

- Chauffage
- Ventilation
- Rafraîchissement
- Réfrigération
- Énergies renouvelables
- Régulation
- Sanitaire
- Plomberie

# Chaud Froid Performance

## DOSSIER

Ventilation  
**Efficacité  
énergétique  
et qualité  
de l'air**

p.30



## L'ENTRETIEN DU MOIS

**«La filière doit se mettre en mouvement d'elle-même»**

p. 6



Pierre-Louis François, président du salon Interclima+Elec et François Frisquet, président d'Uniclimate

## Le confort au plus près



### NOUVEAU MTA MODULAIRE GIACOMINI Modules Thermiques d'Appartement

Un concept énergétique décentralisé, pour le logement collectif et les écoquartiers.



Voir p. 15

## CHANTIER

**Du débit variable pour 11 000 m<sup>2</sup> de locaux tertiaires**

p. 38

## SUR LE MARCHÉ

**Vannes et robinets d'équilibrage**

p. 26



## TECHNIQUE

**Développement d'une gamme de thermofrigopompes au propane**

p. 40



# Développement d'une gamme de thermofrigopompes au propane de petites et moyennes puissances

Lors du dernier colloque organisé par le Pôle Cristal à Dinan, Erwan Prima, chef de projets R&D chez ETT, a présenté une nouvelle gamme de thermofrigopompes fonctionnant au propane. Commercialisées en 2017, ces machines répondent aux exigences de performance environnementale et de sécurité fixées par la réglementation.

Entre 2010 et 2013, en partenariat avec le laboratoire LGCGM de Rennes, le Pôle Cristal de Dinan (Côtes-d'Armor) a accueilli et encadré une thèse sur le «*développement d'une thermofrigopompe préindustrielle de petite à moyenne puissance*»<sup>(1)</sup>. En 2015, la société ETT s'intéresse à ce travail de recherche qui a débouché sur un dépôt de brevet. Basé à Ploudalmezeau près de Brest (Finistère), ce spécialiste du traitement d'air et des pompes à chaleur répond aux besoins de l'industrie et du tertiaire : équipement des ateliers, bureaux, commerces, salles de spectacle, piscines et patinoires...

Le projet de thermofrigopompe (TFP) étudié utilise le propane comme fluide frigorigène. Son circuit frigorifique propose une réduction significative du nombre d'électrovannes. Son architecture permet une récupération efficace lors des basculements entre les différents modes de

fonctionnement. L'industriel contracte une option sur licence pour définir une nouvelle gamme de matériels. Dès 2016, il fabrique un prototype qui est aussitôt testé et qualifié dans le laboratoire du centre technique. La gamme, appelée Ecops (Ecological Propane System), est aujourd'hui proposée au marché.

## Contraintes sur les fluides

La thèse soutenue en 2013 rappelle l'histoire des fluides frigorigènes. Les premières installations frigorifiques utilisaient largement des fluides naturels : le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>, R744), l'ammoniac (NH<sub>3</sub>, R717) et les hydrocarbures tels que le propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, R290). Mais ils constituaient un danger potentiel pour la sécurité des personnes et des biens au regard de leur toxicité et inflammabilité. C'est ainsi que les CFC (chlorofluorocarbures) et HCFC (hydro-chloro-fluorocarbures) ont été développés à partir des années 1930, puis les HFC (hydro-fluorocarbures) dans les années 1950 avec un essor commercial dans les années 1980. Aujourd'hui, les fluides les plus couram-



Erwan Prima, chef de projets R&D chez ETT : «*Le propane se développe, il est d'ailleurs aujourd'hui utilisé par certains fabricants de réfrigérateurs domestiques*» (DR).

ment utilisés pour les pompes à chaleur (PAC) sont le R407C, le R410A et le R134a (souvent présent en production d'eau chaude sanitaire).

Comme on le sait, les politiques d'action en faveur de l'environnement imposent une restriction de ces fluides de synthèse. En réponse, une nouvelle génération est désormais proposée par l'industrie chimique : les HFO (hydro-fluoro-oléfinés), tel que le R1234yf. Parallèlement, on note aussi ces dernières années un intérêt croissant pour le retour vers les fluides naturels qui apparaissent comme une alternative prometteuse en raison de leur faible impact sur le climat et la planète.

<sup>(1)</sup> Thèse de Redouane Ghoubali soutenue le 28 novembre 2013 à l'INSA de Rennes, sous la direction du professeur Jacques Miriel.



Prototype testé dans l'enceinte climatique négative du Pôle Cristal : il s'agit du modèle de plus petite puissance à un seul circuit et hélicoïde (doc. ETT).



Image de synthèse du châssis des modèles Ecops 180-240-270, avec 2 circuits et 4 hélicoïdes : le compartiment technique est équipé d'un détecteur de fuite, le tableau électrique IP54 est séparé (doc. ETT).



Deux indices caractérisent la performance environnementale :

- ODP (Ozone Depletion Potential) qui mesure le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone ; les CFC tels que le R11 et R12 sont crédités d'un ODP égal à 1 ;

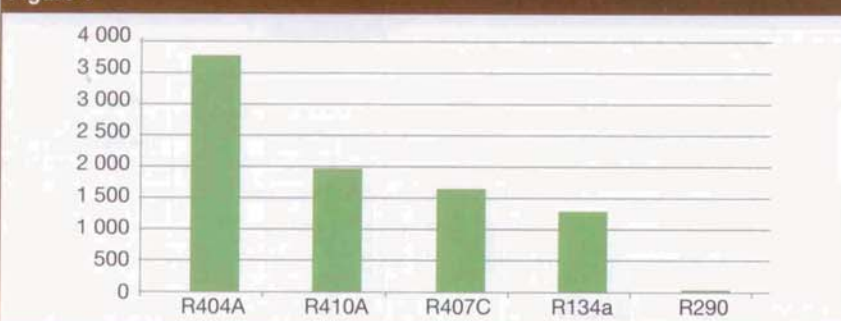
- GWP (Global Warming Potential) qui définit le potentiel de réchauffement global, c'est-à-dire la participation à l'effet de serre, calculé pour une durée déterminée souvent fixée à 100 ans ; le CO<sub>2</sub> sert de référence avec un GWP égal à 1. Les fluides naturels organiques ont un très faible impact sur l'environnement. Le propane (R290) bénéficie d'un ODP nul et d'un GWP de 3 (voir **figure 1**). Il présente aussi de bonnes propriétés thermodynamiques. Reste à prévenir et maîtriser le risque lié à l'inflammabilité, et explosivité, en s'appuyant sur une réglementation contraignante.

### Applications en industrie, tertiaire, mais aussi résidentiel collectif

Rappelons rapidement qu'une thermofrigopompe (TFP) peut produire simultanément du chaud et du froid. Le circuit de fluide frigorigène est conçu pour récupérer les frigorifères évacuées en mode chauffage ou les calories dissipées en mode rafraîchissement. Elle fonctionne soit en mode simple, comme une pompe à chaleur ou une climatisation, soit en mode simultané (voir **figures 2, 3 et 4**). La thèse encadrée par le Pôle Cristal et le laboratoire LGCGM de Rennes étudie les possibilités du marché des TFP. Par définition, le potentiel de ces machines dépend fortement de l'existence et de l'importance des besoins simultanés en chaud et froid. Il est fréquent de constater que les immeubles de bureaux connaissent des besoins doubles, surtout en présence de façades fortement ensoleillées ou de parcs informatiques importants. Par ailleurs, nombre de commerces sont équipés en chauffage, mais aussi climatisation et installation frigorifique. Cette addition de fonctions est également fréquente dans l'industrie agroalimentaire.

Cela étant, les applications peuvent également concerner les immeubles à usage de type résidentiel, où les exigences de performance énergétique conduisent à des enveloppes fortement isolées et étanches à l'air. Pour certains de ces bâtiments, et notamment dans le cas des foyers d'accueil pour personnes âgées ou des établissements de santé, il est aujourd'hui demandé de pallier les phénomènes de surchauffe en offrant une solution de rafraîchissement. Les

Figure 1



Comparaison du GWP du propane (R290) avec les fluides de synthèse courants (doc. ETT).

Figure 2

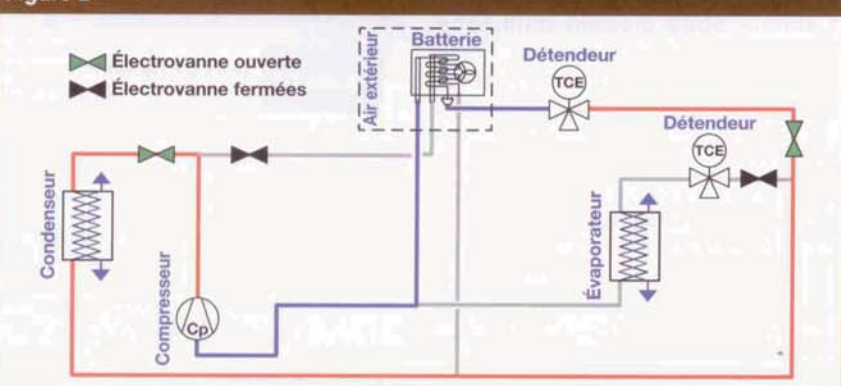


Schéma du circuit frigorifique d'une thermofrigopompe fonctionnant en mode pompe à chaleur (doc. ETT).

Figure 3

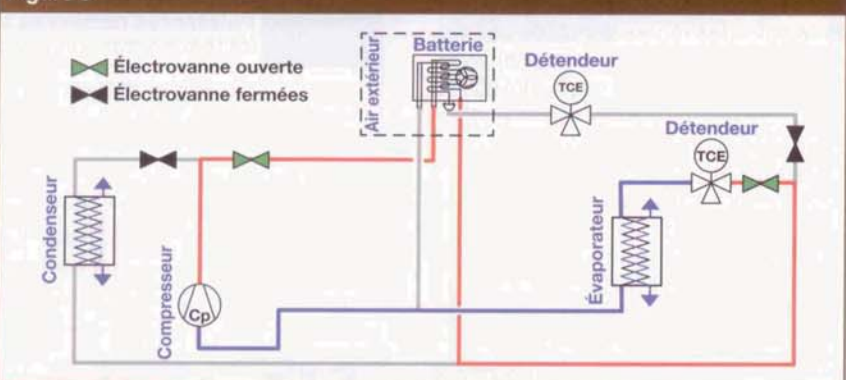


Schéma du circuit frigorifique d'une thermofrigopompe fonctionnant en mode rafraîchissement (doc. ETT).

Figure 4

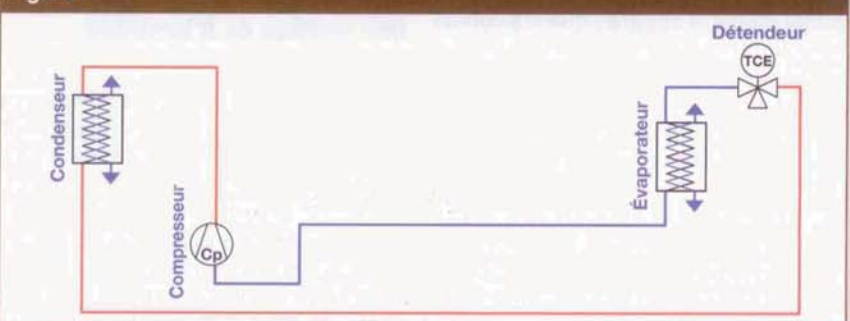


Schéma du circuit frigorifique d'une thermofrigopompe fonctionnant en mode simultané, avec production de chaud et de froid : la partie échange sur l'air extérieur n'est pas ici utilisée ni représentée (doc. ETT).



températures réglementaires de confort en période estivale peuvent être largement dépassées, en nombre d'heures comme en valeur. Autre constat : il faut souligner qu'en logement tant individuel que collectif, les besoins d'ECS augmentent et deviennent même prépondérants par rapport au chauffage, surtout dans les bâtiments à basse consommation (BBC). Or, cette production doit être assurée hiver comme été.

### Quels besoins simultanés ?

La thèse accompagnée par le Pôle Cristal envisage différentes typologies de sites et d'immeubles, dont le comportement est simulé sous modèle multizone TRNSYS. Les climats océanique, méditerranéen et continental sont respectivement représentés par les villes de Rennes (en zone H2a), Marseille (en zone H3) et Strasbourg (en zone H1b). Trois catégories de bâtiments sont étudiées : un magasin de distribution alimentaire, un petit tertiaire de bureaux et un résidentiel collectif BBC, avec simulation dynamique du découpage intérieur en zones thermiques homogènes. Ils sont décrits dans le **tableau 1**.

Les consignes de chauffage et de rafraîchissement sont respectivement de 19 et 26 °C. Les besoins sont déterminés à partir des fichiers météorologiques de chaque ville. L'impact du soutirage d'ECS est estimé selon les règles adoptées dans le guide de calcul prévisionnel des consommations d'énergie édité par l'AICVF. Valeurs prises en compte : 10 litres/jour et par employé à 45 °C en magasin, 5 litres/jour et par employé à 60 °C en bureaux et 40 litres/jour et personne à 60 °C en logement.

La thèse introduit la notion de taux de besoins simultanés (TBS) en chaud et en froid. Sans entrer dans les détails du calcul, ce TBS analyse la simultanéité des besoins dans une journée. La moyenne du TBS sur l'année permet d'identifier les bâtiments capables de mieux rentabiliser une thermofrigopompe. Le **tableau 2** donne les résultats de la simulation. Dans le panel étudié, il apparaît que les conditions climatiques de Marseille et de Rennes sont meilleures. Les bâtiments les plus favorables sont le résidentiel collectif BBC et les bureaux avec un TBS qui monte respectivement à 30,52 % et 28,17 %.

La **figure 5** détaille l'évolution du TBS pour le résidentiel collectif BBC à Rennes. On remarque qu'entre les 129<sup>ème</sup> et 289<sup>ème</sup> jours de l'année, soit entre avril et septembre, cet immeuble présente une forte demande simultanée de chaud et de froid, liée essentiellement à la coexistence de besoins en ECS et en rafraîchissement.

**Tableau 1** Caractéristiques des bâtiments étudiés, apports thermiques gratuits liés à l'occupation et aux équipements

Type de bâtiment	Surface (m <sup>2</sup> )	Nombre de zones thermiques	Mode d'occupation		Éclairage (W/m <sup>2</sup> )	Équipements électriques (230 W/unité)
			Nombre de personnes	Horaires		
Magasin	1 467	5	134	8 h - 21 h	10	9
Bureaux	792	12	123	8 h - 20 h	10	141
Collectif BBC	675	15	24	6 h - 9 h 18 h - 24 h	5	64

Source : Thèse de Redouane Ghouali.

**Tableau 2** Taux de besoins simultanés (TBS) annuels calculés par type de bâtiment et implantation

Type de bâtiment	Magasin	Bureaux	Collectif BBC
Rennes	10,17 %	28,17 %	28,00 %
Strasbourg	6,86 %	22,57 %	22,50 %
Marseille	10,26 %	24,37 %	30,52 %

Source : Thèse de Redouane Ghouali.

**Tableau 3** Puissances nominales et caractéristiques des 8 modèles de thermofrigopompe Ecops

Types	60	80	100	130	150	180	240	270
P. calorifique (kW)	56,2	71,6	99,1	126,9	143,7	182,8	234,2	265,5
P. frigorifique (kW)	45,4	57,4	81,2	103,9	117,8	150	191,8	217,4
TER	9,3	8,94	9,55	9,34	9,14	9,83	9,54	9,34
Classe énergétique	A+	A+	/	/	/	/	/	/

Régimes : 7/12 °C pour l'eau froide et 30/35 °C pour l'eau chaude (source : ETT).

### Une gamme de 8 modèles

Les thermofrigopompes Ecops commercialisées par ETT sont donc conçues pour assurer chauffage, rafraîchissement et production d'ECS. Implantées en extérieur, elles utilisent un échangeur sur air extérieur. La gamme se compose de 8 modèles dont la puissance calorifique nominale varie entre 56,2 et 265,5 kW, comme le montre le **tableau 3**. Ils sont notés de 60 à 270 et disponibles en 3 types de châssis avec les encombrements suivants (L x l x H) :

● 2486 x 1549 x 1557 mm pour le type

60-80, qui est équipé d'un seul ventilateur ;

● 3106 x 2284 x 1619 mm pour le type 100-130-150, doté de deux ventilateurs ;  
● 4157 x 2434 x 2249 mm pour le type 180-240-270, avec quatre ventilateurs.

Les 5 premiers modèles, donc les châssis types 60-80 et 100-130-150, intègrent un seul circuit frigorifique. Les 3 autres, avec châssis type 180-240-270, en ont deux. Technologies adoptées : compresseur à piston semi-hermétique associé à un variateur de fréquence permettant d'optimiser la puissance en fonction des



besoins, mais aussi ventilateur hélicoïde Ø 910 mm avec moteur EC à commutation électronique dont la rotation est régulée en fonction de la vitesse du compresseur.

L'échangeur sur air extérieur, en position inclinée, est réalisé en tube cuivre et ailettes aluminium avec protection vinyle. Associé à un détendeur électronique en fonctionnement eau chaude, il bénéficie d'un dégivrage efficace et rapide. Condenseur et évaporateur sont constitués par des échangeurs à plaques brisées. L'ensemble est abrité dans un châssis-carrosserie en aluminium, avec plancher étanche qui canalise les évacuations en périphérie, avec toit et parois verticales donnant accès par panneaux amovibles. La résistance aux intempéries de cet ensemble monobloc, compact et léger, est garantie sur une durée de 20 ans.

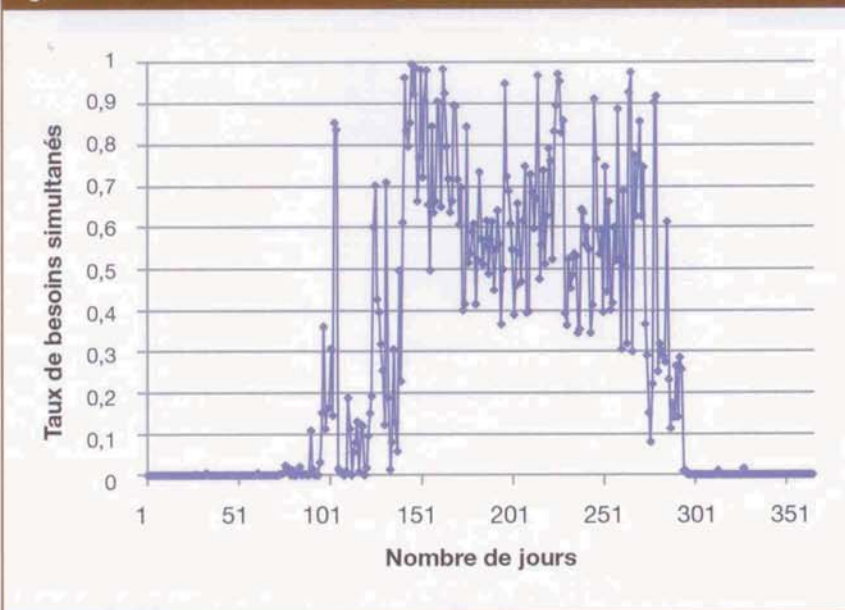
Sur demande, la fourniture des machines peut être complétée par la livraison d'un module hydraulique à installer également en extérieur. Préfabriqué sur mesure, ce compartiment indépendant rassemble les ballons de stockage d'eau froide, d'eau chaude et d'ECS (voir **figure 6**). Une vanne 3 voies assure alternativement l'alimentation du réservoir tampon d'eau chaude et de la cuve d'ECS. Cette dernière intègre un appoint électrique. Deux pompes dirigent l'eau vers les échangeurs à plaques de la TFP (condenseur et évaporateur).

### Performances et sécurité

Les résultats des essais menés en laboratoire ont été diffusés lors du dernier colloque organisé par le Pôle Cristal, fin septembre 2017. Ils sont résumés dans les **tableaux 4 et 5**. On voit qu'une efficacité saisonnière de 3,2 a été mesurée, tant en mode chauffage que rafraîchissement. Au-delà de toutes les caractéristiques déjà envisagées, la performance s'explique également par l'intégration d'une régulation spécifique, commandée par des automates de type Best (Building Energy Saving Technology).

Aujourd'hui, la société ETT souhaite se constituer des références. Elle s'engage dans une stratégie de prescription auprès des concepteurs et installateurs. Sans surprise, les premiers dossiers examinés font apparaître une certaine réticence vis-à-vis du fluide frigorigène. Pour faciliter le positionnement de son offre, l'entreprise étudie la possibilité de participer au programme «*France expérimentation*» mis en place par les pouvoirs publics pour stimuler l'innovation. En effet, les normes juridiques et les processus administratifs constituent un frein au déploiement de nouvelles solutions, en rupture avec les habitudes et pratiques courantes.

Figure 5



Résidentiel collectif BBC à Rennes : évolution du taux de besoins simultanés au cours de l'année (doc. Thèse de Redouane Ghouballi).

Figure 6

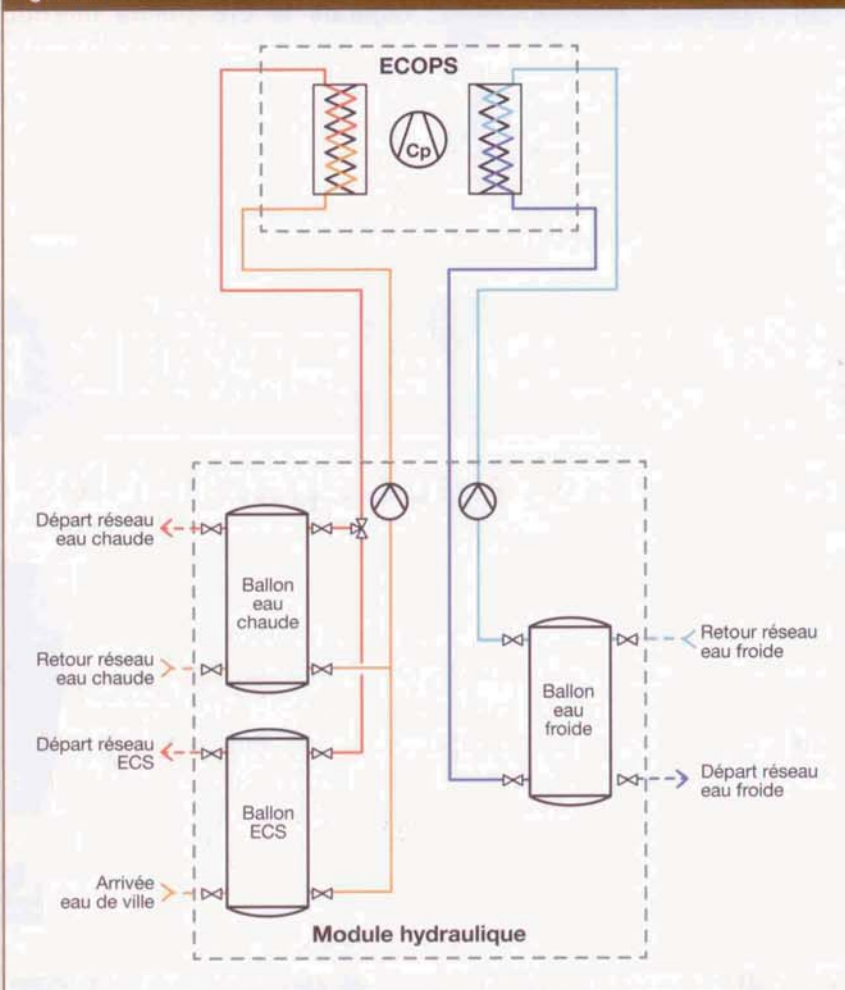


Schéma du module hydraulique devant être associé à la thermofrigopompe, susceptible d'être préfabriqué par l'industriel (doc. ETT).



**Tableau 4** Résultats des tests : calcul du Scop/ Mode chauffage - unité réversible

Charge nominale de référence de chauffage - Pdesignh			35,5 kW	
Température extérieure	Ratio de charge	Puissance déclarée	Cop déclaré	Coef. de dégradation
- 7 °C	88 %	21,2 kW	2,7	-
+ 2 °C	54 %	18,1 kW	3,6	-
+ 7 °C	35 %	23,0 kW	4,4	0,9
+ 12 °C	15 %	26,9 kW	5,1	0,9
T° bivalente : - 5 °C	81 %	28,7 kW	2,4	-
T° limite de fonctionnement : - 10 °C	100 %	24,0 kW	2,2	-
Thermostat Off	110 W	178 heures		
Résistance de carter	140 W	178 heures		
Scop	<b>3,2</b>			
Efficacité énergétique saisonnière	<b>129 %</b>			
Classe d'efficacité énergétique saisonnière	<b>A+</b>			

Source : ETT.

**Tableau 5** Résultats des tests : calcul du SEER/ Mode rafraîchissement - unité réversible

Charge nominale de référence de refroidissement - Pdesignh			36,8 kW	
Température extérieure	Ratio de charge	Puissance déclarée	EER déclaré	Coef. de dégradation
35 °C	100 %	36,8 kW	2,7	-
30 °C	74 %	26,8 kW	3,4	-
25 °C	47 %	21,7 kW	4,1	0,9
20 °C	21 %	23,2 kW	4,9	0,9
Thermostat Off	110 W	221 heures		
Stand-by	110 W	2 142 heures		
Résistance de carter	140 W	2 672 heures		
SEER	<b>3,2</b>			

Source : ETT.

L'industriel a bâti un dossier réglementaire qui répond à toutes les questions de sécurité que les professionnels peuvent se poser. La conception des machines intègre des mesures de prévention très strictes :

- compartiment électrique IP54 séparé de la partie frigorifique ;
- circuits frigorifiques conformes à la directive européenne des appareils sous pression (PED 2014/68/UE) ;
- incorporation d'un détecteur de propane.

Placé à 30 cm du sol, ce détecteur permet de mesurer en continu le pourcentage de la LIE (limite inférieure d'explosivité) selon la norme NF EN 378-2017. En cas de fuite dans le compartiment technique (à hauteur de 20 % de la limite inférieure d'explosivité), le circuit frigorifique est arrêté, un signal et un ventilateur d'évacuation ATEX sont déclenchés. L'afficheur principal de la machine continue de fonctionner pour indiquer la

valeur résiduelle du pourcentage de LIE. Installées à l'air libre, les machines doivent être implantées de manière à ce que les fuites éventuelles ne puissent pas mettre en danger les personnes, notamment en pénétrant dans les bâtiments. Lorsqu'elles sont placées sur un toit, il faut veiller à ce que le fluide frigorigène échappé ne puisse pas se répandre, couler dans les conduits d'aération, sous une porte, une trappe ou une ouverture similaire. ■

LA LIBRAIRIE  
TECHNIQUE  
du bâtiment  
PERFORMANT

# KLIMA FROID ET PAC

## Comprendre et dépanner les clim et PAC

F. BISBAU

Ce logiciel, très didactique, vous aidera à mieux comprendre et apprendre à dépanner les clim et les PAC. Vous pourrez tester vos connaissances théoriques à l'aide d'un QCM de plus de 130 questions. Puis vous pourrez vous entraîner à dépanner grâce à de nombreuses mises en situation. Et Enfin, très utile, un rappel des bonnes pratiques du froid.



**256 € TTC**  
Frais de livraison inclus

Commandez directement sur notre site ou adressez-nous votre règlement

Les Éditions Parisiennes - 6, passage Tenaille - 75014 Paris - [www.librairietechnique.com](http://www.librairietechnique.com)