

# application note



## Approche scientifique appliquée à une hypothèse

### où

#### Essais en laboratoire

- Carter Retail Equipment (Royaume-Uni)

#### Essais sur le terrain

- Supermarché Eurospar Azzano X (Italie)

### quoi

#### Comparaison entre des détendeurs pas à pas et chronoproportionnels:

- Qualité de la régulation
- Économie d'énergie

### pourquoi

- Avoir une comparaison quantitative et qualitative des diverses caractéristiques de régulation des deux détendeurs avec des vérifications pratiques sur le terrain et dans le laboratoire.

#### E2V et PWM:

comparaison entre des détendeurs pas à pas et chronoproportionnels (impulsionnels)

Le détendeur est utilisé dans le domaine de la réfrigération commerciale pour alimenter l'évaporateur de vitrines et de chambres frigorifiques.

La fonction du détendeur est de garantir une surchauffe correcte à la sortie de l'évaporateur.

Il est facile de comprendre que, grâce à une plus grande précision dans la régulation, il y a des avantages de type énergétique, de qualité de la régulation et de stabilité/sécurité à l'intérieur du circuit frigorifique.

Pour démontrer cette hypothèse avec une rigueur scientifique, CAREL a rassemblé une série de faits et de considérations utiles pour comprendre les effets positifs d'une régulation pas à pas par rapport à une régulation chronoproportionnels.

Dans ce document, nous fournissons les résultats obtenus dans nos laboratoires, sur des sites et également de quelques essais menés par des sociétés tierces.



## Vanne pas à pas E<sup>2</sup>V modulation continue du flux

- Le driver du détendeur électronique envoie au détendeur un signal en basse tension, de sorte à faire tourner le rotor dans le sens horaire ou inverse des aiguilles d'une montre
- Le mécanisme intérieur convertit le mouvement de rotation en un déplacement axial de la tige
- La position de la tige fait varier la zone de passage du réfrigérant
- Le flux du réfrigérant est modulé avec précision et continuité.

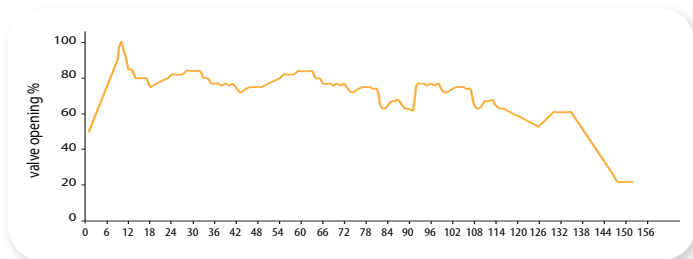
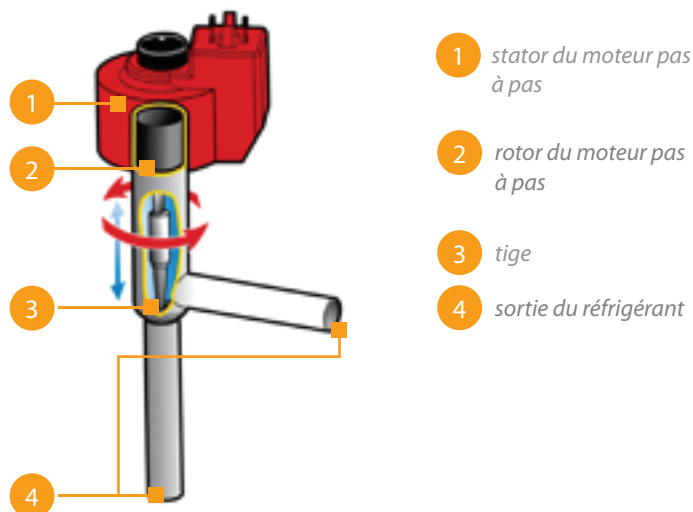


Schéma de principe du fonctionnement d'un détendeur pas à pas générique. La qualité des détendeurs pas à pas CAREL E2V est caractérisée par le mouvement seulement axial et non de rotation de la tige de régulation. Le détendeur pas à pas peut moduler de façon précise et constante le flux du réfrigérant, en fonction de la quantité nécessaire à l'installation.

## Détendeur PWM (Pulse Width Modulation - Modulation d'impulsions en largeur) modulation pulsatoire du flux

- Le driver fournit à l'enroulement une commande sous tension, en modulant la durée des impulsions (secondes)
- L'aimant se déplace en fonction de l'excitation de l'enroulement
- L'obturateur relié à l'aimant ouvre ou ferme complètement le trou de passage
- La modulation d'un « flux moyen » a lieu en réglant la durée des périodes d'ouverture et de fermeture

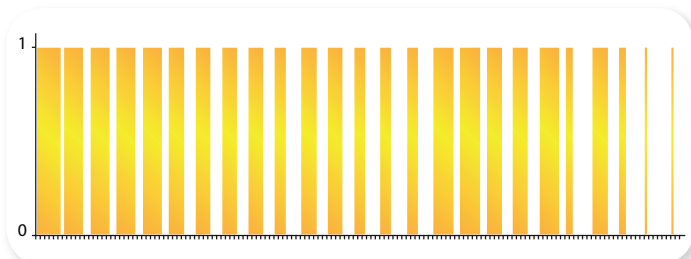
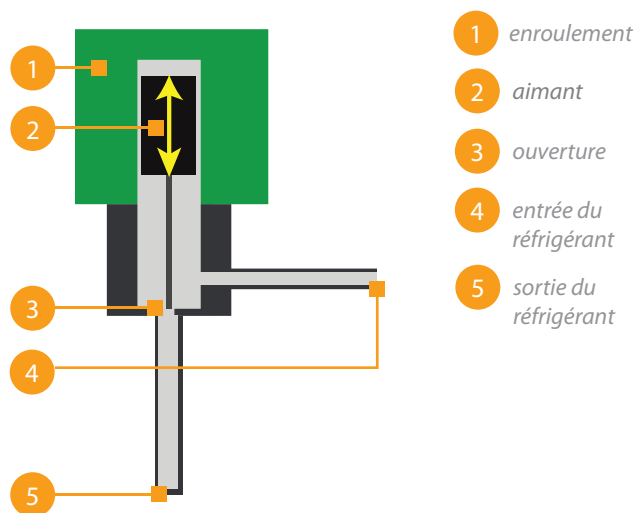


Schéma de principe du fonctionnement d'un détendeur chronoproporcionnel générique. Un détendeur chronoproporcionnel peut obtenir seulement une variation du « flux constant » sur une période de quelques secondes. Le flux instantané peut être uniquement de 100% ou 0%.

### Avantages de la régulation pas à pas



contrôle de la surchauffe plus stable: il est possible de travailler avec des points de consigne inférieurs, en obtenant également un meilleur rendement de l'évaporateur. Cela implique une possible pression d'évaporation plus élevée et, par conséquent, une économie sur l'énergie de compression;



plage de régulation accrue: un détendeur pas à pas EEV peut mieux faire face aux changements de pression de condensation et d'évaporation et s'adapter aux variations de charge. Le même modèle de détendeur peut fonctionner sur des machines ayant une capacité frigorifique différente et un réfrigérant différent, en simplifiant le processus de sélection et de remplacement;



moins de vibrations dans les tuyauteries: le détendeur chronoproporcionnel peut provoquer des vibrations dans les tuyauteries et dans le flux du réfrigérant, qui peuvent provoquer des ruptures ou des dysfonctionnements dans l'installation, ou obliger à utiliser des tuyaux plus épais et coûteux, avec des ancrages spécifiques;



aucun bruit dans l'installation: contrairement aux détendeurs chronoproporcionnel, il n'y a aucun bruit pendant le fonctionnement normal;



basses tensions de travail : réduction des précautions nécessaires pour la maintenance et en cas de formation de glace.

## Essais en laboratoire

Carter Retail Equipment a mené des essais en laboratoire pour comparer un détendeur pas à pas CAREL E2V18 et un détendeur de type chronoproportionnel.

Les essais ont été effectués en utilisant une vitrine positive moyenne, modifiée pour permettre la détente alternativement dans les deux détendeurs : lorsqu'un détendeur est sélectionné, la branche sur laquelle est installé l'autre est exclue au moyen d'une électrovanne. De la sorte, on garantit la parité parfaite de conditions pour les essais.

Le but des essais a été de mesurer le débit de liquide à température de produit équivalent. Cela équivaut à la mesure du rendement frigorifique nécessaire pour obtenir le même effet sur le produit stocké à une température basse, ou bien à la quantité de réfrigérant nécessaire pour obtenir le même effet frigorifique.

Les essais ont été menés en faisant fonctionner la vitrine alternativement avec le détendeur pas à pas et le détendeur chronoproportionnel toutes les 24 heures.

La mesure du débit du réfrigérant a été calculée avec un débitmètre.

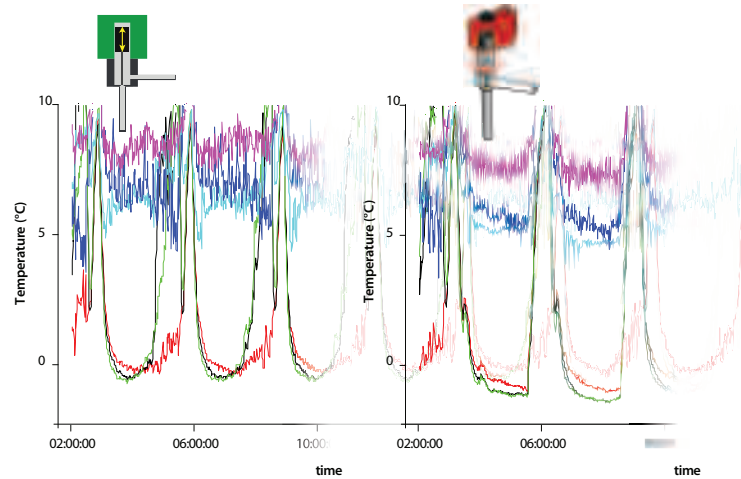


*l'unité frigorifique utilisée pour les essais dans les laboratoires CARTER Refrigeration*

### Formation de glace

À travers les enregistrements, on note un comportement différent de la température de l'air probablement causé par une formation de glace différente sur la batterie.

Pendant le fonctionnement du détendeur pas à pas, on ne note aucune variation particulière ou hausse de températures réglées ou augmentation des temps de dégivrage.

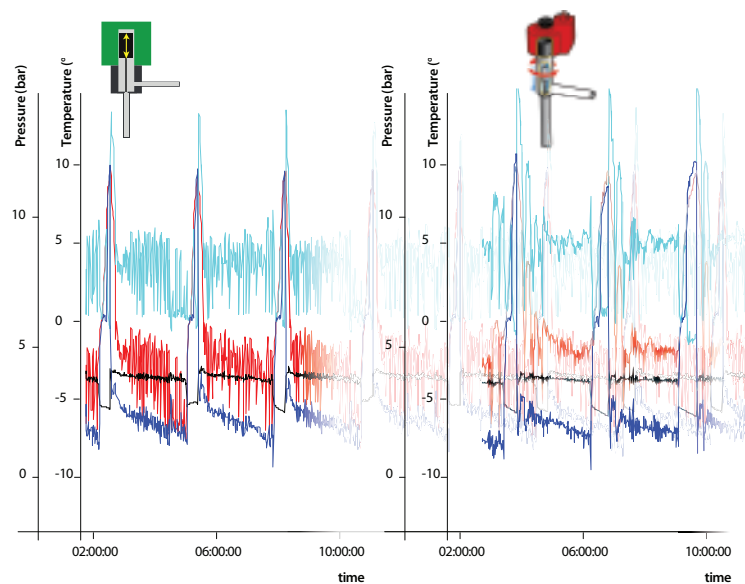


■ Air off left	■ Air off center	■ Air off right
■ Air on left	■ Air on center	■ Air on right

### Stabilité dans le contrôle de la surchauffe

Le détendeur proportionnel est en mesure de maintenir une surchauffe stable et sans aucune grande oscillation.

Cela grâce à un flux du réfrigérant stable et il permet une bonne régulation de la température de la vitrine et un bon rendement

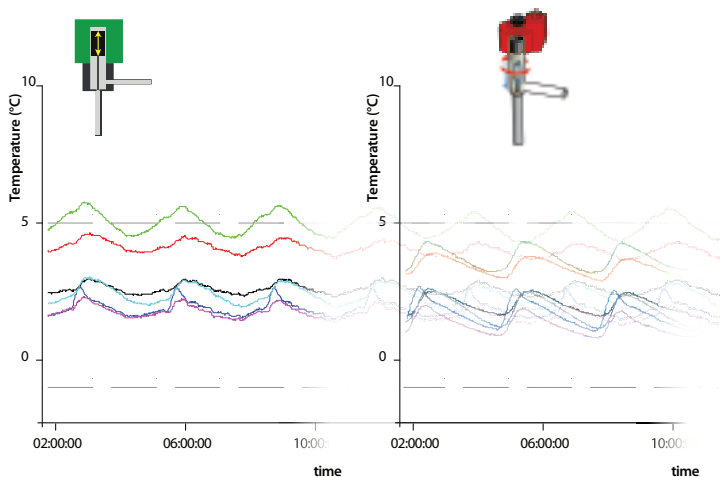


■ suction temperature	■ suction pressure
■ superheat	■ evaporator temperature



## Température de conservation des produits

À partir du graphique, on note qu'avec la régulation pas à pas, les températures moyennes des produits dans la vitrine frigorifique se situent dans la plage de régulation optimale.



■	Air off left	■	Air off center	■	Air off right
■	Air on left	■	Air on center	■	Air on right

## Analyses des résultats

Description	PWM	CAREL E2V-18
Température maximale du produit	6,2 °C	6,4 °C
Rapport d'extraction	2,59 kW	2,34 kW
Température d'évaporation	-6,6 °C	-6,7 °C
Consommations (100% = PWM)	100%	90%
Économie avec E <sup>2</sup> V	10%	

Ces essais de laboratoire indiquent un meilleur rendement des détendeurs pas à pas par rapport aux détendeurs chronoproportionnel dans les conditions spécifiques du test.

De plus les résultats fournissent une base intéressante pour évaluer la qualité du type de détendeur, la qualité de la régulation pour la conservation des denrées alimentaires.

## Essais sur le terrain

Afin d'évaluer le comportement différent du détendeur pas à pas CAREL E2V et d'un détendeur chronoproportionnel, une installation « à double technologie » a été mise en place dans un supermarché réel.

Le point de vente ASPIAG, situé à Azzano X (PN), a une surface de 1 500 m<sup>2</sup>, une capacité frigorifique de 100 kW pour le positif et 50 kW pour le négatif. Il y a 21 régulateurs positifs et 13 négatifs.

On a pu mener des essais en alternant quotidiennement le détendeur utilisé, avec des températures extérieures et intérieures équivalentes.



*installation en parallèle des détendeurs E2V et PWM*



*les sondes ont été doublées pour mesurer la même valeur de température/pression*



*le tableau électrique a été prévu pour permettre d'intervenir la technologie PWM et E<sup>2</sup>V manuellement ou par l'intermédiaire du superviseur PlantVisorPRO*

Afin d'obtenir des résultats parfaitement comparables, on a doublé la branche sur laquelle est installé le détendeur. Deux électrovannes contrôlables par l'intermédiaire du PlantVisorPRO excluent alternativement l'une des deux branches, en permettant ainsi d'alterner la technologie pour la détente. Les sondes pour chacun des deux régulateurs ont été installées sur chaque vitrine, à des distances très rapprochées, afin d'éviter toute incohérence possible dans les mesures. Sur chaque vitrine, il y a les paires de sondes suivantes:

- température de soufflage de l'air;
- température de reprise de l'air;
- température du dégivrage;
- pression d'aspiration;
- température d'aspiration.

### Méthodologies d'essai

Les essais ont été menés de sorte à obtenir des données comparables. Tous les paramètres des régulateurs des détendeurs ont été configurés de façon cohérente (points de consigne, alarmes, dégivrages), dans le but de garantir un fonctionnement dans des conditions équivalentes.

Les paramètres de régulation des centrales frigorifiques ont été maintenus à l'identiques pendant la durée des tests.

Le changement de technologie a été effectué à des intervalles de 24 heures, de manière à garantir autant que possible des conditions climatiques similaires.

L'échantillonnage des données a été effectué toutes les 5 minutes.

### Supermarché Eurospar (ASPIAG) d'Azzano X

#### Caractéristiques de l'installation

- Surface: 1 500 m<sup>2</sup>
- Vitrines à température positive: 15
- Vitrines à température négative: 11
- Chambres froides à température positive: 6
- Chambres froides à température négative: 2

#### Centrale à température positive:

- 3 compresseurs au total
- 1 variateur de vitesse (35 – 100%)
- Puissance totale 100 kW
- Condenseur équipé de 6 ventilateurs à variation de vitesse

#### Centrale à température négative:

- 3 compresseurs au total
- 1 variateur de vitesse (35 – 100%)
- Puissance totale 50 kW
- Échangeur pour le sous-refroidissement
- Condenseur équipé de 4 ventilateurs à variation de vitesse

#### Régulateurs CAREL

Centrales frigorifiques: pRack pR100

Vitrines/chambres frigorifiques: MPXPRO step3

Détendeurs: E<sup>2</sup>V

Supervision: PlantVisorPRO Touch Hyper



## Méthodologies d'essai

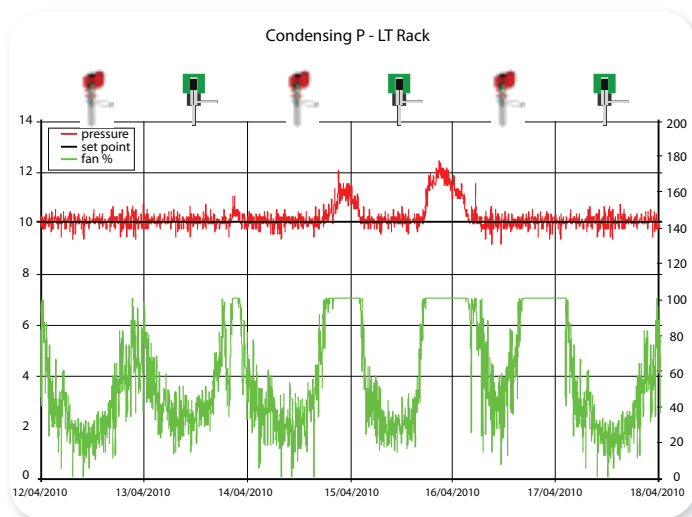
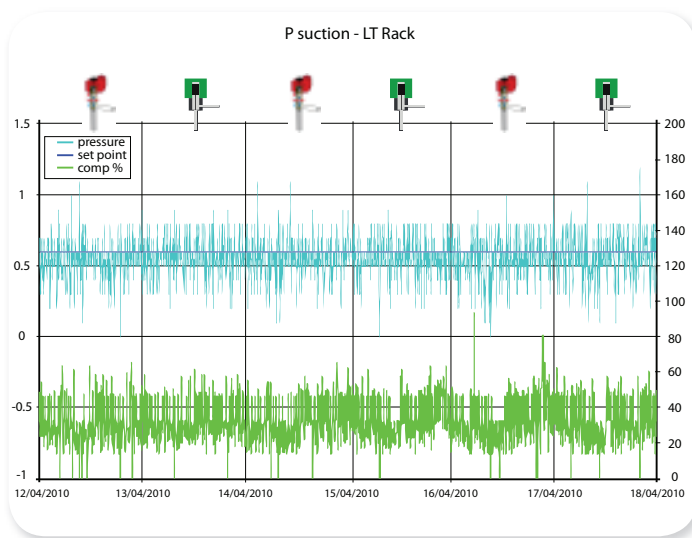
La durée globale des essais dans le supermarché d'Azzano X a été de dix mois, dont quelques mois dédiés à la comparaison entre les détendeurs E<sup>2</sup>V et chronoproportionnels.

Toutefois, les graphiques Correspondent à des essais menés sur une durée de quelques jours ou les conditions climatiques étaient constantes.

## Conditions d'essai comparables

À partir du graphique, il est possible d'observer que les conditions de pression restent pratiquement identiques pendant les jours de fonctionnement chronoproportionnel et de fonctionnement E<sup>2</sup>V.

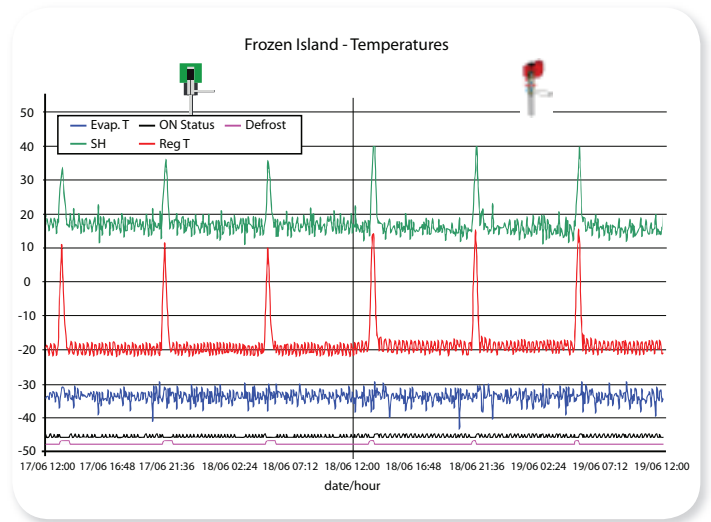
La consommation des compresseurs et des ventilateurs est également stable pendant les diverses journées.



## Paramètres

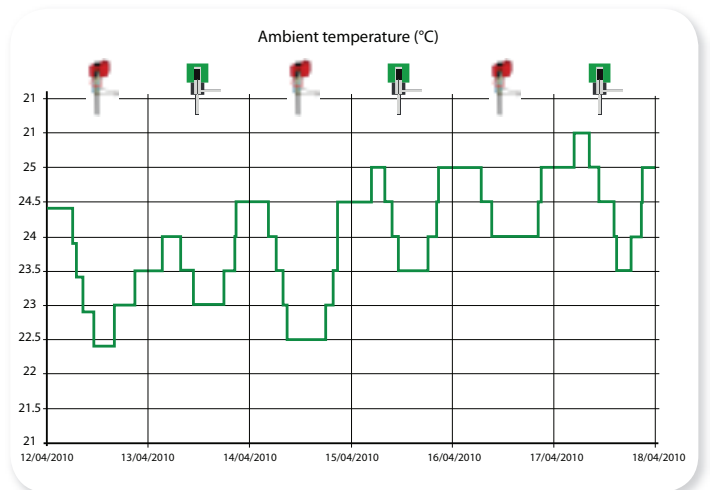
Le graphique démontre clairement que les points de consigne relatifs au soufflage de la vitrine et à la surchauffe ont été maintenus identiques dans le régulateur des détendeurs E<sup>2</sup>V et PWM.

À noter également que les temps de dégivrage sont inchangés avec les deux technologies.



## Température ambiante

Durant l'intervalle de temps pris en considération, il est possible de noter que la température moyenne est restée presque constante.



### Résultats des essais

Afin d'obtenir des données comparables, on a tenu compte uniquement des périodes ayant une température extérieure suffisamment stable. On a mis de côté également les données relatives à des périodes pendant lesquelles des essais différents ont été menés (réf. Expérience réussie d'Azzano X).

L'analyse des données confirme, de manière générale, les résultats de laboratoire obtenus par Carter Refrigeration.

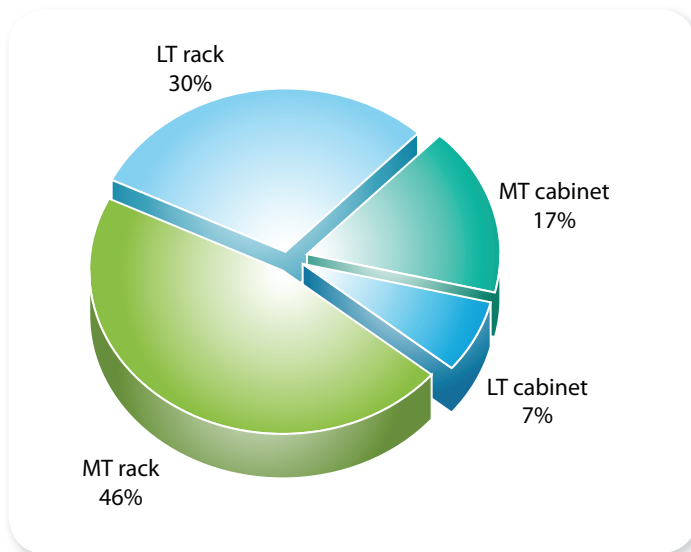
Une régulation plus précise et continue du débit dans les évaporateurs réduit le manque de rendement et permet d'utiliser une quantité réduite de réfrigérant pour le même résultat.

Grâce à la précision et à la continuité de régulation du flux, l'utilisation du réfrigérant est plus efficace avec des économies d'énergie de 5% sur l'installation prise en considération.

Ceci se répercute directement sur la consommation électrique des centrales frigorifiques, comme indiqué clairement sur le graphique ci-dessous.

Consommation totale de l'installation/ Heures de fonctionnement		Économie d'énergie
E <sup>2</sup> V	PWM	
33,5 kW	35,1 kW	-4,5%

### 4,5% energy saving: distribution



## Conclusions

Les essais en laboratoire (Carter Refrigeration) et sur le terrain (Interspar Azzano X) mènent à la conclusion qu'il est généralement préférable d'utiliser un détendeur pas à pas par rapport à un détendeur chronoproporcionnel, même dans la réfrigération commerciale.

En plus des avantages liés à sa plage de régulation importante, aux bruits réduits et à la meilleure qualité de régulation de la surchauffe, un avantage en termes d'économie d'énergie a été également relevée lors des différents tests essais.

Le détendeur chronoproporcionnel n'est pas en mesure de garantir à tout moment le flux du réfrigérant nécessaire aux appareils frigorifiques pour maintenir la valeur correcte de surchauffe, probablement du à une régulation de nature impulsionnelle.

Ceci se traduit en un Débit de liquide plus élevé, à savoir à une plus grande consommation de réfrigérant. Par contre, le détendeur E<sup>2</sup>V peut régler à tout moment le débit du réfrigérant de façon continue.



## Solutions du système CAREL Retail pour la régulation pas à pas de la surchauffe

La technologie pas à pas CAREL peut être utilisée avec notre nouvelle génération de régulateurs et détendeurs, qui représente le résultat d'années de perfectionnement, et d'expériences.

### MPXPRO STEP3 avec la technologie Ultracap

Un modulation continue à présent également dans la réfrigération commerciale sans aucun besoin d'électrovannes ni d'alimentation externe.



### EVD EVO

La puissance de la régulation modulante avec une solution indépendante.

### E<sup>2</sup>V SMART



La nouvelle génération de détendeurs pas à pas E<sup>2</sup>V jusqu'à 40 kW pouvant être démontées pour une installation et une maintenance encore plus simples, désormais également avec un voyant de flux et un filtre interne.



### EXV sistema simulatore

Pour une démonstration pratique des différences de régulation. Disponible sur nos stands des expositions principales ou de la filiale CAREL la plus proche.

Le simulateur est un simple circuit frigorifique doté d'échangeurs transparents et équipé de trois différents détendeurs: E<sup>2</sup>V, chronoproportionnel et thermostatique mécanique. Il est possible de «toucher du doigt» en observant sur l'écran ou directement dans les échangeurs transparents les différents résultats de l'action des détendeurs, avec leurs effets sur la surchauffe et le fonctionnement de la machine.



### Headquarters ITALY

CAREL INDUSTRIES HQs  
Via dell'Industria, 11  
35020 Brugine - Padova (Italy)  
Tel. (+39) 0499 716611  
Fax (+39) 0499 716600  
carel@carel.com

### Sales organization

CAREL Asia - [www.carel.com](http://www.carel.com)  
CAREL Australia - [www.carel.com.au](http://www.carel.com.au)  
CAREL China - [www.carel-china.com](http://www.carel-china.com)  
CAREL Deutschland - [www.carel.de](http://www.carel.de)  
CAREL France - [www.carelfrence.fr](http://www.carelfrence.fr)  
CAREL Iberica - [www.carel.es](http://www.carel.es)  
CAREL India - [www.carel.in](http://www.carel.in)

### Affiliates

CAREL HVAC/R Korea - [www.carel.com](http://www.carel.com)  
CAREL Russia - [www.carelrussia.com](http://www.carelrussia.com)  
CAREL South Africa - [www.carelcontrols.co.za](http://www.carelcontrols.co.za)  
CAREL Sud America - [www.carel.com.br](http://www.carel.com.br)  
CAREL U.K. - [www.careluk.co.uk](http://www.careluk.co.uk)  
CAREL U.S.A. - [www.carelusa.com](http://www.carelusa.com)

CAREL Czech & Slovakia - [www.carel-cz.cz](http://www.carel-cz.cz)  
CAREL Korea (for retail market) - [www.carel.co.kr](http://www.carel.co.kr)  
CAREL Ireland - [www.carel.com](http://www.carel.com)  
CAREL Thailand - [www.carel.co.th](http://www.carel.co.th)  
CAREL Turkey - [www.carel.com.tr](http://www.carel.com.tr)