



Résultats de la Deuxième Phase des Essais AREP

Karim Amrane, Ph.D.

Senior Vice President, Regulatory & International Policy

Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute

Introduction

- Programme de recherche ayant pour but d'identifier des alternatives appropriées aux fluides frigorigènes à fort PRG (GWP)
- Recherche vivement souhaitée par les fabricants d'équipements
- Le but du programme n'est pas de classer les frigorigènes par ordre de priorité, mais plutôt de les tester et de présenter les résultats de manière cohérente
- La première phase a été achevée en 2013
 - 38 frigorigènes ont été évalués
 - 40 rapports ont été publiés
- La seconde phase a été lancée en 2014
 - Nouveaux frigorigènes
 - Essais aux températures ambiantes élevées



AREP-Phase II

- 29 nouveaux frigorigènes ont été proposés, 19 ont été évalués (en rouge)

Baseline Refrigerants	Alternative Refrigerant Candidates Classifications according to ASHRAE Standard 34		
	A1	A2L	A2
R-134a	BRB36		
R-404A	ARM-32b, ARM-35, D42Yb, D42Yz, DR-34 (R-452A), N-40c (R-448A) , R-442A R-449B	ARM-20a, ARM-20b, HDR110	ARM-25a
R-410A		ARM-71a, DR-5A (R454B), DR-55 HPR2A L-41-1 (R-446A) L-41-2 (R-447A)	
R-22/R-407C	ARM-32c, D542HT, DR-91, DR-93, N-20b, R-442A, R-449B	DR-3, L-20a (R-444B)	
R-123	ARC-1, R1233zd(E)	LPR1A	

Fluides Frigorigènes - Phase II

Baseline	Low-GWP Refrigerants	Composition	(Mass%)	Classification	GWP*
R-404A	ARM-35	R-32/R-125/R-1234yf	12.5/61/26.5	A1	2220
	DR-34 (R-452A)	R-32/R-125/R-1234yf	11/59/30	A1	2140
	N-40c (R-448A)	R-32/R-125/R-134a/R-1234yf/ R-1234ze	26/26/21/20/7	A1	1387
	ARM-20a	R-32/R-1234yf/R-152a	18/70/12	A2L	139
	HDR110	R-32/R-1234yf/R-744	21.5/75.5/3	A2L	148
R-410A	ARM-71a	R-32/R-1234yf/R-1234ze(E)	68/26/6	A2L	460
	DR-5A (R-454B)	R-32/R-1234yf	68.9/31.1	A2L	466
	DR-55	R-32/R-125/R-1234yf	67/7/26	A2L	698
	HPR2A	R-32/134a/1234ze(E)	76/6/18	A2L	600
	L-41-1 (R-446A)	R-32/R-1234ze/R-600	68/29/3	A2L	461
	L-41-2 (R-447A)	R-32/R-1234ze/R-125	68/28.5/3.5	A2L	583
R22/ R-407C	DR-93	R-32/R-125/R-1234yf/R-134a	20/20/31/29	A1	1251
	N-20b	R-32/R-125/R-134a/R-1234yf	13/13/31/43	A1	988
	R-449B	R-32/R-125/R-1234yf/R-134a	25.2/24.3/23.2/27.3	A1	1412
	ARM-20b	R-32/R-1234yf/R-152a	35/55/10	A2L	251
	DR-3	R-32/R-1234yf	21.5/78.5	A2L	148
	L-20a (R-444B)	R-32/R-1234ze/R-152a	41.5/48.5/10	A2L	295

*GWP values based on IPCC AR-4 100 year.

31 mars 2016

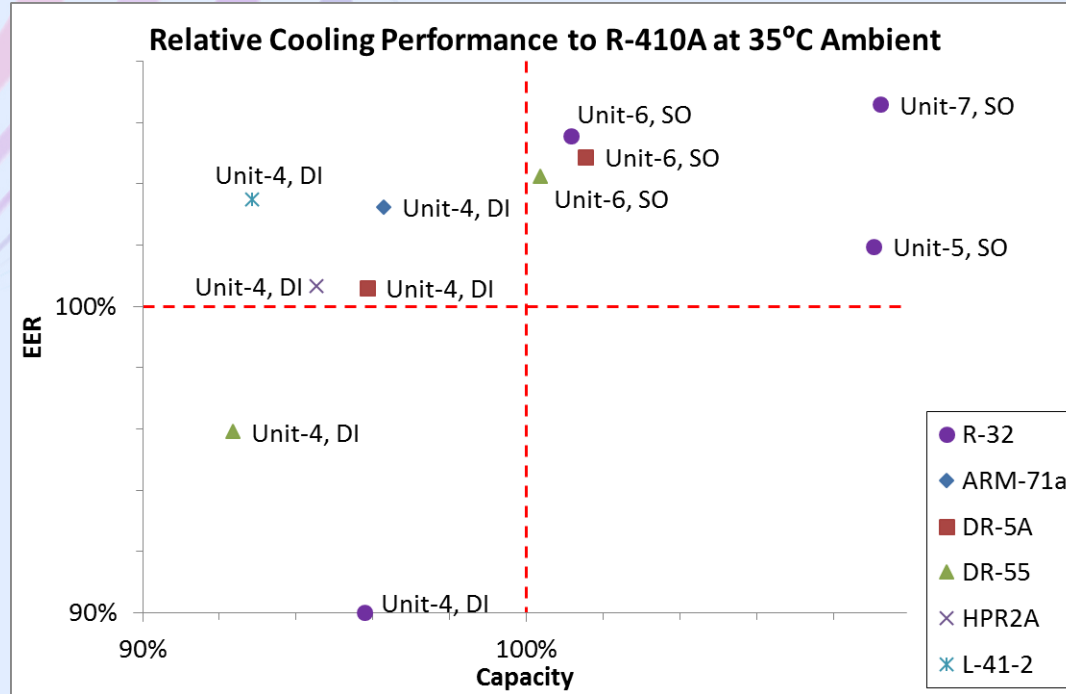


Essais ACs/Pompes à Chaleur - Phase II

Unit No.	Equipment Type	Baseline Refrigerant	Refrigerants Tested	Test type	Test Standard
1	3-ton air source, split	R-410A	R-32	soft-optimization	AHRI Standard 210/240*
2	3-ton air source, split	R-410A	ARM-71a, DR-5A, HPR2A, L-41-1, L-41-2	drop-in	AHRI Standard 210/240*
3	3-ton air source, split	R-410A	R-32, DR-5A, L-41-2	drop-in	AHRI Standard 210/240*
4	5-ton air source, rooftop packaged unit	R-410A	R-32, ARM-71a, DR-5A, DR-55, HPR2A, L-41-2	drop-in	AHRI Standard 210/240*
5	6-ton air source, rooftop packaged unit	R-410A	R-32	soft-optimization	AHRI Standard 340/360
6	4-ton air source, rooftop packaged unit	R-410A	R-32, DR-5A, DR-55	soft-optimization	AHRI Standard 210/240*
7	2.5-ton air source, rooftop packaged unit	R-22	R-410A, R-32	soft-optimization	AHRI Standard 210/240*
8	1.5-ton air source, mini-split	R-410A	R-32, ARM-71a, DR-55, HPR2A, L-41-2	soft-optimization	AHRI Standard 210/240*
9	1.5-ton air source, mini-split	R-22	N-20b, DR-3, ARM-20b, L-20a, DR-93, R-290	soft-optimization	AHRI Standard 210/240*
10	1-ton water-to-water, heat pump	R-410A	R-32, L-41-1, L-41-2	drop-in	ISO Standard 13256-2 and EN Standard 14511-2
11	1-ton, single packaged vertical heat pump (SPVH)	R-410A	R-32	drop-in	AHRI Standard 390
12	3-ton water-to-air, heat pump	R-410A	R-32, DR-5A, DR-55, L-41-2	drop-in and soft-optimization	ISO Standard 13256-1
13	4.5-ton air-to-water heat pump	R-407C	DR-3, L-20a, R-290	drop-in	EN Standards 14511 and 14825
14	2-ton air-to-water chiller	R-410A	R-32, DR-5A, L-41-1, L-41-2	drop-in	Tester defined conditions

“*” :Standard rating conditions and high ambient conditions up to 125F

Résultats: Rooftops

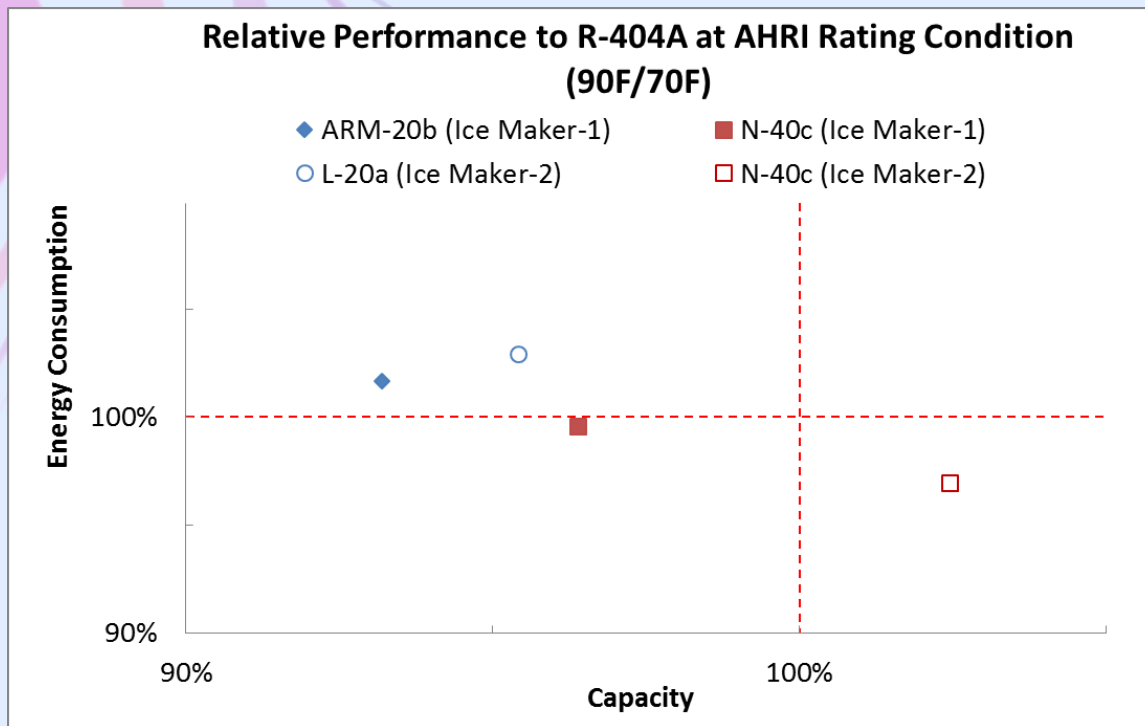


Essais d'Equipment Frigorifique - Phase II

Unit No.	Equipment Type	Baseline Refrigerant	Refrigerants Tested	Test type	Test Standard	AREP Report No.
1	trailer refrigeration unit	R-404A	DR-34 (R-452A)	drop-in	AHRI Standard 1110	41 (Hegar et al, 2015)
2	a split system air-cooled commercial ice machine	R404A	ARM-20b, N-40c	drop-in	AHRI Standard 810 and ASHRAE Standard 29	45 (Olson, 2015)
3	a split system air-cooled commercial ice machine	R-404A	L-20a (R-444B), N-40c (R-448A)	drop-in	AHRI Standard 810 and ASHRAE Standard 29	48 (Urbieto, 2015)



Résultats des Essais Phase II: Machines à Glaçons



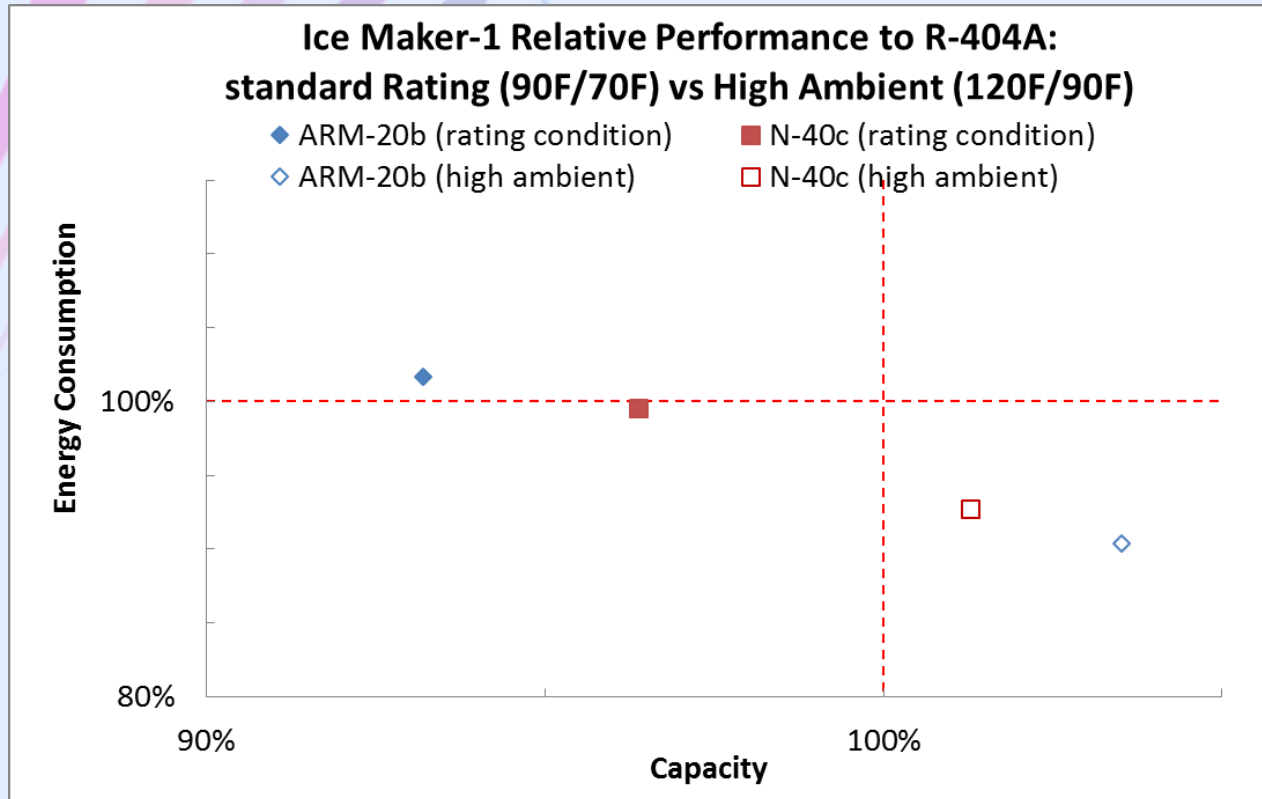
	Ice Maker-1	Ice Maker-2
refrigerant charge	charge was optimized at -20/50 for each refrigerant	use the same charge for all refrigerants
TXV setting	use adjustable TXV, adjustment made at 110/90 condition	no change with the TXV setting



AREP Phase II – Essais aux Températures Ambiantes Élevées

Product Category	Test companies	Nominal Capacity	Max. Ambient conditions	Baseline	ARM-20b	ARM-71a	DR-55	DR-5A	HPR2A	L-41-1	L-41-2	N-40c	R-32
Rooftop Unit	Carrier	10-ton	125F	410A				X		X	X		X
	Goodman	2.5-ton	125F	R-22									X
	Goodman	2.5-ton	125F	410A									X
	Lennox	5-ton	125F	410A		X	X	X	X		X		X
	Trane	4-ton	125F	410A			X	X					X
	Zamilac	6-ton	125F	410A									X
Split System	Carrier	3-ton	125F	410A		X		X	X	X	X		
	Danfoss	3-ton	125F	410A				X			X		X
	Goodman	3-ton	125F	410A									X
Chiller	Armines	10kW	115F	410A				X		X	X		X
Ice Machine	Manitowoc	910 lb/24hr	120F	404A	X							X	

Résultats des Essais Phase II: Machines à Glaçons



31 mars 2016

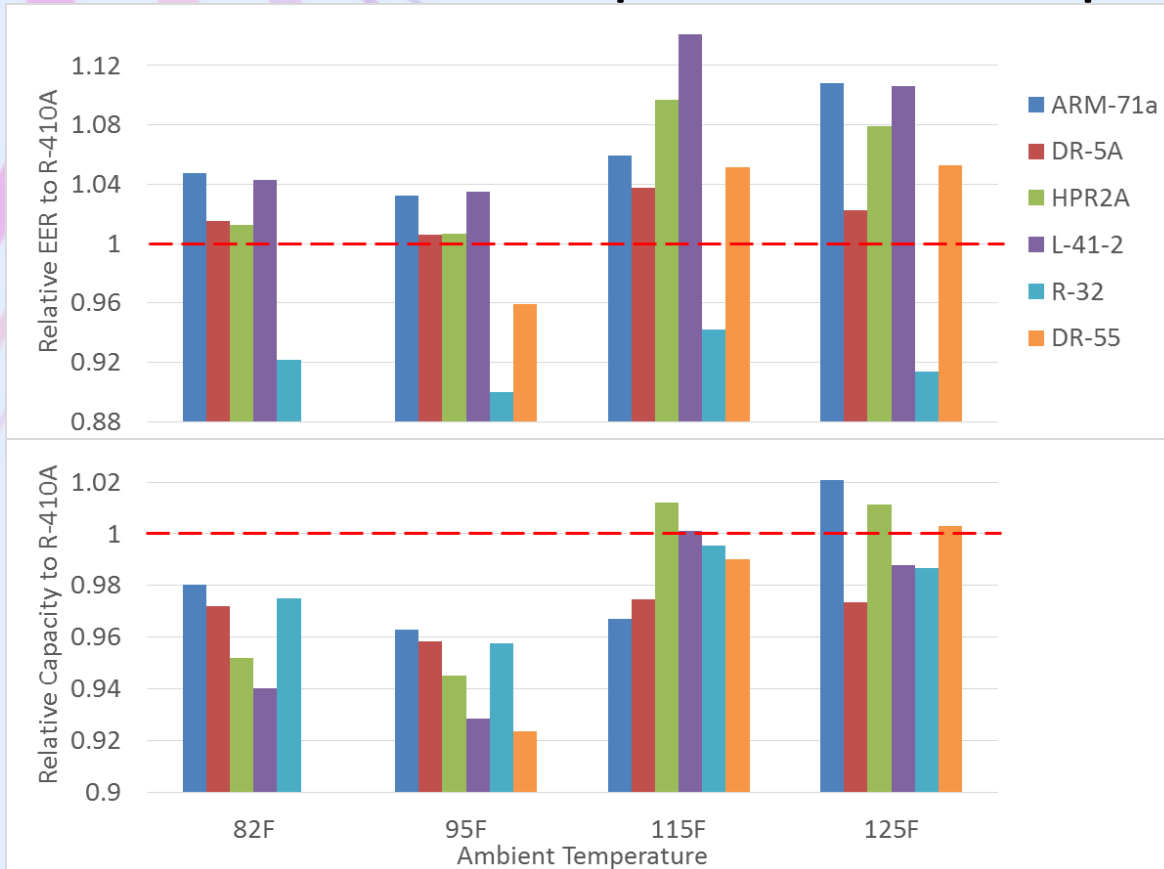


Essais Drop-in -- Rooftop

- 5 tonnes rooftop AC
 - Lennox LGH060H4ESP
 - Classification AHRI: SP-A
 - Capacité de Refroidissement (BTU/H): 60,000
 - EER: 12.7
 - Scroll compressor avec huile POE
 - Debit d'air nominal: 1750 cfm
- Conditions d'essai
 - Standard A (95F/35C), B (82F/28C) et TAE (115F/46C et 125F/52C)



Essais Drop-in -- Rooftop



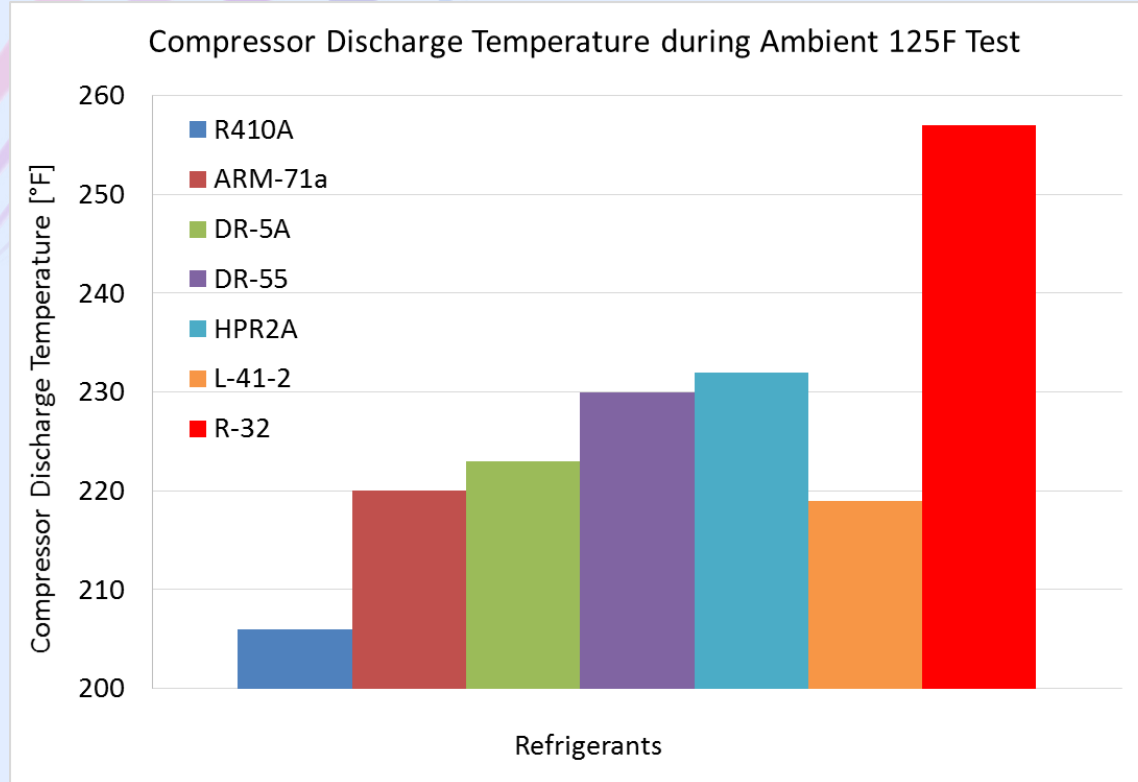
(Source: AREP Report No. 47 and 53, Lennox Industries)

31 mars 2016



Essais Drop-in -- Rooftop

- Les températures de décharge sont plus élevées que pour le R-410A



(Source: AREP Report No. 47 and 53, Lennox Industries)

31 mars 2016



Rooftop – Essais d' Optimisation (Soft-Optimization)

- Pompe à chaleur de 4 tonnes “rooftop” (AREP Rapport No. 56, Ingersoll Rand)
 - Système R-410A avec compresseur type scroll à vitesse fixe (SXA044B2BPA) utilisant une huile POE.
 - Détendeur thermostatique non réglable (chauffage et refroidissement).
- Système optimisé pour les fluides frigorigènes alternatifs:
 - Variateur de fréquence permettant de varier la vitesse du compresseur pour maintenir une capacité de refroidissement constante pour tous les fluides frigorigènes alternatifs.
 - Remplacement des détendeurs thermostatiques non réglables par des détendeurs thermostatiques réglables.
- Procédure d'essai: AHRI Standard 210/240



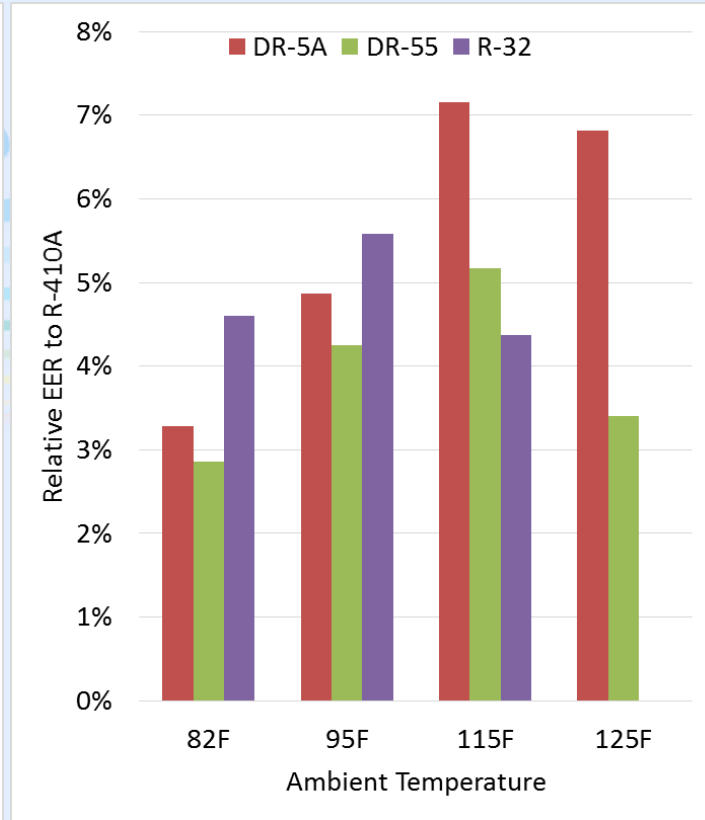
Rooftop – Essais d' Optimisation (Soft-Optimization)

- La quantité de frigorigène et la vitesse du compresseur sont d'abord déterminées pour obtenir une capacité de refroidissement similaire au R-410A (condition A-95F) et un EER optimisé.

	Charge (lb)	AFD (Hz)	Capacity at 95F (btu/hr)	EER (btu/ w-hr)
R-410A	9	60	50,241	11.32
DR-55	8.2	60	50,213	11.81
R-32	7.25	55	50,637	11.98
DR-5A	8.2	61	50,627	11.84

- Pour chaque frigorigène, les essais sont conduits en utilisant la quantité de frigorigène choisie et le réglage approprié du détendeur thermostatique et du variateur de fréquence.

Rooftop – Essais d' Optimisation



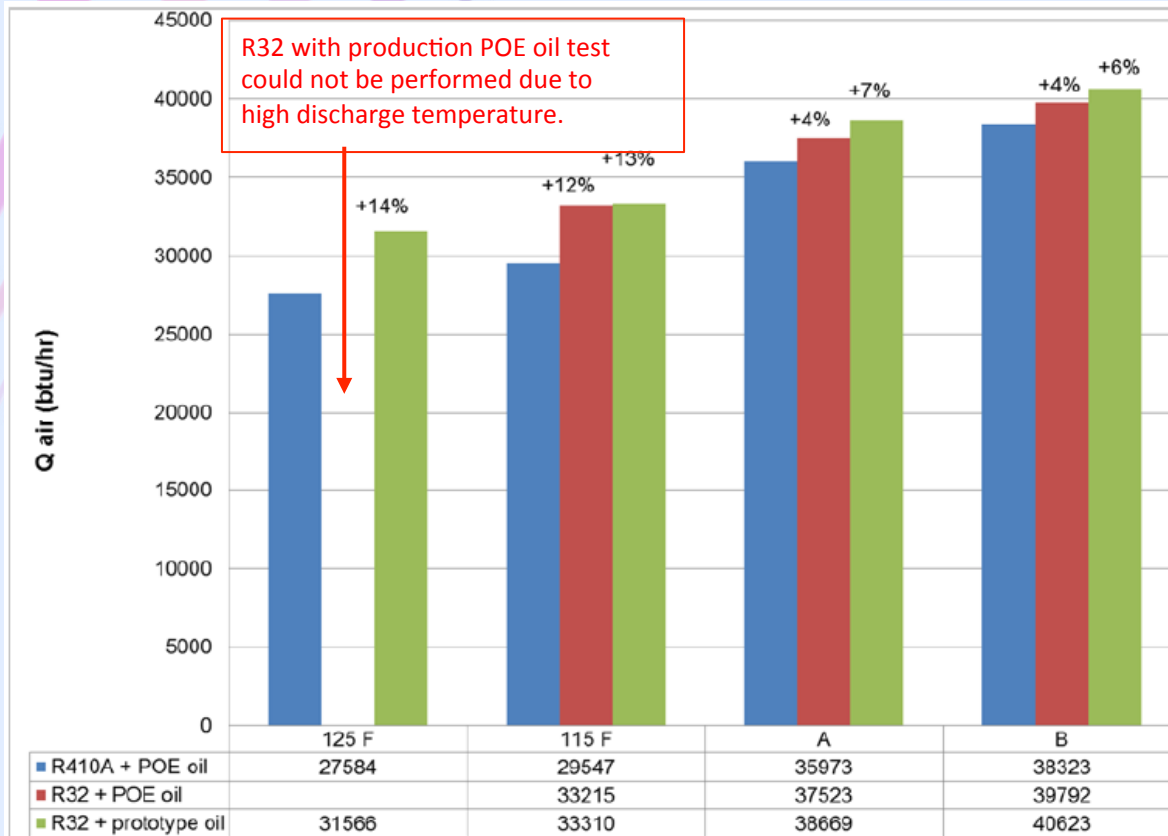
Note: R-32 was not tested at 125F due to high discharge temperature.
(Source: AREP Report No. 56, Ingersoll Rand)

Split AC – Essais d' Optimisation

- Système de base:
 - Système R-410A avec compresseur type scroll (ZP31K6)
 - Huile POE et détendeur thermostatique (TXV) de 4 tonnes
- Système optimisé pour le R-32:
 - 1^{re} étape: Remplacement du détendeur thermostatique de 4 tonnes par un détendeur thermostatique de 3 tonnes, pas d'autres changements.
 - 2^{ème} étape: remplacement du compresseur ZP31K6 par un autre compresseur ZP31K6 utilisant une huile POE prototype d'Emerson.
Détendeur thermostatique de 3 tonnes



Split AC – Essais d' Optimisation

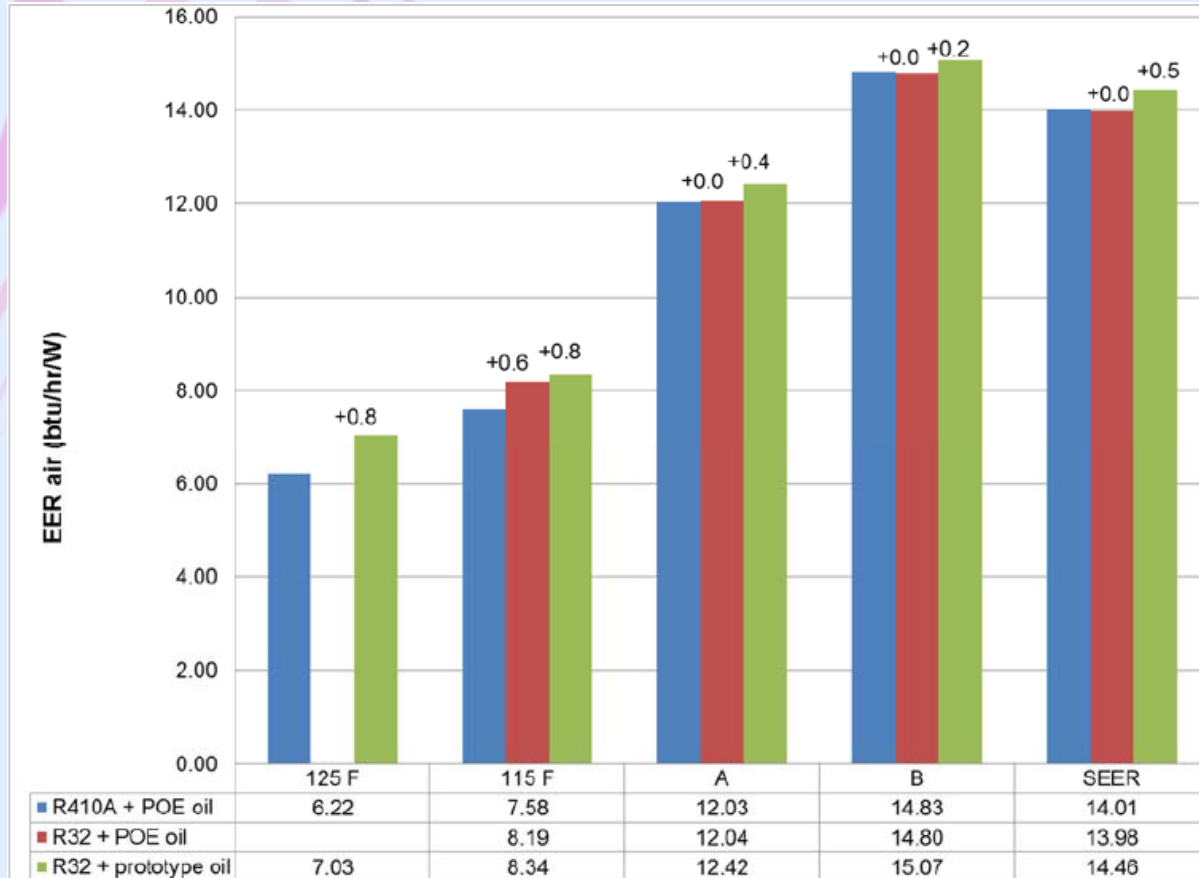


(Source: AREP Report No. 42, Goodman Manufacturing)

31 mars 2016



Split AC – Essais d' Optimisation



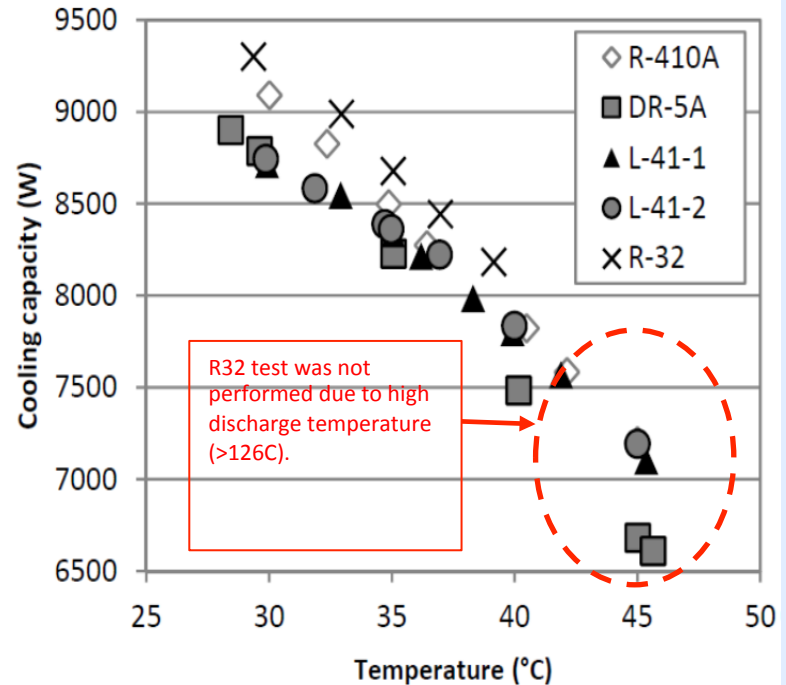
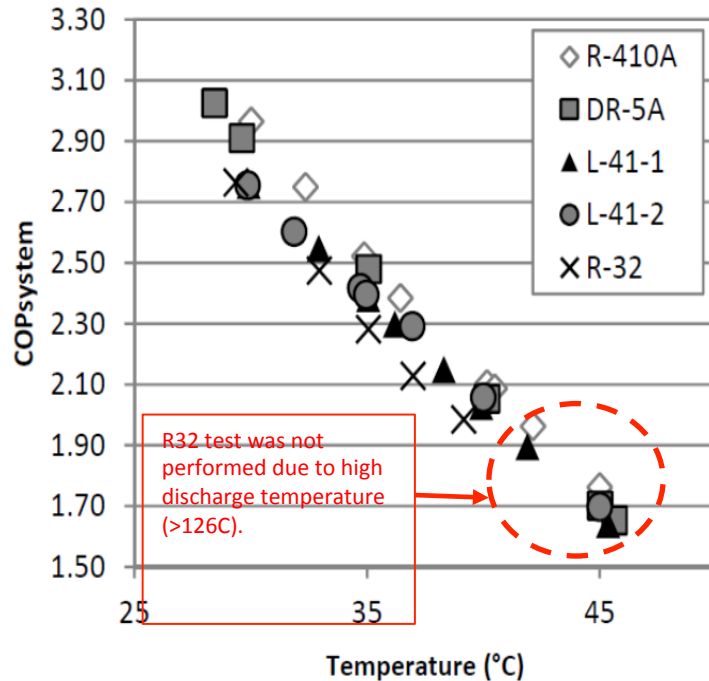
(Source: AREP Report No. 42, Goodman Manufacturing)

31 mars 2016



Chiller – Essais drop-in

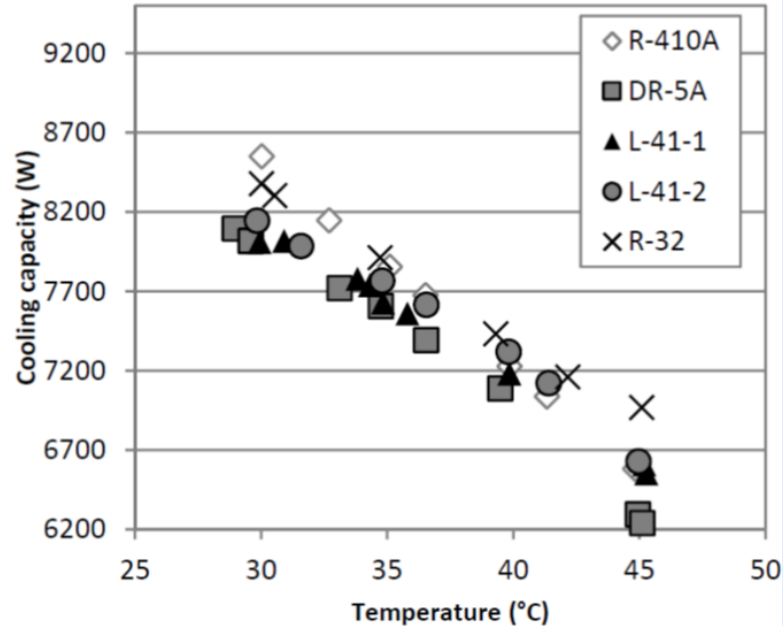
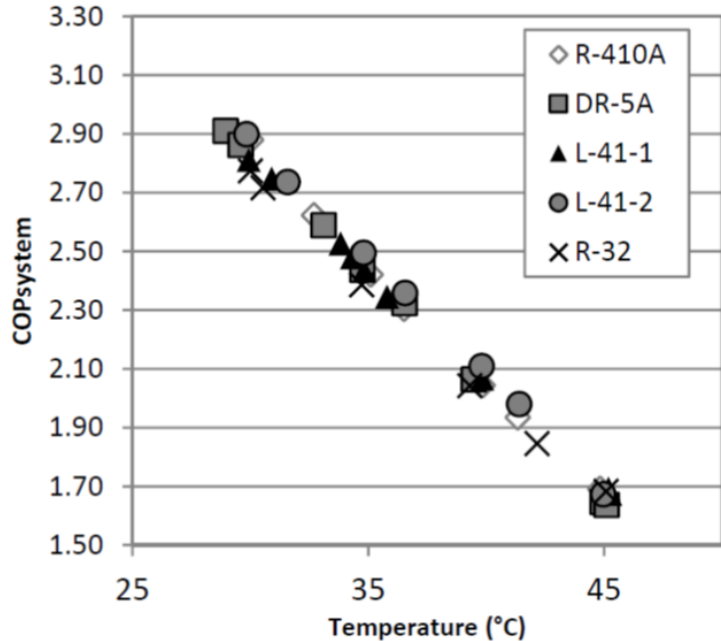
Tests results for the chiller without liquid receiver and for a charge of 2700g of refrigerant.



(Source: AREP Report No. 46, CES Armines)

Chiller – Essais drop-in

Tests results for the chiller with liquid receiver and for a charge of 3200g of refrigerant.



(Source: AREP Report No. 46, CES Armines)

Conclusions et Travaux Futurs

- Equipements couverts par le programme
 - Compresseurs (8 entreprises)
 - Produits de climatisation - AC&PC, RTU, Chillers (13 entreprises)
 - Produits de réfrigération (5 entreprises)
- Rapports publiés
 - Temperatures ambiantes élevées (9 en Phase II, 4 en Phase I)
 - Nombre total de rapports (34 en phase II)

<http://www.ahrinet.org/site/514/Resources/Research/AHRI-Low-GWP-Alternative-Refrigerants-Evaluation>
- Low-GWP AREP II Conference, organisée le 21 Janvier 2016, à Orlando, FL.
 - 18 entreprises ont présenté leurs résultats
 - Plus de 160 participants
- Etapes suivantes
 - Nouveaux frigorigènes et/ou applications
 - Transfert de chaleur
 - Compatibilité des matériaux



Recherche sur les Frigorigènes Inflammables

- Nous avons enquêté auprès d'organismes chargés du développement de normes de sécurité (ASHRAE, UL, IEC, ISO, etc..) afin d'identifier
 - Le manque de connaissances concernant l'utilisation des frigorigènes inflammables 2L
 - Les activités de recherche courantes et passées concernant les frigorigènes inflammables
- Au travers de cette enquête nous avons:
 - Elaboré une feuille de route établissant les priorités et un calendrier pour compléter la recherche nécessaire à l'utilisation des frigorigènes inflammables.



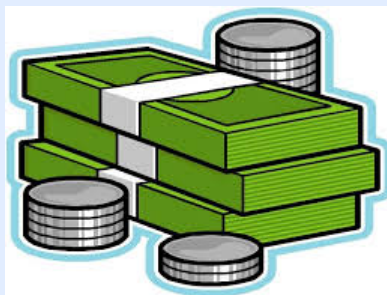
Recherche sur les Frigorigènes Inflammables

- Priorités principales de recherche:
 1. Analyse comparative des risques
 2. Critères de détermination des quantités de fluides frigorigènes A2L, A2, et A3 pour plusieurs types de produits
 3. Compréhension du risque/conséquence une fois que le frigorigène est enflammé
 4. Détermination des températures d'inflammation de certains fluides frigorigènes 2L à des conditions ambiantes diverses
- Coût de la recherche est de plusieurs millions de dollars



Recherche sur les Frigorigènes Inflammables

- Etapes suivantes:
 - Définir les énoncés de travail pour les projets de recherche
 - Collaborer au sein de l'industrie et avec les organismes nationaux et internationaux pour financer et mener à bien les projets de recherche
- AHRI a consacré \$1 Million pour soutenir ce programme et cherche des partenaires nationaux et internationaux



Merci de votre attention!

