

TEST COMPARATIF



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Synthèse

Des tests indépendants ont été réalisés sur le fluide frigorigène RS-50 (R442A) par le laboratoire de l'Université Polytechnique de Catalogne à Barcelone.

L'objectif de ces tests est la comparaison de cinq réfrigérants, prévu pour des applications similaires, dans des conditions de réfrigération typique et un environnement strictement identique.

Chaque essai démontre que le R442A est supérieur à tous les autres réfrigérants testés :

- Dans des conditions dynamiques, le R442A montre un temps de descente en basse température plus rapide que n'importe quel autre réfrigérant.
- Dans des conditions de régime permanent, le COP du R442A est plus élevé de 44% par rapport à celui du R404A et 10% meilleur que celui du R407F.
- Dans des conditions de régime permanent, la capacité de refroidissement R442A est supérieure de 52% par rapport à celle du R404A et 16% meilleure que celle du R407F.

1. Objectif

L'Université Polytechnique de Catalogne (UPC) a été invitée à tester les performances comparatives de l'efficacité énergétique et d'autres propriétés de six réfrigérants. Le travail a été réalisé dans le département thermodynamique de l'Université où un calorimètre a été spécialement conçu pour ces essais.

Deux séries d'essais ont été réalisées:

- des tests dynamiques pour comparer les baisses de température des réfrigérants.
- des tests à régime constant pour comparer les rendements énergétiques et les capacités de refroidissement des réfrigérants.

2. Les réfrigérants

Six fluides frigorigènes différents ont été fournis à l'UPC : du R404A et cinq autres ont été fournis sous forme d'échantillons numérotés non identifiés pour un parfait protocole de tests à l'aveugle.

L'échantillon a été identifié « R404A » pour permettre le calibrage du calorimètre.

Les 5 réfrigérants testés à l'aveugle sont :
RS-50, R407F, R407A, R507 et R22

3. Composition du calorimètre

Le circuit de calorimètre des essais a été spécialement conçu pour fonctionner à des températures allant jusqu'à -40°C .

Compresseur

Modèle 1,5 HP K7.2X GELPHA mouvement alternatif conçu pour R22.

Condenseur

Refroidi par air
Modèle Tipo HRT/4-400-5PN

Dispositif de détente

Vanne Danfoss TES2 conçue pour R404A ou R507 avec une balance extérieure et équipée d'un distributeur à trois voies .

Évaporateur et la charge à refroidir

La charge à refroidir est un mélange de 25 litres de propylène glycol et de 17,1 litres d'eau, contenu dans un cylindre¹ de 50 litres. Le liquide a été agité magnétiquement pour assurer un bon transfert de chaleur et une approche rapide de l'équilibre thermique.

L'évaporateur est composé de trois serpentins 15m de long chacun, enroulés autour de la charge de refroidissement et contenus dans un cylindre extérieur. Pour assurer un bon transfert de chaleur, l'espace étroit entre les cylindres intérieur et extérieur est rempli d'un mélange 3,66 L d'éthylène glycol et 3.66L d'eau.

Mesures

Tous les essais ont été réalisés dans les mêmes conditions avec le même circuit de réfrigération et le même équipement de surveillance. Les pressions ont été enregistrées avec un enregistreur Testo 570-2 ; les températures avec un Testo 177 - T4 enregistreur équipé de quatre sondes ; et la consommation d'énergie mesurée par un compteur d'électricité de Landis Gyr.

4. Protocole du test dynamique

Ces tests ont été effectués pour évaluer les performances de refroidissement de chaque fluide frigorigène et aussi pour fournir une première évaluation de leur COP.

Chaque réfrigérant a été testé selon la méthode suivante:

Avec l'ensemble du système à température ambiante, le compresseur est mis en marche ainsi que le système de contrôle d'enregistrement des pressions et des températures suivantes:

- Pressions de condensation et d'évaporation.
- Température de la charge propylène glycol/eau.
- Température de surface du cylindre extérieur en position basse, médiane et haute.
- Consommation d'énergie pour chaque phase de l'alimentation triphasée.

Surchauffe d'aspiration

Comme les identités des réfrigérants étaient inconnues lors des tests effectués, (sauf pour le R404A), les surchauffes d'aspiration ne pouvaient pas être calculées en utilisant les tables thermodynamiques. De multiples capteurs de température fixés à l'évaporateur ont été utilisés pour établir le point dans l'évaporateur où aucun liquide n'était présent et commençant la surchauffe. La différence de température entre ce point et le bulbe du détendeur thermostatique est déterminée comme étant la surchauffe de l'évaporateur, et le détendeur a été réglé pour maintenir une surchauffe de 5°C et 7°C pour tous les fluides frigorigènes testés.

Une fois les essais totalement menés, les identités des réfrigérants ont été révélées, permettant ainsi de comparer les mesures de température enregistrées avec l'appareil TESTO avec les températures calculées à partir de REFPROP en utilisant les données de pression enregistrées. Les données recueillies ont été enregistrées et analysées dans Excel. Ainsi ont été calculés les principaux paramètres suivants, qui caractérisent la performance du système :

- L'entrée d'alimentation du compresseur (W) est obtenue en additionnant la valeur des trois phases.
- La puissance de refroidissement du fluide frigorigène (h) a été obtenue en réalisant la différence entre la perte d'enthalpie de la charge de refroidissement et le gain de chaleur provenant de l'environnement.

5. Protocole du test à régime constant

RS-50, R404A, R407F, R407A, R507 et R22 ont été testés dans des conditions de régime constant, avec l'évaporateur fonctionnant à -35°C et le condenseur à +35°C, avec une plage de surchauffe d'aspiration de 5 à 7 K. A partir du moment où l'identité des réfrigérants était connue pour ces essais, la condition de surchauffe pour chaque fluide frigorigène a été déterminée en utilisant des informations thermodynamiques du REFPROP.

Les capacités de refroidissement des 6 fluides frigorigènes se sont avérées différentes, ainsi le flux de chaleur vers la charge thermique et vers l'extérieur du condenseur ont été contrôlés pour toujours maintenir les températures respectivement de -35°C et de +35°C.

Pour le R404A, l'équipement s'est avéré capable de maintenir la température désirée à l'évaporateur, mais le condenseur devait être bridé en limitant l'écoulement d'air avec des bandes de carton (pour maintenir les +35°C).

Pour le R407F, un élément chauffant à résistance électrique de 500 W a été placé dans la charge thermique de propylène-glycol/eau (maintien à -35°C) et moins de bande d'étranglement a été appliqué pour l'écoulement d'air du condenseur.

Pour le RS-50, le flux complet de l'air du condenseur a été utilisé et deux résistances de 500W ont dû être placées dans la charge thermique (pour maintenir les -35°C).

6. Résultats du test dynamique

Les résultats pour chaque fluide frigorigène à partir des essais dynamiques sont résumés dans les tableaux suivants. Dans ce rapport, le terme «Capacité de refroidissement» se réfère à la vitesse à laquelle la chaleur est éliminée de la charge et est donc donné en Watts². Le COP "Coefficient de performance" est le rapport de la "capacité de refroidissement" sur la puissance électrique d'alimentation.

Tableau 6.1 COP

Temp °C	R407F	R407A	R442A RS50	R507	R404A	R22
-30°C	1,800	1,618	1,911	1,551	1,547	1,575
-20°C	2,385	2,144	2,533	2,056	2,052	2,087
-10°C	2,879	2,588	3,057	2,481	2,477	2,519

Tableau 6.2 Capacité de refroidissement (W)

Temp °C/W	R407F	R407A	R442A RS50	R507	R404A	R22
-30°C	1384	1336	1552	1323	1308	1388
-20°C	2245	2168	2517	2147	2121	2252
-10°C	3353	3238	3761	3207	3169	3364

Temps exacts pour atteindre la température de fonctionnement souhaitée de ces fluides frigorigènes. Ils indiquent à nouveau que le RS-50 (R442A) est le plus rapide, surtout à basse température.

6.3 Comparatif des durées pour atteindre -20°C à la charge :

	Minutes	% R404A
R404A	140	0 %
R407F	140	0 %
R407A	135	-4 %
R507	115	-18 %
RS-50 (R442A)	110	-22 %

7. Résultat à régime constant

Le tableau 7.1 résume les résultats obtenus dans des conditions stabilisées, avec le réfrigérant à condensation nominale à 35° C et évaporation à -35° C.

Tableau 7.1

Temp °C	R407F	R407A	R442A RS50	R507	R404A	R22
Pression Evaporation (bar)	1.35	1.3	1.35	1.7	1.64	1.27
Pression Condensatio (bar)	16.1	14.8	16.2	17	16.05	12.68
HP/BP	11.93	11.33	12	10	9.78	9.98
Temp. de Refoulement (°C)	85	82	83	79	78	85
Capacité frigorifique (W)	1252	935	1477	1090	992	1263
Puissance alimentation (W)	711	583	760	717	720	669
COP	1.76	1.6	1.94	1.52	1.37	1.89

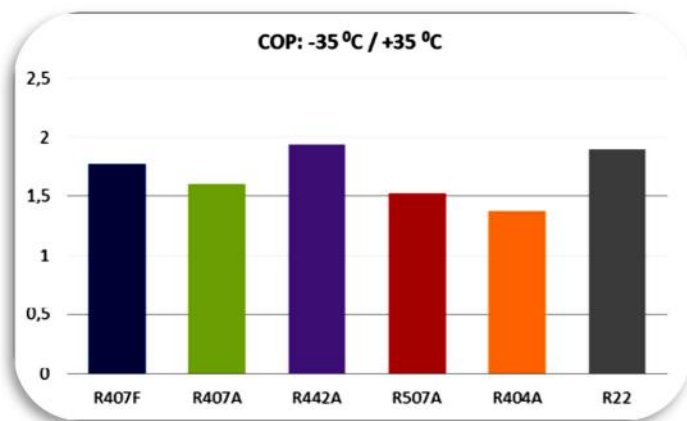
8. Analyse comparative

Les tests effectués démontrent sans ambiguïté les performances supérieures du R442 (RS50) par rapport au R404A, R407F et R407A.

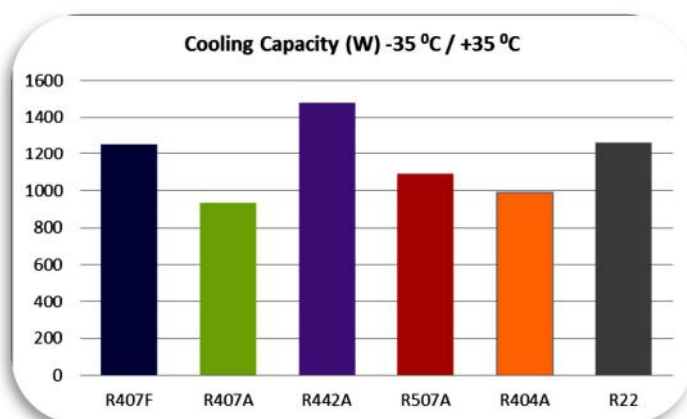
Tableau 8.1

	R404A	R407F	R407A
COP RS-50 (R442A)	+42%	+10%	+21%
Capacité frigorifique RS-50 (R442A)	+49%	+18%	+58%

8.2 Comparatif de la capacité de refroidissement :



8.3 Comparatif de la capacité de refroidissement :



¹ Dimensions : 40 cm x 20 cm de rayon.

² Dans la documentation RSL, la capacité souvent citée comme le volume spécifique d'aspiration en kW/m³ dépend des conditions de fonctionnement mais elle est souvent indépendante de la conception de l'équipement. Pour le calorimètre construit, il est plus pratique et direct de comparer les puissances de refroidissement en Watts des différents fluides frigorigènes.

Données tirées du rapport « Université Polytechnique de Catalogne » (UPC) 2012-2013 Barcelone - Espagne, Traduction RSL UK