

Définition des Puissances des détendeurs thermostatiques

1	Objectif	1
2	Domaine d'application	1
3	Définitions	1
3.1	Puissance	1
3.2	Surchauffe	3
4	Conditions nominales des fluides frigorigènes azéotropes	4
5	Conditions de fonctionnement nominal pour un mélange de fluide frigorigènes non azéotrope : Exemple R407C	5
6	Unités de puissance et conversion à la norme ARI	7
7	Annexe: Effet du glissement de température dans un condenseur sans perte de charge	8

1. Objectif

Le but de ce rapport est d'établir une terminologie et des conditions nominales communes, pour les détendeurs thermostatiques, au sein du marché de la réfrigération et de la climatisation au niveau européen.

2. Domaine d'application

Ce rapport est valable pour les détendeurs thermostatiques (appelées ci-après « TXV »). Une TXV est un dispositif mécanique contrôlant le débit massique de fluide frigorigène en fonction de la pression et de la température. D'autres dispositifs de détente, tels que les détendeurs automatiques, les orifices, les tubes capillaires sont exclus de nos recommandations. Cette recommandation n'est valable que pour une plage de température d'évaporation allant de -50°C à +25°C.

3. Définitions

Puissance

La puissance d'un détendeur est définie en termes de puissance frigorifique(Q_0) :

$$Q_0 = m \times \Delta h = m \times (h_0 - h_c)$$

Sachant que :

m = Débit masse

h_0 = Enthalpie spécifique du gaz saturé à la sortie de l'évaporateur

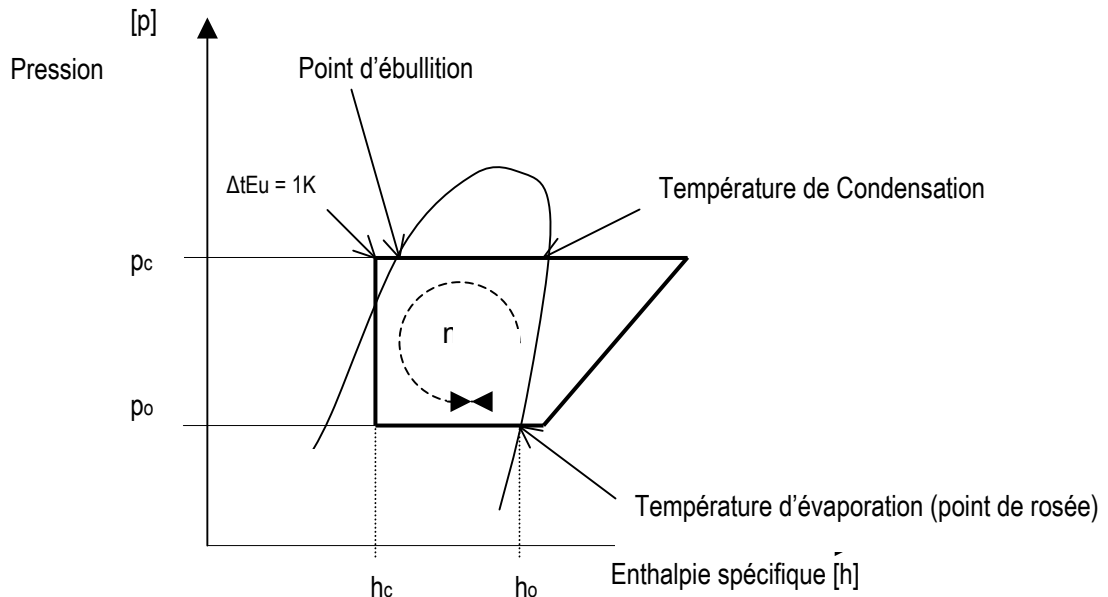
h_c = Enthalpie spécifique du fluide frigorigène partiellement évaporé à l'entrée de l'évaporateur

STATEMENT

Latest Update: Sep-2005



Le différentiel d'enthalpie dépend de t_c , (point d'ébullition du liquide condensé), Δt_{Eu} (sous refroidissement du fluide frigorigène liquide) et t_0 , (point de rosée du fluide frigorigène aux conditions d'évaporation) (Cf. Graphique 1)



Graphique 1 : Diagramme d'Enthalpique – h/logp

P_c : Pression de condensation à Température d'ébullition

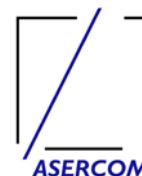
P_o : Pression d'évaporation au point de rosé

Le débit masse au détendeur dépend des facteurs suivants : type de fluide frigorigène, degré d'ouverture du détendeur et chute de pression au niveau du détendeur. La chute de pression au niveau des distributeurs et de l'évaporateur est supposée être nulle.

- La puissance nominale (Q_n) est définie comme étant la puissance indiquée par le fabricant aux conditions de nominales (CF. graphique 2)
- Puissance maximale (Q_{max}) : c'est la puissance la plus élevée aux conditions nominales.
- Puissance de réserve (Q_r) est égale à la différence entre Q_{max} et Q_n

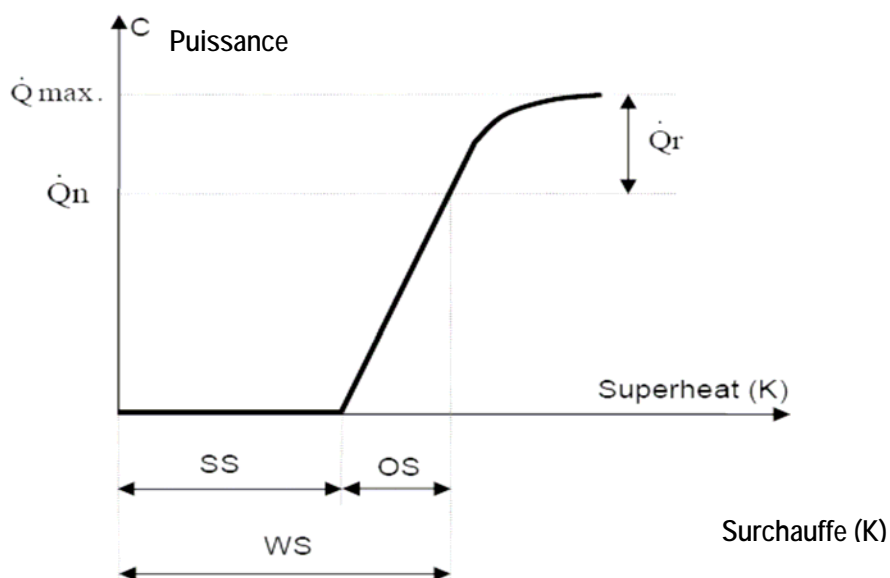
STATEMENT

Latest Update: Sep-2005



Surchauffe :

- Surchauffe (SH) : il s'agit de la différence entre la température mesurée et la température de saturation du fluide frigorigène
- Surchauffe Statique (SS) : ne concerne que le TXV. Il s'agit de la surchauffe en deçà de laquelle le détendeur reste fermé et au-delà de laquelle le détendeur commence à s'ouvrir.
- Surchauffe d'ouverture (OS) : il s'agit de la surchauffe additionnelle, au-delà de SS, requise pour atteindre \dot{Q}_n .
- Surchauffe fonctionnelle : il s'agit de la somme de SS plus OS. Elle peut être mesurée sur le système.
- Le réglage d'usine, correspond au réglage réalisé sur le détendeur tel qu'il est livré.



Graphique 2 : Puissance - Diagramme de Surchauffe

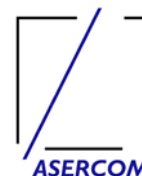
4. Conditions de définition nominale pour les fluides frigorigènes azéotropes

La puissance nominale d'un TXV doit être calculée selon les conditions nominales suivantes :

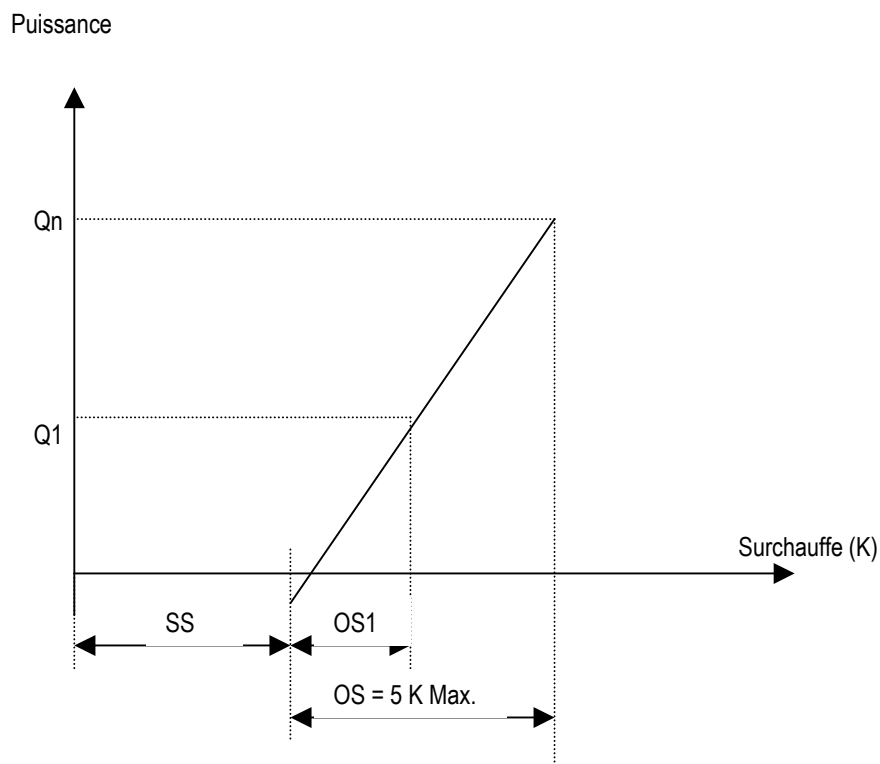
Température d'évaporation	+4°C
Température de condensation	+38°C
Sous Refroidissement	1 K
Pression différentielle nominale aux bornes de la TXV	La pression différentielle nominale est égale à la différence en pression entre les températures de condensation et d'évaporation aux conditions nominales.
Surchauffe Statique	3 à 4 K
Surchauffe d'ouverture	5 K max., pour la puissance nominale –Cf. remarque ci-dessous

STATEMENT

Latest Update: Sep-2005



Remarque : Jusqu'à la puissance nominale il existe une relation linéaire entre la puissance et la surchauffe d'ouverture. Un niveau de surchauffe d'ouverture plus élevé induit une puissance supérieure et vice versa.



Graphique 3 : Puissance – Diagramme de Surchauffe

Pression différentielle nominale de fluides frigorigène classiques :

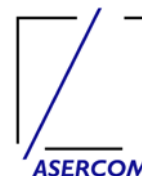
Fluide frigorigène	Pression de condensation p_c à $t_o = +38^\circ\text{C}$ bar	Pression d'évaporation p_c à $t_o = +4^\circ\text{C}$ bar	Puissance de pression différentielle dans TXV, bar
R134a	9.63	3.38	6.25
R22	14.60	5.66	8.94
R404A	17.47	6.85	10.62
R507	17.86	7.12	10.74
R410A	23.03	9.03	14.00

Remarque 1 : Tous les fluides frigorigène ne sont pas listés

Remarque 2 : R404A est un mélange zéotrope mais du fait faible glissement de température ce fluide est considéré comme un fluide frigorigène azéotrope pour les définitions de valeur nominales des TXV.

STATEMENT

Latest Update: Sep-2005



Dans la pratique, un système de réfrigération générera des pertes de charge – aussi le différentiel de pression aux bornes du détendeur est toujours inférieur aux conditions nominales et peut être calculé comme définit ci-dessous :

$$\Delta p_{\text{effectif}} = p_c - (p_o + \Delta p_L + \Delta p_F + \Delta p_{\text{PSI}} + \Delta p_{\text{SO}} + \Delta p_{\text{LD}} + \Delta p_E)$$

p_c : Pression de condensation au point d'ébullition

p_o : Pression d'évaporation au point de rosée

Δp_L : Baisse de pression dans toute la ligne liquide

Δp_F : Baisse de pression au niveau du filtre déshydratant de la ligne liquide

Δp_{PSI} : Baisse de pression au niveau du voyant de la ligne liquide

Δp_{SO} : Baisse de pression au niveau de la valve solénoïde de la ligne liquide

Δp_{LD} : Baisse de pression entre le distributeur de liquide et l'évaporateur

Δp_E : Baisse de pression au niveau de l'évaporateur

Remarque : Pour le calcul de la puissance nominale du TXV, toutes les baisses de pression sont supposées être nulles. Toutefois, en sélectionnant un TXV pour une application ou une installation spécifique, les baisses de pression dans le système doivent être prises en compte.

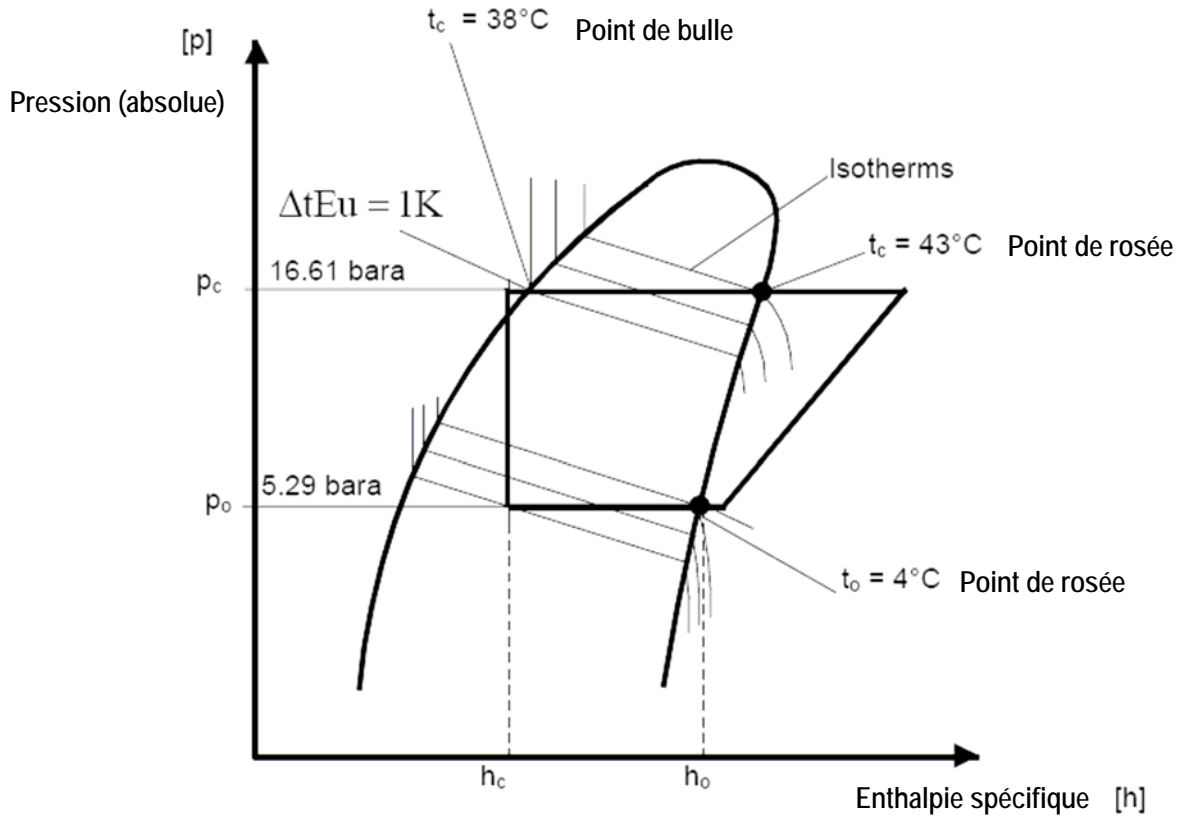
5. Conditions de fonctionnement nominal pour un mélange de fluide frigorigène non azéotrope : Exemple R407C

En opposition avec les substances mono-composant (R22, R134a, etc ...), qui changent d'état à température / pression constante, l'évaporation et la condensation du mélange non azéotrope R407C se présente sous une forme dite « glissante » (par exemple à pression constante, la température varie dans une fourchette donnée), au travers des évaporateurs et des condensateurs.

Ceci impacte la puissance du TXV (détendeur), ainsi que d'autres composants tel que le compresseur et doit être pris en compte.

STATEMENT

Latest Update: Sep-2005



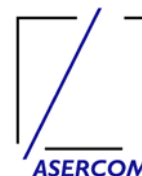
Graphique 4 : Pression - Diagramme d'Enthalpie

Température d'évaporation	+4°C point de rosée
Pression d'évaporation	5.29 bar
Température de condensation	+38°C Point de bulle correspondant à 43°C point de rosée
Pression de condensation	16.61 bar (la perte de charge dans le condenseur n'est pas prise en compte)
Refroidissement	1 K
Différentiel de pression nominale aux bornes TXV	11.32 bar différentiel
Surchauffe Statique (réglage usine)	3 à 4 K
Surchauffe d'ouverture	5 K max

La corrélation entre points de bulle et points de rosée pour le fluide frigorigène R407C est disponible dans les documents en annexe.

STATEMENT

Latest Update: Sep-2005



6. Unités de puissance et conversion norme ARI

La puissance du TXV (détendeur) définie dans ces recommandations ne peut être directement convertie en puissance définie par ARI du fait de la différence des conditions nominales.

Ces recommandations déterminent le différentiel de pression thermodynamique correspondant aux températures nominales.

La norme ARI définit le TXV pour des pressions différentielles données, qui, d'un point de vue thermodynamique, ne sont pas en corrélation avec les températures nominales.

Conditions Nominales ARI pour TXVs				Pression différentielle thermodynamique correspondant aux températures liquide et d'évaporation, bar (psi)
Fluide frigorigène	Température Liquide, °C (F)	Température d'évaporation, °C (F)	Pression différentielle nominale ARI dans TXV, bar (psi)	
R134a	+37.8°C (+100F)	+4.4°C (+40F)	4.14 (60 psi)	6.16 (89 psi)
R22			6.9 (100 psi)	8.80 (128 psi)
R404A				10.46 (152 psi)
R407C				11.17 (162 psi)
R507				10.56 (153 psi)
R410A			11.03 (160 psi)	13.77 (200 psi)

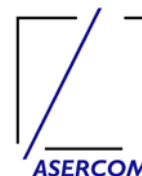
Comparaison des pressions différentielles nominales, bar (psi)

Fluide frigorigène	Recommandations ASERCOM +38.0 / 4.0°C	Norme ARI +37.8 / 4.4°C
R134a	6.25 (91 psi)	4.14 (60 psi)
R22	8.94 (130 psi)	6.9 (100 psi)
R404A	10.62 (154 psi)	6.9 (100 psi)
R407C	11.32 (164 psi)	6.9 (100 psi)
R507	10.74 (156 psi)	6.9 (100 psi)
R410A	14.00 (203 psi)	11.03 (160 psi)

La puissance mesurée en kW peut être convertie en ton ARI, si les différences de pressions différentielles nominales sont prises en compte.

STATEMENT

Latest Update: Sep-2005



7. Annexe: Effet du glissement de température dans un condenseur sans perte de charge

R407C				
Pression saturée		Température de bulles	Température de rosée	Glissement
pc, bara	pc, barg	tc, °C	to, °C	K
9.0	8.0	15	21	6
9.2	8.2	16	22	6
9.5	8.5	17	23	6
9.8	8.8	18	24	6
10.1	9.1	19	25	6
10.4	9.4	20	26	6
10.6	9.6	21	27	6
10.9	9.9	22	28	6
11.3	10.3	23	28	5
11.6	10.6	24	29	5
11.9	10.9	25	30	5
12.2	11.2	26	31	5
12.5	11.5	27	32	5
12.9	11.9	28	33	5
13.2	12.2	29	34	5
13.6	12.6	30	35	5
13.9	12.9	31	36	5
14.3	13.3	32	37	5
14.7	13.7	33	38	5
15.0	14.0	34	39	5
15.4	14.4	35	40	5
15.8	14.8	36	41	5
16.2	15.2	37	42	5
16.6	15.6	38	43	5
17.0	16.0	39	44	5
17.4	16.4	40	45	5
17.9	16.9	41	46	5
18.3	17.3	42	47	5
18.8	17.8	43	48	5
19.2	18.2	44	49	5
19.7	18.7	45	50	5
20.1	19.1	46	51	5
20.6	19.6	47	52	5
21.1	20.1	48	53	5
21.6	20.6	49	53	4
22.1	21.1	50	54	4
22.6	21.6	51	55	4
23.1	22.1	52	56	4
23.7	22.7	53	57	4
24.2	23.2	54	58	4
24.8	23.8	55	59	4
25.3	24.3	56	60	4

Remarque : Les valeurs de température sont arrondies.

Ces recommandations sont adressées aux fabricants / installateurs de systèmes de réfrigération professionnels, industriels, commerciaux et domestiques. Elles ont été établies sur la base des connaissances scientifiques et techniques selon ASERCOM. Toutefois ASERCOM et ses sociétés membres n'endosseront la responsabilité de, et ne peuvent assumer aucune fiabilité en ce qui concerne les mesures –actes ou oublis – prises sur la base de ces recommandations.