

Forane<sup>®</sup> 427A : reconversion d'un dépôt frigorifique basse température chez MODENA TERMINAL à Modène, Italie



Le R22 a été interdit d'utilisation pour la maintenance des installations de froid depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2010. Cette législation européenne a des conséquences sur tous les acteurs du froid, plus particulièrement ceux impliqués dans la Chaîne du froid alimentaire.

Le cas dont nous allons parler est celui d'un stockage frigorifique situé à Modena à quelques kilomètres au nord de Bologne, en Italie. Il s'agit de la société MODENA TERMINAL qui stocke entre autres le fromage local : le parmesan mais également des denrées alimentaires à des températures beaucoup plus basses comme la viande.

Son entrepôt frigorifique est l'un des plus grand en Italie.

MODENA TERMINAL est directement visé par cette législation car son entrepôt frigorifique fonctionne uniquement avec du R22. MODENA TERMINAL fait partie d'une association professionnelle de chambres frigorifiques ASSOLOGISTICA et cette association a attiré l'attention de ses membres sur les problèmes que peuvent potentiellement causer une non réaction face à cette législation

Le problème est simple. Modena Terminal a le choix entre cesser son activité ou utiliser un produit de reconversion qui va lui permettre de continuer son activité pendant encore de longues années.

Dans ce contexte la société *Tecnoimpianti*, en charge de la maintenance des installations chez Modena va donc naturellement conseiller l'utilisation du Forane® 427A. Ses multiples expériences positives avec le produit ont convaincu Modena Terminal de l'utiliser pour faire la reconversion de ses installations.

## **Description de l'installation :**

### **Description générale :**

- 5 chambres froides polyvalentes entre 0 et -20°C : capacité de 3 000 tonnes de viande pour un volume total d'environ 8 800 m<sup>3</sup> ; avec un évaporateur à expansion directe par chambre froide ; un couloir reliant les différentes chambres froides à l'extérieur à une température de 14°C maximum (volume de 5 880 m<sup>3</sup>) ;
- 1 grande chambre froide appelée *Cellone*: capacité de plus de 6 000 tonnes de viande congelée à -18 / -20°C ; volume supérieur à 54 400 m<sup>3</sup>, 25 m de hauteur ; 10 évaporateurs à expansion directe
- zone dédiée au chargement et déchargement pour la grande chambre froide température régulée à 14°C (volume de 5 450 m<sup>3</sup>)
- 1 tunnel de congélation / surgélation pour viande fraîche à -40°C : capacité de 20 tonnes / 18 h ; évaporateur noyé avec 4 échangeurs ; antichambre du tunnel pour refroidir les quartiers de bovin avant congélation et conditionnement avant stockage dans les chambre froides

L'ensemble fonctionne principalement la nuit lorsque l'électricité est la moins chère et est arrêté pendant la journée.

### Les compresseurs

L'installation est équipée de 4 compresseurs à vis ayant chacun une puissance frigorifique d'environ 300 kW :

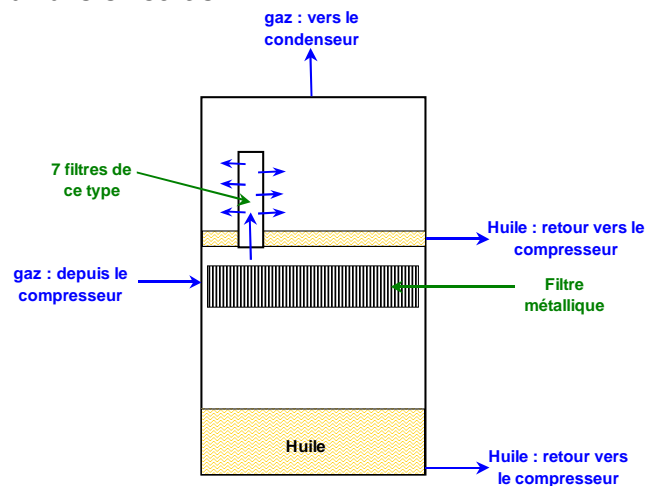
- Compresseur 1 (CV1 : Howden XRV 204-145) : *cellone* et les 5 chambres froides
- Compresseur 2 (CV2 : STAL SVR 57) : *cellone* + les 5 chambres froides + le tunnel
- Compresseur 3 (CV3 : STAL SVR 51) : *cellone* + les 5 chambres froides + le tunnel + zones à température positive
- Compresseur 5 (CV5 : STAL Type S24 - compresseur vertical) : chambres froides + zones à température positive. C'est le plus petit. Il fonctionne pendant la journée lorsque cela est nécessaire.

Chaque compresseur est équipé :

- d'un **refroidisseur d'huile** refroidi à l'eau



- d'un séparateur d'huile en sortie



Compresseur



Séparateur  
d'huile

Refroidisseur  
d'huile

### **La condensation**

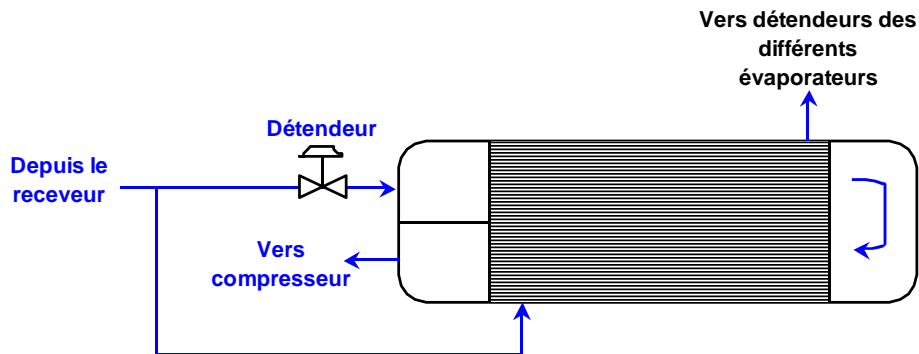
- 2 condenseurs évaporatifs ayant chacun une puissance nominale de 1507 kW. Il est possible de by-passer un des condenseurs. La pression est régulée en jouant sur le débit d'eau et d'air.



- 1 receveur avec mesure du niveau de liquide



- 1 sous-refroidisseur



### **Les chambres froides :**

Elles ont des systèmes à évaporation directe :

- vannes de détente thermostatiques TEX20 Danfoss,
- évaporateurs :
  - *Cellone* : 10 échangeurs avec pour chacun une surface d'échange de 628 m<sup>2</sup> et un débit d'air de 60 000 m<sup>3</sup>/h
  - 5 chambres froides : échangeur de 493 m<sup>2</sup> pour chacune avec un débit d'air de 40 000 m<sup>3</sup>/h

### **Le tunnel de surgélation**

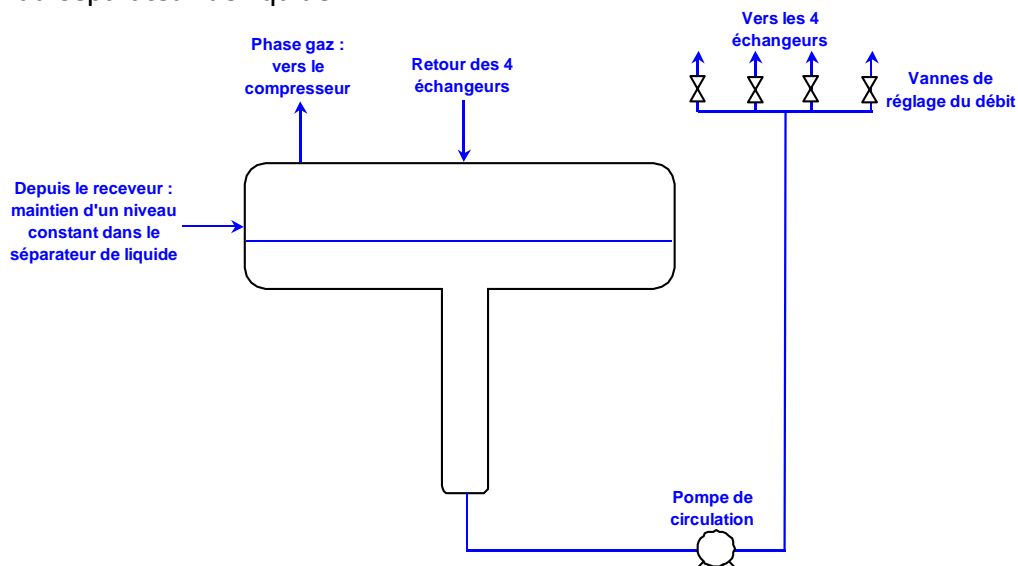
Il fonctionne avec un évaporateur noyé qui alimente les échangeurs du tunnel :

- 4 échangeurs de 500 m<sup>2</sup> chacun soit 2000 m<sup>2</sup> de surface d'échange et au total 8 ventilateurs soufflant chacun 27 500 m<sup>3</sup>/h d'air. On voit ci-dessous le séparateur de

liquide qui est alimenté depuis le sous-refroidisseur, alimentation régulée d'après la mesure de niveau dans le séparateur.

- En point bas, une pompe ainsi qu'une pompe de secours permet d'alimenter en liquide les 4 échangeurs. Des vannes sont placées à l'entrée de ces 4 lignes pour régler le débit. En sortie des évaporateurs, le mélange liquide / gaz revient vers le séparateur de liquide. La phase gaz alimente le compresseur. Le volume de fluide dans l'ensemble est d'environ 1000 l.

Schéma du séparateur de liquide :



## **Procédure de rétrofit**

Une semaine avant le rétrofit, les chambres froides ont été remplies de manière à avoir une charge maximale et la température a été descendue au maximum.

Elles n'ont ensuite pas été ouvertes pendant les 36 h d'arrêt de l'installation

- 24 h avant, 2 des 4 compresseurs ont été arrêtés, les filtres de ces compresseurs ont été changés et l'huile minérale a été remplacée par une huile POE
- arrêt de l'installation = début des 36 h d'arrêt
- vidange du R22 (3600 kg)
- vidange de l'huile des 2 autres compresseurs, changement des filtres et remplacement de l'huile
- les joints n'ont pas été changés. Différents types de joints sont utilisés : Téflon, Viton, Néoprène
- Changement des filtres par des filtres neufs équivalents : 7 filtres sur chaque séparateur d'huile, filtres à huile des compresseurs, filtres déshydratants en sortie du receveur.
- vérification de l'étanchéité de l'installation
- mise sous vide de l'installation pendant environ 10 h
- Chargement en Forane<sup>®</sup> 427A par le point bas du receveur, 1 compresseur a été mis en marche afin de charger tout le fluide
- Mise en marche de l'installation : ajout de fluide pour ajuster le niveau dans le receveur
- Ajustement des vannes de détente

Après les 36 h d'arrêt, la température dans le *cellone* était passée de -22°C à -20.5°C

## **Changement de l'huile**

L'huile minérale (Mobil Gargoil Arctic 300) a été remplacée par une huile POE (Frosyn SE170) :

- 500 l d'huile minérale ont été enlevés, le niveau de l'huile était bas
- 600 l de la nouvelle huile ont été chargés de manière à revenir à un niveau haut dans les compresseurs.

Après les différentes périodes de fonctionnement du tunnel, le séparateur de liquide a été vidé (fluide renvoyé vers le receveur) et de l'huile a été vidangée en point bas : environ 50 kg la première fois, 50 kg la seconde et 10 kg la troisième. Cette huile a été analysée. Il s'agit presque uniquement d'huile minérale. Cela montre donc que progressivement l'huile minérale qui était bloquée dans les échangeurs du tunnel est récupérée ici.

## **Fluide :**

Le fluide est réparti à peu près de la manière suivante dans l'installation :

- 800 kg dans le *cellone*
- 800 kg dans les 5 chambres froides
- 800 kg dans le tunnel
- 400 kg dans les condenseurs
- 800 kg dans le receveur

Il faut ensuite ajouter toutes les lignes.

Avec le R22, il était nécessaire d'avoir au minimum 3600 kg de fluide pour faire tourner toute l'installation en même temps.

Avec le Forane®427A., il faut au minimum 4000 kg de produit pour faire tourner l'ensemble sans le tunnel. Le sous-refroidisseur qui est en marche maintenant demande 150 kg de produit. Il faut donc 250 kg de fluide supplémentaire par rapport au fonctionnement avec le R22 (4000 – 150 – 3600). Ceci peut être lié au fait que l'huile n'est plus entraînée dans le circuit comme avec le R22 : il pouvait y avoir jusqu'à 300 l d'huile qui circulaient, ce volume doit maintenant être rempli par du fluide.

Le fait que l'installation nécessite plus de fluide est aussi lié aux réglages effectués :

- débit plus important du fluide qui entraîne un taux de liquide plus élevé dans les évaporateurs
- pressions hautes et basses plus élevées.



## **Comparaison du fonctionnement de l'installation avec le R22 et avec le Forane® 427A**

	<b>R22</b>	<b>R427A</b>
Débit de Fluide		Plus élevé
Température de refoulement	70 à 75°C	65°C
Pression de condensation	9.6 bar	10.6 bar
Sous-refroidissement	3°C	7 à 10°C (utilisation du sous-refroidisseur)
<b>Chambres Froides</b>		
Pression d'évaporation	0.2 bar	0.3 à 0.4 bar
Surchauffe	10 à 12°C	10 à 12°C
Température dans la chambre froide	-23 à -24°C	-27 à -28°C
Vitesse de descente en température		Plus rapide
<b>Cellone</b>		
Pression d'évaporation	0 bar	0.2 bar
Surchauffe	10 à 12°C	10 à 12°C
Température dans la chambre froide	- 17°C	- 18°C
Vitesse de descente en température		Plus rapide
<b>Tunnel de surgélation</b>		
Pression d'évaporation	environ 0 bar (entre - 0.2 et + 0.2 bar)	environ 0 bar
Température d'évaporation = température dans le séparateur de liquide	-38°C	Liquide = -40°C Gaz = -37°C
Température dans le tunnel	-32 / -33°C après 9 à 11 h	-27°C après 6 h
Vitesse de descente en température		Plus rapide – dépend de la charge, de la nature des emballages
Réglage des vannes	Après avoir ouvert totalement (environ 13 tours), fermeture de 3 tours	Après avoir fermé totalement, ouverture de 3 tours

### **Observations :**

- Avec le R22, de l'huile circulait dans toute l'installation. Elle pouvait donc recouvrir la surface des échangeurs et limitait l'échange de chaleur à cause de son caractère isolant. Avec le Forane<sup>®</sup> 427A le niveau d'huile dans les compresseurs reste stable après le démarrage ce qui montre bien que l'huile n'est pas entraînée dans le circuit : il a été vérifié qu'il n'y avait pas d'huile dans les vannes de détente ni à l'entrée des évaporateurs du tunnel. Le transfert de chaleur dans les échangeurs est donc amélioré. Ainsi pour une même surchauffe, le débit de fluide frigorigène est plus élevé. Ceci se traduit par :
  - une augmentation de la perte de charge dans les lignes (la perte de charge est proportionnelle au carré du débit). Cela est visible notamment dans la ligne entre le receveur et les vannes de détente du *cellone* qui sont à 25 m de hauteur. Initialement, on observait une vaporisation partielle du liquide : différence de température entre le haut et le bas du tube horizontal d'arrivée dans les évaporateurs du *cellone*. Le sous-refroidisseur a donc été mis en marche de manière à augmenter le sous-refroidissement et éviter cette vaporisation partielle avant les vannes de détente.
  - un taux de liquide plus élevé dans les évaporateurs. Le taux de liquide plus élevé et le débit plus important expliquent l'augmentation de la puissance frigorifique. En contre-partie, la quantité de fluide nécessaire dans l'installation est plus élevée.
- Il n'est pas vraiment possible de comparer la consommation énergétique actuelle à ce qui était nécessaire avec le R22. En effet, des panneaux photovoltaïques ont été installés cette année, ils fournissent donc une partie de l'électricité nécessaire.

### **Conclusions :**

- Les chambres froides, équipées d'évaporateurs à expansion directe, fonctionnent mieux depuis ce retrofit : puissance frigorifique plus élevée qui se traduit par une descente en température plus rapide dans les chambres froides (temps divisé par deux) et la température atteinte est plus basse : on passe de -23 /-24°C avec le R22 à -27/-28°C avec le Forane<sup>®</sup> 427A.
- Lorsque les produits frais sont mis dans les chambres froides, ils sont congelés plus rapidement qu'auparavant : il est donc possible de congeler la marchandise sans utiliser le tunnel de surgélation.
- Le tunnel de surgélation équipé d'un évaporateur noyé a été testé : malgré la crainte liée à l'utilisation d'un mélange ayant un glide dans un évaporateur noyé, la température de consigne fixée à -40°C a été atteinte en quelques heures à l'évaporation.
- Le client est très satisfait de ce fonctionnement

En définitive, le système fonctionne mieux depuis ce retrofit avec le Forane<sup>®</sup> 427A.