant de mars 2023, fait apparaître entre autres les valeurs du GWP des HFO (Annexe II – R1234yf, R1234ze...).

Dans cet ouvrage certains exemples ont été traités avec les valeurs issues de AR5.

Les 3 valeurs apparaissent pour le GWP dans les fiches thermodynamiques qui permettent de suivre l'évolution du GWP au fil des années.

EXEMPLES DE VÉRIFICATION DE LA SURCHAUFFE :

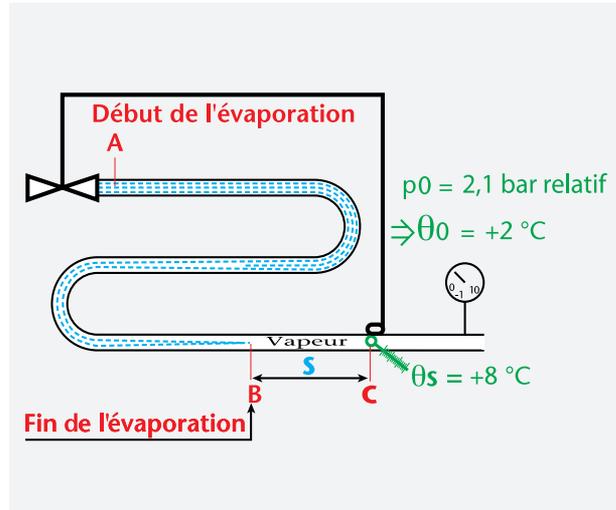
R 744



AB : zone de changement d'état.

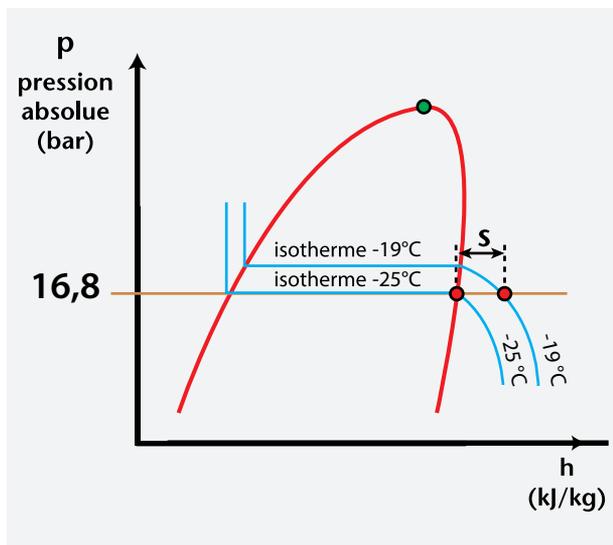
BC : zone de surchauffe des vapeurs dans l'évaporateur.

R 134a



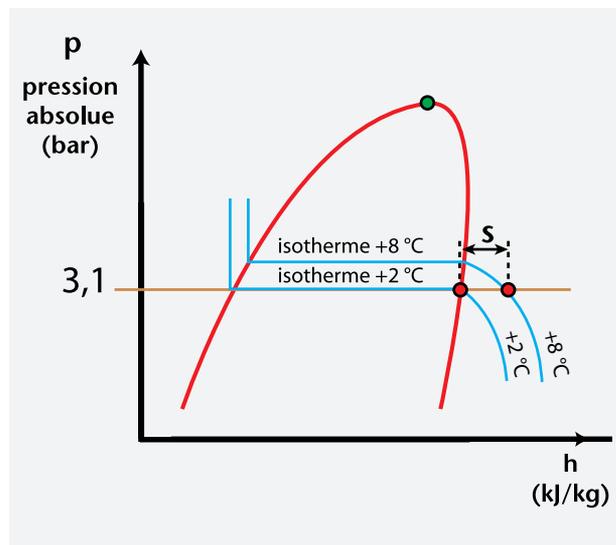
AB : zone de changement d'état.

BC : zone de surchauffe des vapeurs dans l'évaporateur.



$$S = \theta_s - \theta_0$$

$$S = -19 - (-25) = 6 \text{ °C}$$



$$S = \theta_s - \theta_0$$

$$S = (+8) - (+2) = 6 \text{ °C}$$

R 32

INFORMATIONS GÉNÉRALES

- HFC : hydrofluorocarbone
- Corps pur de la famille des hydrocarbures halogénés
- Formule chimique : CF_2F_2 (difluorométhane)
- Couleur : incolore
- Odeur : légèrement éthérée
- Groupe de fluide (DESP) : 1
- Limite pratique : 0,061 kg/m³
- Limite d'exposition à une toxicité aiguë (ATEL) : 0,30 kg/m³
- Limite inférieure d'inflammabilité (LFL) : 0,307 kg/m³
- Température critique : 78,4°C
- Pression critique : 57,82 bar
- Température d'ébullition sous la pression atmosphérique : - 51,65°C
- Température d'auto-inflammation : 648°C
- Solubilité dans l'eau : insoluble (soluble dans l'alcool)
- Stable à température ambiante et dans les conditions normales d'emploi
- Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone ODP=0
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans GWP_{100} = 675 (AR4* : 4^e rapport de l'IPCC**)
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans GWP_{100} = 677 (AR5* : 5^e rapport de l'IPCC**)
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans GWP_{100} = 771
- Potentiel d'effet de serre global à 20 ans GWP_{20} = 2 690 (AR6* : 6^e rapport de l'IPCC**)

* AR : assessment report (Rapport d'évaluation)

** IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques)

INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

- En haute concentration, il peut provoquer des vertiges, des nausées, des vomissements et une désorientation voire une narcose
- Décomposition thermique à haute température en produits toxiques et corrosifs
- Gelures possibles par projection du gaz liquéfié

PREMIERS SECOURS

- Inhalation :
 - Transporter la victime à l'air libre
 - Si les troubles persistent, consulter un médecin
- Liquide en contact avec la peau :
 - Traiter la lésion comme des gelures thermiques
 - Ne pas retirer les vêtements (risque d'adhérence à la peau)
 - Si des brûlures cutanées apparaissent, appeler un médecin
- Liquide en contact avec les yeux :
 - Laver les yeux immédiatement et de façon abondante à l'eau
 - Consulter un ophtalmologiste

PRÉCAUTIONS INDIVIDUELLES

- Éviter le contact avec la peau (gants), les yeux (lunettes de sécurité avec protections latérales)
- Ne pas respirer les vapeurs
- Ne pas fumer
- En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié

MANIPULATIONS ET STOCKAGE

- Pas de contact avec les flammes et les surfaces chaudes
- Tenir à l'écart de la chaleur
- Utiliser des emballages en acier ordinaire
- Entreposer le récipient dans un endroit bien ventilé, à température inférieure à 50°C

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

- Fluide légèrement inflammable et faiblement toxique
- Groupe de sécurité : A2L
- A : Faiblement toxique
- 2L : Inflammabilité faible (création d'une sous-classe qui introduit un critère supplémentaire : vitesse de propagation $\leq 0,10$ m/s à 23°C et sous 101300 Pa)

DÉTECTION DE FUITES

- Produit moussant ou eau savonneuse
- Détecteur électronique adapté

PRÉCAUTIONS NÉCESSAIRES AU MONTAGE ET À LA MISE EN SERVICE

- Propreté poussée lors du montage
- Utiliser des raccords brasés
- Effectuer les brasages sous atmosphère neutre
- Effectuer un tirage au vide poussé : inférieur à 30 Pa
- Utiliser un lubrifiant à base d'ester
- Utiliser des matériels spécifiques au fluide (bipasse, pompe à vide, etc.)

MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Il est possible d'utiliser les agents d'extinction suivants :

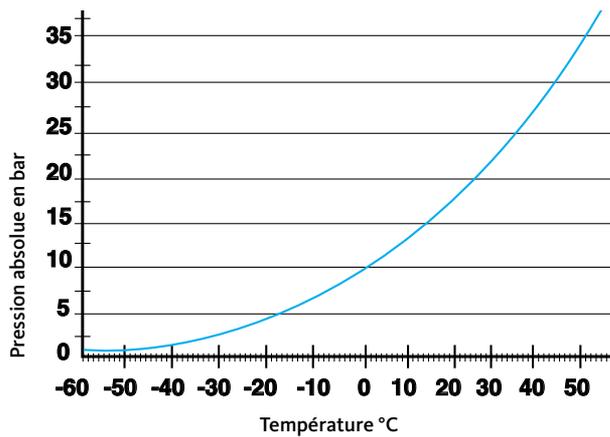
- Eau pulvérisée (pas de jet d'eau)
- Mousse
- Poudre sèche
- Dioxyde de carbone (CO₂)

DOMAINES D'APPLICATION

- Petits systèmes de climatisation (bi-bloc)
- Utilisé comme composant dans les mélanges HFC et HFO

RELATION PRESSION-TEMPÉRATURE

Courbe de saturation



TABLES DE SATURATION

t	58	-57	-56	-55	-54	-53	-52	-51	-50	-49	-48	-47	-46	-45	-44	-43	-42	-41	-40	-39
p	0,725	0,765	0,807	0,851	0,897	0,945	0,995	1,047	1,101	1,157	1,216	1,277	1,34	1,406	1,474	1,545	1,618	1,695	1,774	1,856
t	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19
p	1,94	2,028	2,119	2,213	2,311	2,411	2,515	2,623	2,734	2,849	2,967	3,089	3,215	3,345	3,479	3,617	3,76	3,906	4,057	4,212
t	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
p	4,372	4,537	4,706	4,88	5,059	5,243	5,432	5,626	5,826	6,031	6,241	6,457	6,678	6,905	7,138	7,377	7,622	7,873	8,131	8,394
t	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
p	8,664	8,941	9,224	9,514	9,811	10,11	10,42	10,74	11,06	11,4	11,74	12,08	12,44	12,8	13,17	13,55	13,94	14,34	14,74	15,15
t	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
p	15,57	16	16,44	16,89	17,35	17,81	18,29	18,78	19,27	19,78	20,29	20,81	21,35	21,89	22,45	23,02	23,59	24,18	24,78	25,39
t	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
p	26,01	26,64	27,29	27,94	28,61	29,29	29,98	30,69	31,41	32,14	32,88	33,64	34,41	35,19	35,99	36,8	37,63	38,47	39,33	40,2
t	62	63	64	65	66	67	68	69												
p	41,08	41,99	42,9	43,84	44,79	45,76	46,74	47,74												

LÉGENDE :

t = température de saturation en °C.

p = pression absolue de saturation en bar.

R 134a

INFORMATIONS GÉNÉRALES

- HFC : hydrofluorocarbone
- Corps pur de la famille des hydrocarbures halogénés
- Formule chimique : $\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$
- Couleur : incolore
- Odeur : légèrement éthérée
- Groupe de fluide (DESP) : 2
- Limite pratique : 0,25 kg/m³
- Limite d'exposition à une toxicité aiguë (ATEL) : 0,21 kg/m³
- Limite inférieure d'inflammabilité (LFL) : non inflammable
- Température critique : 101 °C
- Pression critique : 40,7 bar
- Température d'ébullition sous la pression atmosphérique : -26,5 °C
- Solubilité de l'eau dans le produit : 0,097 % en masse
- Très stable
- Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone ODP = 0
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans $\text{GWP}_{100} = 1\ 430$ (AR4* : 4^e rapport de l'IPCC**)
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans $\text{GWP}_{100} = 1\ 300$ (AR5* : 5^e rapport de l'IPCC**)
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans $\text{GWP}_{100} = 1\ 530$
- Potentiel d'effet de serre global à 20 ans $\text{GWP}_{20} = 4\ 140$ (AR6* : 6^e rapport de l'IPCC**)

* AR : assessment report (Rapport d'évaluation)

** IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques)

INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

- Non nocif par inhalation
- Décomposition thermique à haute température en produits toxiques et corrosifs
- Gelures possibles par projection du gaz liquéfié

PREMIERS SECOURS

- Inhalation :
 - Transporter la victime à l'air libre
 - Si les troubles persistent, consulter un médecin
- Liquide en contact avec la peau :
 - Traiter la lésion comme des gelures thermiques
 - Si des brûlures cutanées apparaissent, appeler un médecin
- Liquide en contact avec les yeux :
 - Laver les yeux immédiatement et de façon abondante à l'eau
 - Consulter un ophtalmologiste

PRÉCAUTIONS INDIVIDUELLES

- Éviter le contact avec la peau (gants), les yeux (lunettes)
- Ne pas fumer

MANIPULATIONS ET STOCKAGE

- Éviter le contact avec les flammes
- Tenir à l'écart de la chaleur
- Stocker dans un endroit frais et ventilé

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

- Substance classée non dangereuse
- Fluide non inflammable et non toxique
- Groupe de sécurité : A1
 - A : Faiblement toxique
 - 1 : Pas de propagation de flamme à 21 °C et 101 kPa

DÉTECTION DE FUITES

- Produit moussant ou eau savonneuse
- Détecteur électronique adapté

PRÉCAUTIONS NÉCESSAIRES AU MONTAGE ET À LA MISE EN SERVICE

- Propreté poussée lors du montage
- Utiliser des raccords brasés
- Effectuer les brasages sous atmosphère neutre
- Effectuer un tirage au vide poussé : inférieur à 30 Pa
- Utiliser un lubrifiant à base d'ester
- Utiliser des matériels spécifiques au fluide (bipasse, pompe à vide, etc.)

MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Il est possible d'utiliser tous les agents d'extinction tels que :

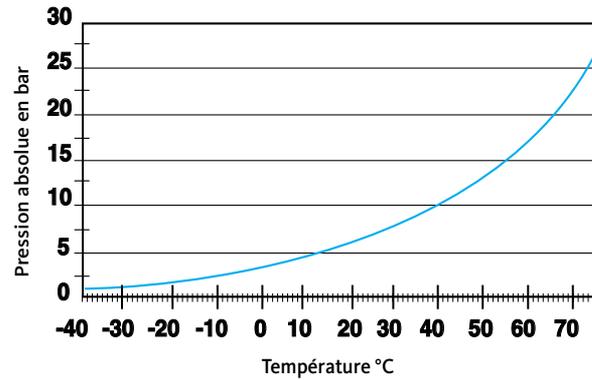
- Eau pulvérisée
- Mousse
- Poudre sèche
- Dioxyde de carbone (CO₂)

DOMAINES D'APPLICATION

- Réfrigération domestique, commerciale et industrielle à température positive
- Climatisation automobile
- Conditionnement d'air
- Refroidisseur de liquide

RELATION PRESSION-TEMPÉRATURE

Courbe de saturation

**TABLES DE SATURATION**

t	-40	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33
p	0,512	0,540	0,568	0,597	0,629	0,661	0,695	0,730
t	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25
p	0,767	0,804	0,844	0,885	0,927	0,971	1,02	1,06
t	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17
p	1,11	1,16	1,22	1,27	1,33	1,39	1,45	1,51
t	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9
p	1,57	1,64	1,71	1,78	1,85	1,93	2,01	2,09
t	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
p	2,17	2,25	2,34	2,43	2,53	2,62	2,72	2,82
t	0	1	2	3	4	5	6	7
p	2,93	3,04	3,15	3,26	3,38	3,50	3,62	3,75
t	8	9	10	11	12	13	14	15
p	3,88	4,01	4,15	4,29	4,43	4,58	4,73	4,88
t	16	17	18	19	20	21	22	23
p	5,04	5,21	5,37	5,54	5,72	5,90	6,08	6,27
t	24	25	26	27	28	29	30	31
p	6,46	6,65	6,85	7,06	7,27	7,48	7,70	7,93
t	32	33	34	35	36	37	38	39
p	8,15	8,39	8,63	8,87	9,12	9,37	9,63	9,90
t	40	41	42	43	44	45	46	47
p	10,2	10,4	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2
t	48	49	50	51	52	53	54	55
p	12,5	12,9	13,2	13,5	13,9	14,2	14,6	14,9
t	56	57	58	59	60	61	62	63
p	15,3	15,7	16,0	16,4	16,8	17,2	17,6	18,0
t	64	65	66	67	68	69	70	71
p	18,5	18,9	19,3	19,8	20,2	20,7	21,2	21,6
t	72	73	74	75	76	77	78	79
p	22,1	22,6	23,1	23,6	24,2	24,7	25,2	25,8

LÉGENDE :

t = température de saturation en °C.

p = pression absolue de saturation en bar.

R 600 BUTANE

INFORMATIONS GÉNÉRALES

- HC : hydrocarbure.
- Formule : C_4H_{10} .
- Couleur : incolore.
- Odeur : inodore.
- Groupe de fluide (DESP) : 1
- Limite pratique : $0,0089 \text{ kg/m}^3$
- Limite d'exposition à une toxicité aiguë (ATEL) : $0,0024 \text{ kg/m}^3$
- Limite inférieure d'inflammabilité (LFL) : $0,0038 \text{ kg/m}^3$
- Température critique : 152°C .
- Pression critique : 37,9 bar.
- Température d'ébullition sous la pression atmosphérique : $-0,5^\circ\text{C}$.
- Température d'auto-inflammation : 365°C .
- Densité de vapeur relative (air = 1) : 2,1.
- Solubilité dans l'eau : 88 mg/l.
- Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone ODP = 0.
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans $\text{GWP}_{100} = 4$ (AR4* : 4^e rapport de l'IPCC**)
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans : $\text{GWP}_{100} = 4$ (AR5* : 5^e rapport de l'IPCC**)
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans $\text{GWP}_{100} = 0,006$
- Potentiel d'effet de serre global à 20 ans $\text{GWP}_{20} = 0,022$ (AR6* : 6^e rapport de l'IPCC**)

* AR : assessment report (Rapport d'évaluation)

** IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques)

INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

- Gelures possibles par projection du gaz liquéfié.
- Gaz narcotique à haute concentration.

PREMIERS SECOURS

- Inhalation :
 - Transporter la victime à l'air libre
 - Si les troubles persistent, appeler un centre antipoison ou consulter un médecin
- Liquide en contact avec la peau :
 - Traiter la lésion comme des gelures thermiques
 - Enlever immédiatement tous les vêtements contaminés
 - Si des brûlures cutanées apparaissent, appeler un médecin
- Liquide en contact avec les yeux :
 - Laver les yeux (paupières écartées) immédiatement et de façon abondante à l'eau (au moins 15 minutes)

- Consulter un ophtalmologiste
- Ingestion :
 - Rincer la bouche à l'eau
 - Ne pas faire vomir, appeler un centre antipoison ou consulter un médecin

PRÉCAUTIONS INDIVIDUELLES

- Éviter le contact avec la peau (gants), les yeux (lunettes).
- Ne pas fumer.
- Assurer une ventilation appropriée.

MANIPULATIONS ET STOCKAGE

- Éviter le contact avec les flammes et les surfaces chaudes.
- Tenir à l'écart de la chaleur.
- Stocker dans un endroit frais et ventilé.
- Entreposer à l'écart des gaz oxydants et des autres oxydants.
- Entreposer le récipient dans un endroit bien ventilé, à température inférieure à 50°C .

STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

- Peut former un mélange explosif avec l'air.
- Peut réagir violemment avec les oxydants.

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

- Substance classée non toxique et non corrosive.
- Fluide extrêmement inflammable.
- Groupe de sécurité : A3.
 - A : Faiblement toxique.
 - 3 : inflammable.
- Limites d'inflammabilité dans l'air à 20°C et 101 kPa :
 - limite inférieure : 1,8% en volume de gaz combustible,
 - limite supérieure : 8,5% en volume de gaz combustible.

DÉTECTION DE FUITES

- Produit moussant ou eau savonneuse.
- Détecteur électronique adapté.

DOMAINES D'APPLICATION

- Réfrigérateurs ménagers.

PRÉCAUTIONS NÉCESSAIRES AU MONTAGE ET À LA MISE EN SERVICE

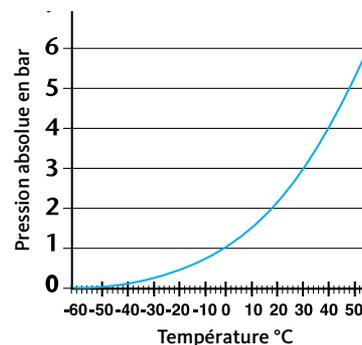
- Propreté poussée lors du montage.
- Utiliser des raccords brasés.
- Effectuer les brasages sous atmosphère neutre.
- Utiliser un lubrifiant minéral, alkylbenzène ou polyalphaoléfine
- Effectuer un tirage au vide poussé : inférieur à 30 Pa.
- Éviter le contact avec les flammes et les surfaces métalliques portées au rouge.
- Compatible avec la plupart des matériaux.

MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

Il est possible d'utiliser tous les agents d'extinction tels que :
Eau pulvérisée (pas de jet d'eau), Mousse, Poudre sèche, Dioxyde de carbone (CO₂)

RELATION PRESSION-TEMPÉRATURE

Courbe de saturation



TABLES DE SATURATION

t	- 60	- 59	- 58	- 57	- 56	- 55	- 54	- 53
p	0,050	0,053	0,056	0,061	0,065	0,069	0,073	0,078
t	- 52	- 51	- 50	- 49	- 48	- 47	- 46	- 45
p	0,083	0,089	0,094	0,100	0,105	0,112	0,119	0,126
t	- 44	- 43	- 42	- 41	- 40	-39	-38	-37
p	0,134	0,141	0,150	0,158	0,167	0,176	0,185	0,196
t	- 36	- 35	- 34	- 33	- 32	- 31	- 30	- 29
p	0,207	0,218	0,229	0,240	0,254	0,268	0,281	0,295
t	- 28	- 27	- 26	- 25	- 24	- 23	- 22	- 21
p	0,308	0,325	0,341	0,358	0,375	0,391	0,411	0,431
t	- 20	- 19	- 18	- 17	- 16	- 15	- 14	- 13
p	0,451	0,472	0,491	0,514	0,538	0,562	0,586	0,609
t	- 12	- 11	- 10	- 9	- 8	- 7	- 6	- 5
p	0,636	0,663	0,692	0,720	0,751	0,781	0,813	0,846
t	- 4	- 3	- 2	- 1	0	1	2	3
p	0,880	0,915	0,953	0,991	1,029	1,066	1,108	1,149
t	4	5	6	7	8	9	10	11
p	1,193	1,237	1,283	1,329	1,378	1,427	1,479	1,531
t	12	13	14	15	16	17	18	19
p	1,585	1,640	1,697	1,755	1,815	1,876	1,940	2,003
t	20	21	22	23	24	25	26	27
p	2,070	2,137	2,208	2,278	2,352	2,426	2,503	2,581
t	28	29	30	31	32	33	34	35
p	2,665	2,749	2,833	2,917	3,001	3,094	3,188	3,282
t	36	37	38	39	40	41	42	43
p	3,376	3,470	3,575	3,679	3,784	3,888	3,993	4,109
t	44	45	46	47	48	49	50	51
p	4,225	4,341	4,457	4,573	4,701	4,829	4,957	5,085
t	52	53	54	55	56	57	58	59
p	5,213	5,354	5,495	5,636	5,777	5,917	6,072	6,227

LÉGENDE :

t = température de saturation en °C.

p = pression absolue de saturation en bar.

R 600a ISOBUTANE

INFORMATIONS GÉNÉRALES

- HC : hydrocarbure.
- Formule : CH (CH₃)₃.
- Couleur : incolore.
- Odeur : douceâtre, non décelable aux faibles concentrations.
- Groupe de fluide (DESP) : 1
- Limite pratique : 0,011 kg/m³
- Limite d'exposition à une toxicité aiguë (ATEL) : 0,0059 kg/m³
- Limite inférieure d'inflammabilité (LFL) : 0,043 kg/m³
- Température critique : 134,7°C.
- Pression critique : 36,4 bar.
- Température d'ébullition sous la pression atmosphérique : - 11,6°C.
- Température d'auto-inflammation : 460°C.
- Densité de vapeur relative (air = 1) : 2.
- Solubilité dans l'eau à 20 °C : nulle.
- Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone ODP = 0.
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans GWP₁₀₀ = 3 (AR4* : 4^e rapport de l'IPCC**)
- Potentiel d'effet de serre global à 100 ans : GWP₁₀₀ = 3 (AR5* : 5^e rapport de l'IPCC**)

* AR : assessment report (Rapport d'évaluation)

** IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques)

INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

- Gelures possibles par projection du gaz liquéfié.
- Peut avoir un effet cancérigène.
- Possibilité d'effets irréversibles.
- Réagit avec les oxydants forts, l'acétylène, les halogènes et les oxydes d'azote en provoquant des risques d'incendie et d'explosion.

PREMIERS SECOURS

- Inhalation :
 - Transporter la victime à l'air libre
 - Si les troubles persistent, appeler un centre antipoison ou consulter un médecin
- Liquide en contact avec la peau :
 - Traiter la lésion comme des gelures thermiques
 - Enlever immédiatement tous les vêtements contaminés
 - Si des brûlures cutanées apparaissent, appeler un médecin
- Liquide en contact avec les yeux :
 - Laver les yeux (paupières écartées) immédiatement et de

façon abondante à l'eau (au moins 15 minutes)

- Consulter un ophtalmologiste
- Ingestion :
 - Rincer la bouche à l'eau
 - Ne pas faire vomir, appeler un centre antipoison ou consulter un médecin

PRÉCAUTIONS INDIVIDUELLES

- Éviter le contact avec la peau (gants), les yeux (lunettes).
- Éviter l'inhalation des vapeurs (essoufflement, suffocation).
- Ne pas fumer.
- Assurer une ventilation appropriée.
- Disposer d'un appareil respiratoire autonome prêt à l'usage en cas de nécessité.

MANIPULATIONS ET STOCKAGE

- Éviter le contact avec les flammes et les surfaces chaudes.
- Tenir à l'écart de la chaleur.
- Stocker dans un endroit frais et ventilé.
- Entreposer à l'écart des gaz oxydants et des autres oxydants.

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

- Substance classée non toxique (mais narcotique) et non corrosive.
- Fluide extrêmement inflammable.
- Groupe de sécurité : A3.
 - A : Faiblement toxique.
 - 3 : inflammable.
- Limites d'inflammabilité dans l'air à 20°C et 101 kPa :
 - limite inférieure : 1,8% en volume de gaz combustible,
 - limite supérieure : 9,4% en volume de gaz combustible.

DÉTECTION DE FUITES

- Produit moussant ou eau savonneuse.
- Détecteur électronique adapté.

PRÉCAUTIONS NÉCESSAIRES AU MONTAGE ET À LA MISE EN SERVICE

- Propreté poussée lors du montage.
- Utiliser des raccords brasés.
- Effectuer les brasages sous atmosphère neutre.
- Utiliser un lubrifiant minéral, alkylbenzène ou polyalphaoléfine
- Effectuer un tirage au vide poussé : inférieur à 30 Pa.

- Éviter le contact avec les flammes et les surfaces métalliques portées au rouge.
- Compatible avec la plupart des matériaux.

MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

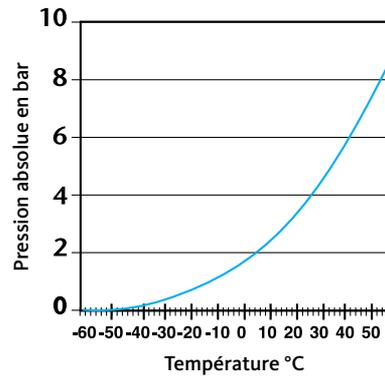
Il est possible d'utiliser tous les agents d'extinction tels que :
Eau pulvérisée (pas de jet d'eau), Mousse, Poudre sèche,
Dioxyde de carbone (CO₂)

DOMAINES D'APPLICATION

- Réfrigérateurs ménagers.

RELATION PRESSION-TEMPÉRATURE

Courbe de saturation



TABLES DE SATURATION

t	- 60	- 59	- 58	- 57	- 56	- 55	- 54	- 53
p	0,0906	0,097	0,103	0,110	0,116	0,123	0,131	0,140
t	- 52	- 51	- 50	- 49	- 48	- 47	- 46	- 45
p	0,148	0,156	0,165	0,175	0,186	0,196	0,207	0,217
t	- 44	- 43	- 42	- 41	- 40	- 39	- 38	- 37
p	0,230	0,243	0,257	0,270	0,283	0,299	0,315	0,331
t	- 36	- 35	- 34	- 33	- 32	- 31	- 30	- 29
p	0,347	0,363	0,383	0,402	0,422	0,442	0,461	0,485
t	- 28	- 27	- 26	- 25	- 24	- 23	- 22	- 21
p	0,508	0,532	0,555	0,579	0,607	0,635	0,663	0,691
t	- 20	- 19	- 18	- 17	- 16	- 15	- 14	- 13
p	0,719	0,752	0,785	0,818	0,852	0,885	0,923	0,962
t	- 12	- 11	- 10	- 9	- 8	- 7	- 6	- 5
p	1,001	1,040	1,079	1,124	1,169	1,214	1,259	1,304
t	- 4	- 3	- 2	- 1	0	1	2	3
p	1,356	1,408	1,460	1,512	1,564	1,623	1,683	1,742
t	4	5	6	7	8	9	10	11
p	1,802	1,862	1,929	1,997	2,065	2,133	2,201	2,277
t	12	13	14	15	16	17	18	19
p	2,354	2,431	2,508	2,585	2,671	2,758	2,844	2,931
t	20	21	22	23	24	25	26	27
p	3,018	3,115	3,212	3,309	3,406	3,503	3,611	3,719
t	28	29	30	31	32	33	34	35
p	3,827	3,935	4,043	4,163	4,283	4,403	4,523	4,644
t	36	37	38	39	40	41	42	43
p	4,776	4,909	5,042	5,175	5,308	5,454	5,600	5,747
t	44	45	46	47	48	49	50	51
p	5,893	6,04	6,200	6,361	6,521	6,682	6,843	7,019
t	52	53	54	55	56	57	58	59
p	7,195	7,371	7,547	7,723	7,915	8,107	8,299	8,491

LÉGENDE :

t = température de saturation en °C.

p = pression absolue de saturation en bar.