

Froid commercial et chambres froides

Froid commercial - Programme de formation

- Introduction
- Description d'une installation
 - Principe du cycle frigorifique
 - Machine frigorifique
 - Chambre froide
 - Exploitation d'une installation
- Etat des connaissances
 - Impact sur l'environnement – aspects légaux
 - Substitution des fluides frigorifiques
 - Nouvelles technologies – solutions disponibles
- Facteurs influençant les performances
 - Températures de fonctionnement
 - Taux de charge

Froid commercial - Programme de formation

- Mesures d'optimisation
 - Températures de fonctionnement (condenseur et évaporateur)
 - Cycles de dégivrage
 - Gestion des auxiliaires (variation de fréquence)
 - Gestion des chambres froides
 - Sensibilisation des utilisateurs
- Solutions dans le cas de renouvellement
 - Choix de l'architecture
 - Choix du fluide frigorigène
 - Systèmes de dégivrage
 - Données requises pour appel d'offres
- Production d'ECS
 - Récupération de chaleur
 - Installation solaire

INTRODUCTION

Introduction - Définition

- On parle de froid commercial pour la plupart des applications frigorifiques alimentaires :
 - stockage
 - exposition
 - distribution
- Il recouvre une grande variété d'équipements :
 - présentoirs/ comptoirs frigorifiques
 - distributeurs de boissons
 - machines à glace
 - chambres froides et de congélation
 - etc.



Froid commercial : Aspects énergétiques

- Une méthode simple permet d'estimer le coût de l'électricité consommée par une machine de froid commercial, sur la base de la puissance électrique du compresseur :

$$E_{\text{électrique}} = 8760 \text{ heures} * 60\% * P_{\text{élec_compresseur}} * \text{prix}_{\text{kWh_électrique}}$$

- En effet, ce type de machine fonctionne en général avec une régulation ON/OFF et avec un taux de charge moyen d'environ 60%...
- ...mais une mesure directe de la consommation électrique (ou du nombre d'heures de fonctionnement) reste plus précise !

Puissance frigorifique d'une chambre froide (froid positif) en fonction du volume

- Température chambre froide : + 2 °C ⇒ $\Delta T = 7 \text{ °K}$
- Température d'évaporation : - 5 °C ⇒ $\Delta T = 7 \text{ °K}$
- Température ambiante : + 32 °C
- Réfrigérant : R 134A

Volume chambre froide (m3)	Puissance frigorifique (W)
1,8	400
2,3	500
3,8	690
5	850
7	960
11	1 440
16	1 790
20	2 010
24	2 800
28	2 950
38	3 745
45	4 300
55	4 900
70	5 700
92	7 600
103	8 200
120	9 100
165	12 300

Puissance frigorifique d'une chambre froide (froid négatif) en fonction du volume

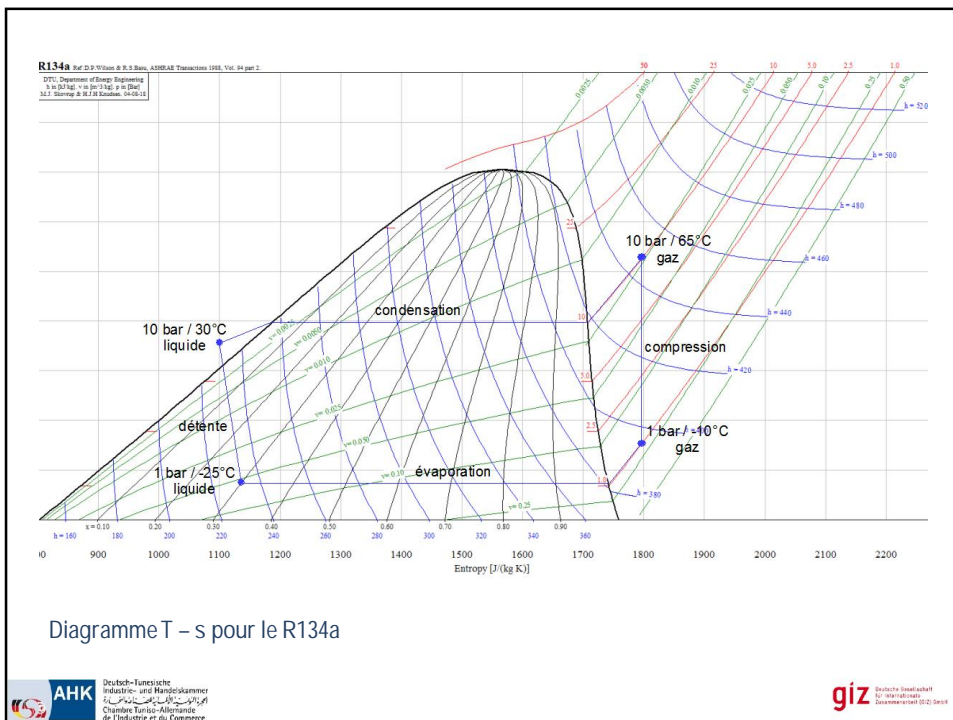
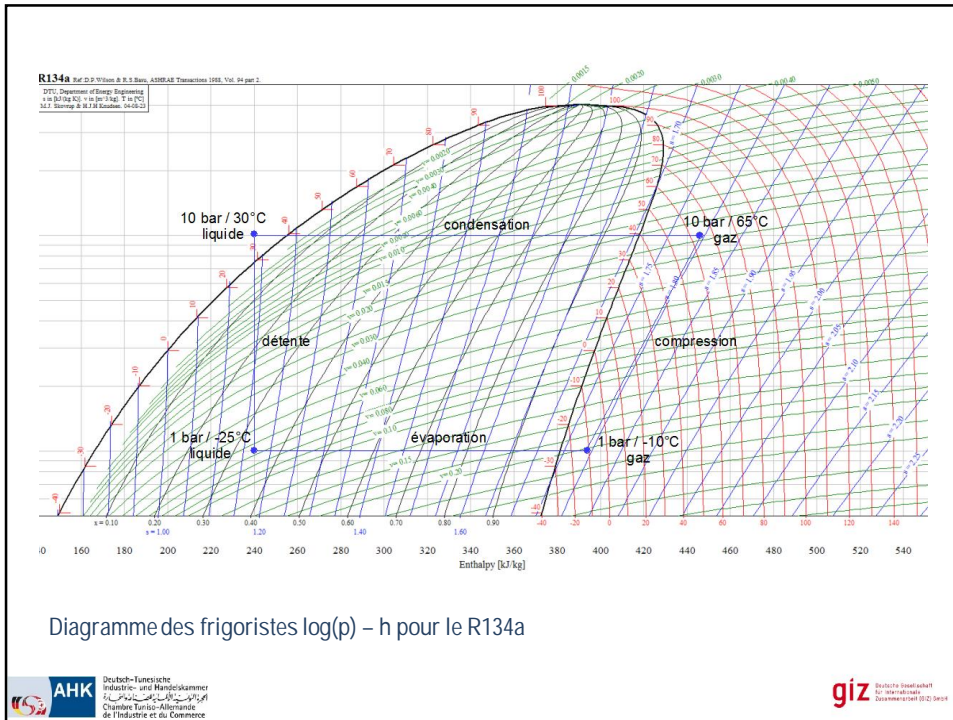
- Température congélateur : - 20 °C ⇒ $\Delta T = 10 \text{ °K}$
- Température d'évaporation : - 30 °C ⇒ $\Delta T = 10 \text{ °K}$
- Température ambiante : + 32 °C
- Réfrigérant : R 404A

Volume chambre froide (m3)	Puissance frigorifique (W)
2,5	780
4,2	1.050
6,5	1.240
9	1.470
14	2.320
18	2.880
32	3.780
45	4.750
62	6.140

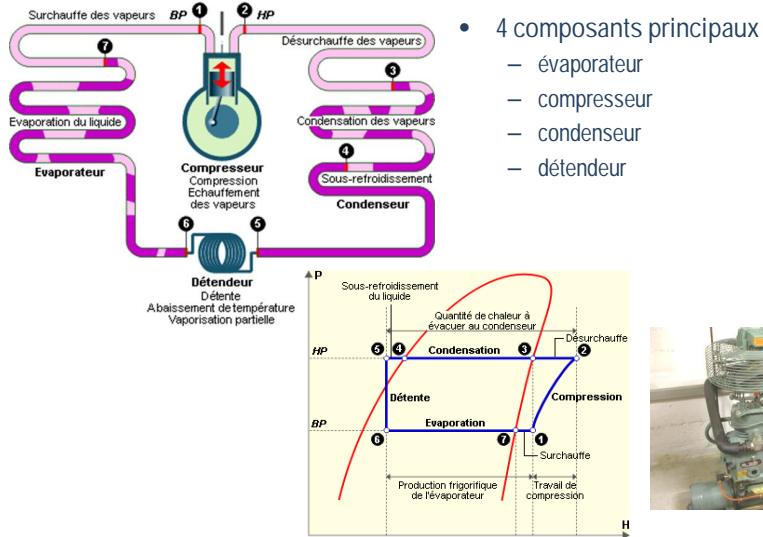
DESCRIPTION D'UNE INSTALLATION

Description - Cycle frigorifique - Principe

- Les machines frigorifiques sont basées sur la propriété de certains fluides de s'évaporer et de se condenser à des températures différentes en fonction de la pression.
- On représente ces propriétés dans différents digrammes :
 - Diagramme des frigoristes $\log(P) - h$ (pression / enthalpie)
 - Diagramme $T - s$ (température / entropie)



Machine frigorifique – Principe

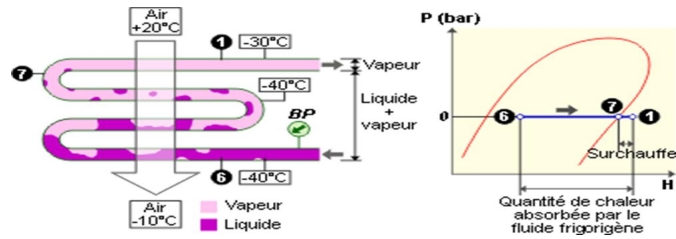


Description - Machine frigorifique



Evaporateur - Principe

- Echangeur de chaleur qui extrait de la chaleur du milieu à refroidir par évaporation du réfrigérant



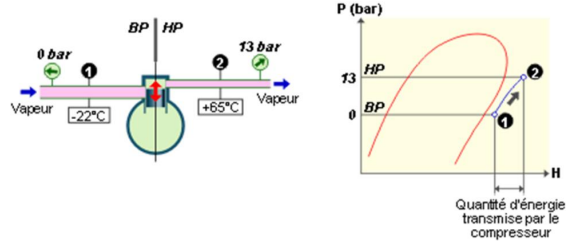
- 2 principes de fonctionnement
 - mode sec (le plus courant en froid commercial)
 - mode noyé (meilleure surface d'échange)

Description d'une installation - Evaporateur



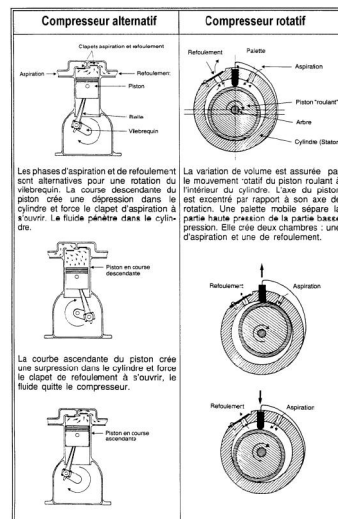
Compresseur - Principe

- Augmente la pression et la température du réfrigérant
- Représente le plus gros consommateur électrique de la machine frigorifique

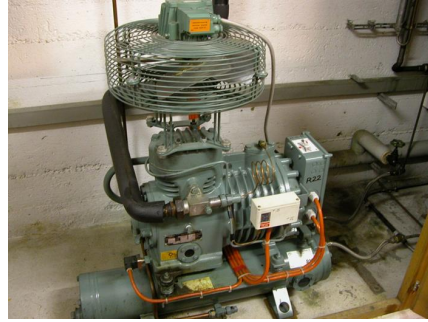
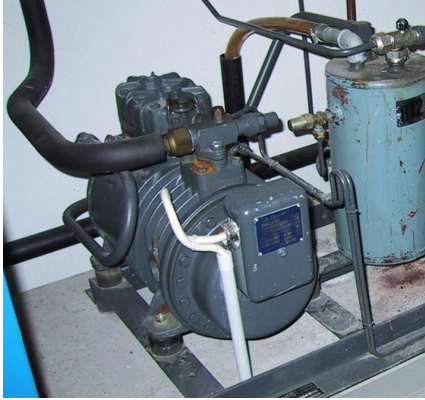


Types de compresseur

- A pistons (alternatif)
 - Les plus répandus pour les petites puissances
 - Supportent mal la variation de fréquence
 - Modèles optimisés à culasses coniques
- Scroll (rotatif)
 - Utilisés en froid commercial pour des puissances assez faibles
 - Adaptés pour la variation de fréquence
 - COP un peu moins bon que les pistons
 - Tolèrent la présence de liquide dans le gaz
- A vis (rotatif)
 - Pour les puissances importantes
 - Peu d'application en froid commercial

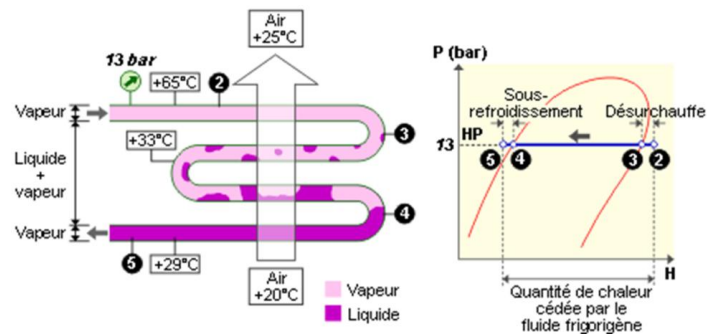


Compresseur



Condenseur - Principe

- Echangeur de chaleur qui transmet l'énergie emmagasinée dans le réfrigérant vers un médium externe
 - air
 - eau



Description d'une installation - Condenseur

condenseurs à air placés en toiture

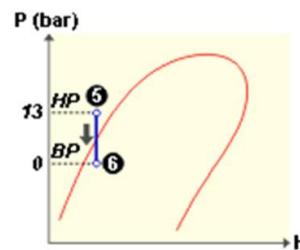
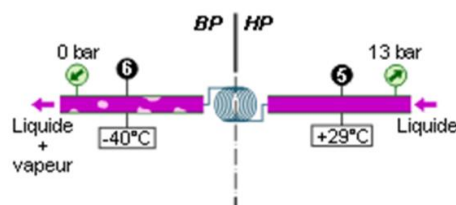


condenseurs à air intégrés avec machine froid climatique



Détendeur - Principe

- Organe qui ramène le réfrigérant à sa pression de départ
- Vaporisation partielle avec diminution de température
- 2 types principaux
 - thermostatique (simple ou multi-orifices)
 - électroniques



Description d'une installation - Les chambres froides

- Les chambres froides assurent la conservation des matières premières nécessaires à la préparation des repas et des produits finis ou semi-finis qui doivent être stockés.
- On peut les classer selon 2 critères :
 - La taille
 - Armoire froide (volume jusqu'à 1'500 litres)
 - Chambre froide compacte (moins de 10 m3)
 - Chambre froide modulable, démontable et chambre froide bâtie (volume jusqu'à 60 m3)
 - La température de fonctionnement
 - Positive (produits laitiers, viande, légumes, etc.)
 - Négative (congélation)

Description d'une installation - Chambres froides

armoire froide



chambre froide bâtie



Description d'une installation - Chambres froides

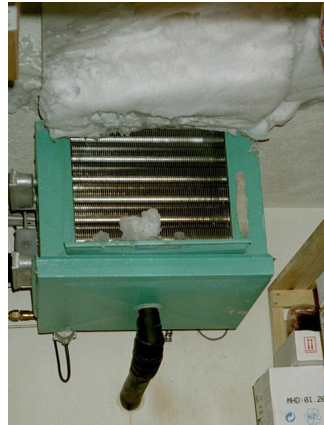


Exploitation d'une installation

- Il y a deux aspects importants dans l'exploitation d'une installation de froid commercial ; deux points que peut facilement contrôler le service technique :
 - La température des chambres froides
 - Les cycles de dégivrage
- Ces deux points représente donc une partie des clés de l'optimisation d'une installation de froid commercial.

Dégivrage – Notions de base

- Origine du givre
 - L'air ambiant contient de l'eau
 - Cet eau gèle au contact de surfaces froides (température $< 0^{\circ}\text{C}$)
- Les conséquences du givre
 - Il diminue le transfert de chaleur entre l'évaporateur et le milieu ambiant (création d'une couche isolante sur l'évaporateur)
 - Il diminue l'efficacité du compresseur (moins bonne évaporation du réfrigérant, pression à l'entrée du compresseur plus basse, risque de "coups de liquide")
- La problématique du dégivrage
 - Trop de dégivrages entraîne une surconsommation du système de dégivrage
 - Trop peu de dégivrages diminue l'efficacité énergétique de l'installation
 - Il faut donc trouver un optimum entre ces deux contraintes

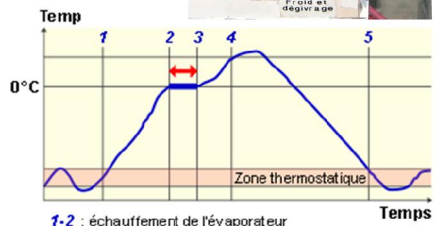
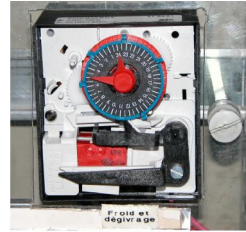


Cycles de dégivrage - Principe

- Les différentes phases d'un cycle de dégivrage (exemple pour une régulation dite "intelligente") :
 - Arrêt du fluide frigorigène dans la batterie
 - Arrêt de la ventilation de l'évaporateur
 - Réchauffage de la batterie à une température $> 0^{\circ}\text{C}$
 - Par résistance électrique (le plus répandu)
 - Par les gaz chauds du compresseur
 - Par aspersion d'eau
 - Par circulation d'air de la chambre (ventilation forcée)
 - Remise en circulation du fluide frigorigène
 - Remise en fonctionnement de la ventilation
 - Reprise du cycle normal de refroidissement

Cycles de dégivrage - Régulation

- Les différents types de régulation :
 - Par horloge
 - Méthode la plus simple et la plus courante sur les anciennes installations
 - Réglage facile par le service technique (méthode itérative)
 - Régulation électronique "intelligente"
 - Différents systèmes existent
 - Sonde de fin de dégivrage
 - Systèmes auto-adaptatifs suivant la présence effective de givre



- 1-2 : échauffement de l'évaporateur
- 2-3 : **fusion du givre**
- 3-4 : échauffement de l'évaporateur
- 4-5 : refroidissement de l'évaporateur

ETAT DES CONNAISSANCES

Catégories de réfrigérants

- Les réfrigérants halogénés
 - CFC (Carbone – Fluor – Chlore)
 - Grande stabilité chimique = longue durée de vie dans l'atmosphère
 - Ininflammables
 - Effet nocif sur la couche d'ozone
 - HCFC (Hydrogène – Carbone – Fluor – Chlore)
 - Moins stables que les CFC
 - Pratiquement ininflammables
 - Un peu moins nocifs pour la couche d'ozone
 - HFC (Hydrogène – Fluor – Carbone)
 - Peu d'effet sur la couche d'ozone
 - Inflammabilité plus élevée que HCFC mais sans problèmes particuliers
 - Potentiel d'effet de serre important
- Les réfrigérants naturels ou à bas effet de serre
 - Hydrocarbures (propane, butane et iso-butane)
 - Bonnes propriétés thermodynamiques
 - Dangereux par leur inflammabilité
 - Coûts importants pour mise en sécurité
 - Ammoniac (NH3 ou R717)
 - Excellentes propriétés thermodynamiques pour évaporation entre -35 et +2°C
 - Toxique et inflammable
 - Utilisé surtout en froid industriel
 - Gaz carbonique (CO2 ou R744)
 - Non toxique, non inflammable
 - Peu performant au niveau thermodynamique
 - Pressions très élevées
 - Intéressant à très basses températures (-50 à -35°C)
 - Eau (H2O ou R740)
 - Pas utilisable pour froid négatif
 - Peu adapté aux cycles à compression, rares applications

Catégories de réfrigérants

ASf Fluides frigorigènes R Généalogie et familles

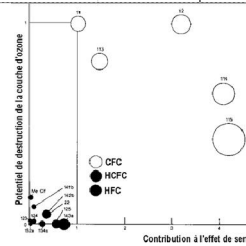
	1 20	1.5 / 1.8 30	2 / 3 40	5 à 8 30 à 130
CFC Huile minérale	12	502 500	Interdiction inst neuves 01.01.1994	Interdiction de recharge 01.01.2004
HCFC Pur Huile minérale		22	Interdiction inst neuves 01.01.2002	Interdiction de recharge 31.12.2009 31.12.2014 recyclé
HCFC Mélanges Huile alkybenzène	401A 409A	402A 408A	Interdiction inst neuves 01.01.2002	Interdiction de recharge 31.12.2009 31.12.2014 recyclé
HFC Pur Huile ester POE	134a		+ de 3kg HFC Interdits 01.01.2004	... mais autorisés sous conditions
HFC Mélanges (iscéons) Huile alkybenzène	413A	417A 422A		autorisés sous conditions
HFC Mélanges Huile ester POE		404A 507 407C		autorisés sous conditions
HC Huile minérale/alkybenzène/ester	600a isobutane	290 propane	Restrictions fluides dangereux voir normes	
Naturels Huile minérale / PAO	Restrictions fluides dangereux voir normes	717 NH3	723 NH3+RE 170	744 CO2

– Note : la couleur indique la compatibilité «directe» des différents fluides lors d'un remplacement

Impact sur l'environnement

- Il y a deux grandeurs pour caractériser l'impact environnemental d'un fluide frigorigère :
 - ODP ou Ozone Destruction Potential
 - Caractérise le potentiel de destruction de la couche d'ozone (référence R11 = 1)
 - GWP ou Global Warming Potential
 - Caractérise la contribution à l'effet de serre (référence CO2 = 1)

Classe	Réfrigérants	ODP valeur R11 = 1	GWP kg éq. de CO2
CFC	R11	1	4'000
	R12	0,8	8'500
	R502	0,2	5'480
HCFC	R22	0,04	1'700
Mélange de HCFC	R408a		
HFC	R134a	0	1'300
	R125	0	2'600
	R143a	0	3'800
Mélange de HFC	R404a	0	3'250
	R407c	0	1'630
	R410a	0	1'730
A faible effet de serre	propane / butane	0	20
	ammoniac	0	<1
	CO2	0	1



La surface des cercles est proportionnelle à la durée de vie des produits
Le graphique est établi en affectant l'indice 1 au CFC 11

Impact sur l'environnement

- Il faut aussi tenir compte d'autres facteurs pour évaluer la contribution à l'effet de serre d'un fluide frigorigère :
 - Fuites de réfrigérant
 - Pertes de réfrigérant lors de son recyclage
 - Consommation d'énergie sur la durée d'exploitation
- On parle alors du TEWI ou Total Equivalent Warming Impact.
- Cette grandeur est exprimée en kg équivalents de CO2, elle permet par exemple de comparer différentes solutions en terme de leur impact sur l'environnement.

Substitution des réfrigérants

- Pour les installations de froid commercial, les solutions de substitutions sont les suivantes :

- Froid positif
 - Anciennes installations au R12 essentiellement
 - Fluide de substitution R134a ou R404a
- Froid négatif
 - Anciennes installations au R502 essentiellement
 - Fluides de substitution R404a ou R507



Applications	Fluides actuels	Fluides de transition	Fluides supposés définitifs
Appareils domestiques	R 12 - R 502 R 131 R 12 R 114 NH 3	MP 39 - FX 56 R 123 R 142b	R 134a - R 290 R 245 R 134a NH 3
Froid commercial température positive	R 12	MP 39 - FX 56 R 22 HP 90 - FX 10 ISCEON 45E R 22	R 134a R 404A R 125 - FX 40 AZ 50 - KLEA 60
Froid commercial température négative	R 502	R 22	NH 3 - R 404 A
Froid industriel	NH 3 - R 22 R 13 B 1 R 13 - R 502	R 22	ES 20 R 23
Froid basse température	R 22 R 500	FX 57 - MP 66	R 134 a - AZ 26 AC 9000 - KLEA 66
Climatisation	R 12 R 500	MP 2 - EP 40 FX 57 - MP 66	R 134 a

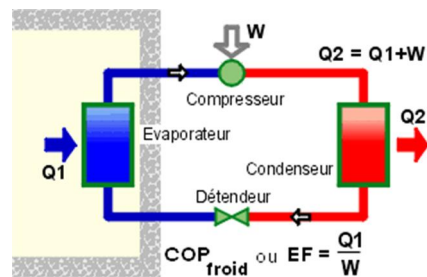
Nouvelles technologies

- Les nouvelles technologies disponibles aujourd'hui sont les suivantes :
 - Détendeurs électroniques
 - Compresseurs scroll ou à vis pour les plus grosses puissances
 - Réglage par variation de fréquence
 - Régulations de nouvelle génération pour les températures de condensation et d'évaporation
 - Régulations de nouvelle génération pour les cycles de dégivrage
- Par leurs coûts importants, ces technologies sont souvent réservées à des installations d'une certaine taille (plus de 4 kW électrique environ) !

FACTEURS INFLUENÇANT LES PERFORMANCES

Froid commercial - COP - Définition

- Le COP (Coefficient de Performance) représente la performance énergétique d'une machine frigorifique.
- C'est le rapport entre la prestation fournie par la machine et l'énergie qu'elle consomme.
- Un COP élevé est synonyme d'une machine efficace.



$$EE = \frac{\text{Chaleur captée dans la zone froide}}{\text{Energie fournie par le compresseur}} = \frac{T_{\text{évaporateur}}}{T_{\text{condenseur}} - T_{\text{évaporateur}}}$$

Froid commercial – consommation moyenne

- pour la réfrigération (froid positif) comprise **entre 5 et 15 kWh/m².jour selon l'application;**
- pour la congélation (froid négatif) comprise **entre 20 et 35 kWh/m².jour selon l'application.**

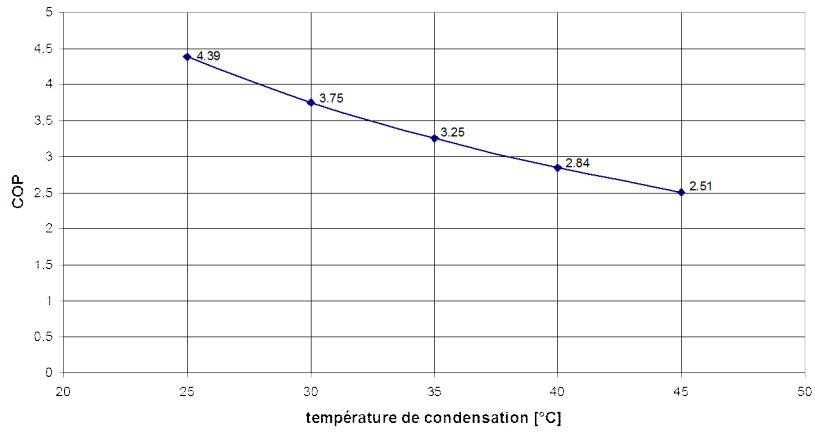
EUROVENT

Facteurs influençant le COP

- Les facteurs qui suivent ont une influence sur les performances de la machine frigorifique :
 - Température de condensation
 - Le COP **augmente** lorsque la température de **condensation diminue**
 - Température d'évaporation
 - Le COP **augmente** lorsque la température **d'évaporation augmente**
 - Taux de charge
 - L'évolution du COP avec le taux de charge dépend du type de compresseur et du type de régulation de la machine
 - Pour les machines de froid commercial (petites puissances), ce paramètre n'intervient en général pas car réglage en tout ou rien (100% et 0%)

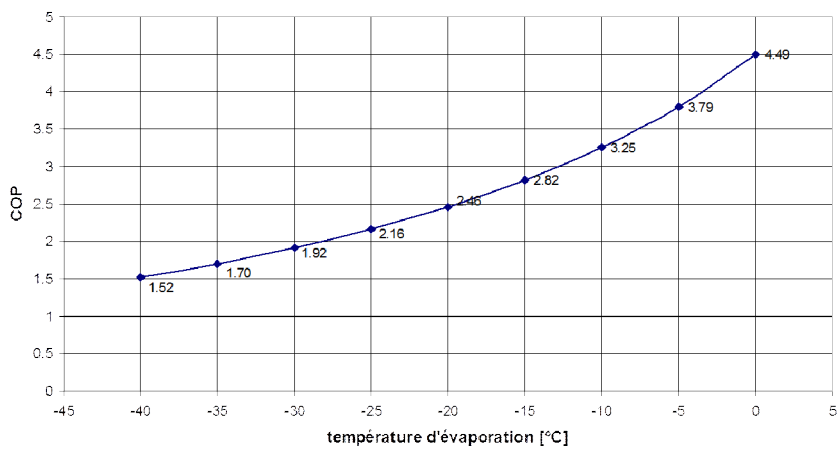
Evolution du COP - Température de condensation

Influence de la température de condensation
Machine au R134a de 5 kW froid - Température d'évaporation -10°C



Evolution du COP - Température d'évaporation

Influence de la température d'évaporation
Machine au R134a de 5 kW froid - Température de condensation 35°C



MESURES D'OPTIMISATION

Mesures d'optimisation - Comptage d'énergie

- Ce n'est pas une mesure d'optimisation en soi, par contre le comptage d'énergie devrait faire partie intégrante de toute campagne d'optimisation, ceci pour les raisons suivantes :
 - Source de motivation lorsque les mesures prises sont confirmées par des résultats concrets
 - Justification plus facile d'investissements éventuels lorsque les coûts sont connus
- Deux possibilités de comptage :
 - Compteur d'énergie (électrique)
 - Mesure directement la consommation de l'installation
 - Compteur d'heures (marche compresseur et / ou ventilateurs)
 - Permet de calculer la consommation de l'installation (moins précis)

Optimisation énergétique : condensation

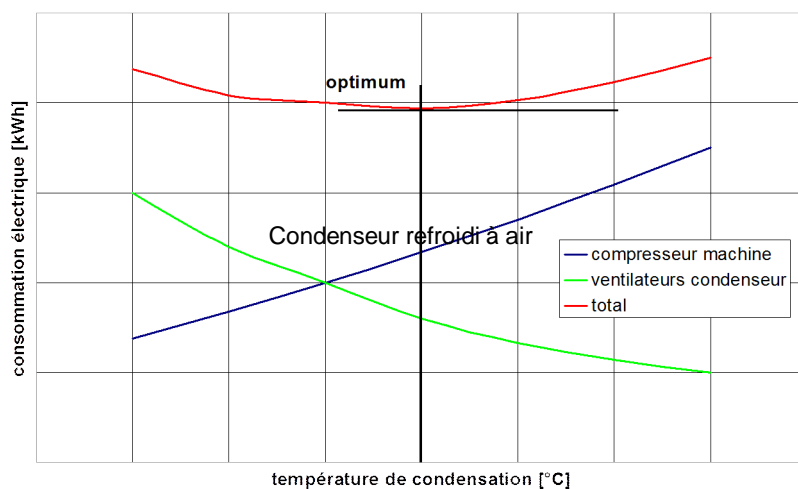
- Deux manières d'optimiser selon le type de refroidissement du condenseur :
 - Refroidissement à eau perdue
 - Les coûts d'exploitation sont liés essentiellement à la consommation d'eau
 - On cherche la température de condensation maximale afin de réduire la consommation d'eau
 - Refroidissement à air
 - On cherche l'optimum pour minimiser la consommation électrique globale (ventilateurs condenseur et compresseur machine frigorifique)
 - Température variable selon la charge et / ou la température extérieure



Par augmentation de 1°C de la température de condensation

→ 2,5% de consommation supplémentaire

Optimisation énergétique : condensation (Condenseur refroidi à air)



Optimisation énergétique : condensation (Condenseur refroidi à air)

- Pour optimiser la température de condensation, on peut aussi donner une consigne variable selon la température extérieure
 - Lorsque la température extérieure est basse, refroidir le condenseur demande moins d'énergie aux ventilateurs (plus grand différentiel de température)
 - La température de condensation optimale se déplace donc selon la température extérieure
 - Attention limite basse pour éviter la formation de gaz dans la phase liquide
- Cette mesure nécessite quelques modifications
 - Détendeur électronique plutôt que thermostatique
 - Variation de vitesse sur les ventilateurs pour augmenter la plage de réglage
- Cette régulation déjà évoluée est seulement rentable pour de grosses installations. Difficile de l'appliquer en optimisation sur des petites installations !

Optimisation énergétique : condensation (Condenseur refroidi à air)

Condenseur encrassé : Perte = 12,5 à 25%

Remède : Nettoyage régulier du condenseur (feuilles en automne, pollen au printemps)

Optimisation de la condensation (jour/nuit - été/hiver - demande) :

-> Technologie : Variation de vitesse sur les ventilateurs du condenseur

-> remplacer le gaz contenant des incondensables (air, azote) qui agissent

comme des isolants et réduisent donc l'efficacité énergétique des condenseurs.



Optimisation énergétique : Condenseur

□ Optimisation de la Température entre le fluide et l'air ambiant (**max 15°C**)

Condenseur en toiture :

- > réserver un espace suffisant entre le toit et le bas du condenseur pour éviter tout obstacle de transport de l'air
- > toit peint en blanc pour éviter la surchauffe de l'air entrant.
- > Vaporisation d'eau à l'entrée des condenseurs en cas de canicule

Condenseur au sol :

- > placer les condenseurs de préférence à l'ombre et au Nord.
- > Faciliter l'entrée et la sortie de l'air pulsé à travers les condenseurs : espace suffisant entre le sol et le condenseur.
- > Eviter d'emprisonner les condenseurs afin d'éviter le retour de l'air chaud sortant.

Optimisation énergétique : Condenseur



Le groupe de froid (condenseur compris) se trouve dans une cave non ventilée.

Le condenseur est collé au mur.

Le rendement du groupe est tel que le compresseur **tourne sans arrêt !**

Optimisation énergétique : Evaporateur

- La température d'évaporation est fonction de deux paramètres :
 - Température du milieu à refroidir (chambre froide)
 - On doit garantir les températures selon normes d'hygiène
 - Adapter la température d'évaporation au plus juste (vers le haut) pour garantir les conditions requises (dépend du dimensionnement des évaporateurs)
 - Charge frigorifique (apport d'aliments à refroidir, ouverture de portes, etc.)
 - Idéalement, la température d'évaporation s'adapte à la charge à évacuer
 - Consignes jour / nuit différenciées
 - Nécessite l'utilisation d'un détendeur électronique
- Cette régulation déjà évoluée est seulement rentable pour de grosses installations. Difficile de l'appliquer en optimisation sur des petites installations !

Optimisation énergétique : Evaporateur



sur base de la formule

$$EE \text{ (efficience Energétique)} = \frac{T \text{ évaporateur } [K]}{T \text{ condenseur } [K] - T^{\circ} \text{ évaporateur } [K]}$$

Par **diminution de 1°C** de la température d'évaporation
 → **2,5% de consommation supplémentaire**

❑ **Evaporateur encrassé : Diminution de 2 à 5°C Perte = 5 à 12,5%**

Remède : Nettoyage régulier des évaporateurs, contrôle technique

❑ **Optimisation de l'évaporation (jour/nuit – été/hiver - demande) :**

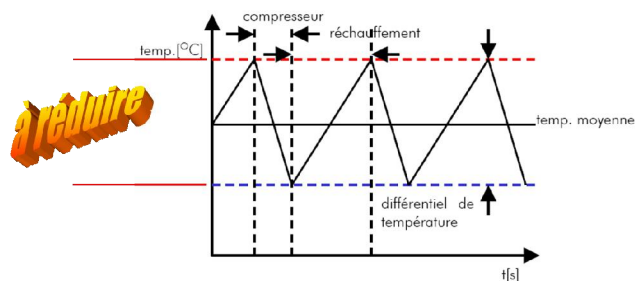
-> Technologie : Régulation électronique des circulations de fluide et des ventilateurs des évaporateurs (nouvelles installations)

Optimisation énergétique : Evaporateur

- ❑ Optimisation de la Température entre le réfrigérant et la chambre froide (**max 7°C**)
- ❑ Optimisation du dégivrage (un thème à traiter)

Différentiel de réglage T_{évaporation}

- Différentiel de température qui enclenche et déclenche le compresseur
- Un grand delta T diminue la fréquence des cycles et prolonge la durée de vie du compresseur
- Un faible delta T diminue la consommation électrique du compresseur
- Un faible delta T garantit une température plus stable de la chambre froide



Gestion des dégivrages

PROBLÈMES DE GIVRE

Risque de déraper
Des temps de cycle rapides aident à réduire l'entrée d'air et donc la condensation au sol. Le phénomène de condensation se produit quand l'air froid s'échappe par la porte, réduisant ainsi la température de surface, et le point de rosée au sol. Une fois formée du côté chaud, la condensation est introduite dans le freezer par l'équipement de manutention et gèle au sol.

Interruption de la chaîne du froid
Des portes lentes entraînant des fluctuations de température, ce qui peut avoir une incidence sur la qualité des produits.

Dommages aux appareils
Le givre ou la glace sur les systèmes réfrigérants peuvent en réduire l'efficacité, voire même les endommager.

Dégivrage
Des cycles lents d'ouverture/fermeture des portes laissent entrer plus d'humidité. Ceci peut causer une accumulation de glace sur les plans et les éléments réfrigérants. L'élimination de cette glace est un processus très laborieux, contraignant et coûteux.

AHK Deutsch-Tunesische Industrie- und Handelskammer
ألمانيا-تونس
Chambre Turco-Allemande de l'Industrie et du Commerce

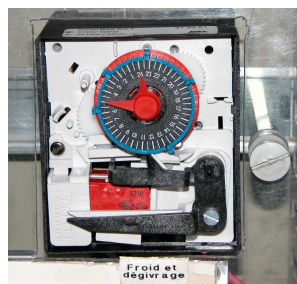
jiz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Gestion des dégivrages

- L'optimisation des cycles de dégivrage dépend du type de dégivrage utilisé...
 - Utilisation des gaz chauds du compresseur
 - On utilise la chaleur perdue du condenseur
 - Aspersion d'eau
 - On utilise de l'eau, éventuellement préchauffée par la récupération sur le groupe frigorifique
 - Ventilation forcée avec l'air de la chambre
 - On utilise l'air de la chambre pour faire fondre le givre par simple ventilation de l'évaporateur
- Ces 3 systèmes sont relativement peu répandus et ne sont pas de gros consommateurs d'énergie, optimisation limitée.
 - Résistance électrique
 - On utilise un chauffage électrique pour faire fondre le givre
 - C'est le système le plus répandu, et aussi le plus gourmand en énergie !

Gestion des dégivrages

- ...ainsi que du mode de régulation des cycles :
 - Régulations dite "intelligentes"
 - Avec sondes de début et fin de dégivrage
 - Auto-adaptatives
 - Ces systèmes sont normalement optimisés puisqu'ils s'adaptent en fonction de la présence ou de l'absence réelle de givre, optimisation limitée.
 - Régulation par simple horloge
 - C'est le système le plus répandu
 - Optimisation importante !



Dégivrage électrique sur horloge

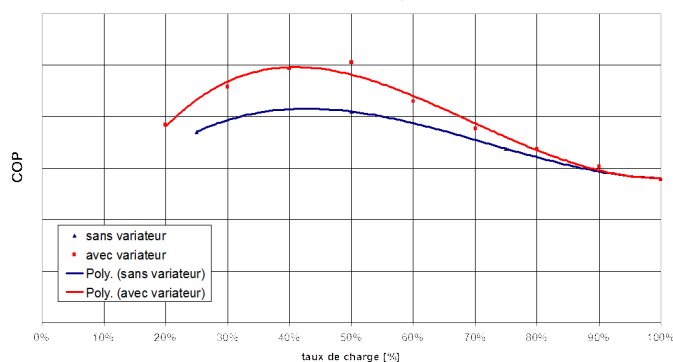
- A partir des réglages de base de votre frigoriste, il est possible d'optimiser les cycles de dégivrage de la façon suivante (de préférence en été lorsque les conditions sont favorables à la formation de givre) :
 - Adaptation de la durée du dégivrage
 - Observation de l'évaporateur à la fin d'un cycle
 - Si plus de givre, diminuer progressivement la durée du cycle (pas de 5 minutes)
 - La durée du cycle doit garantir la fusion complète du givre sur l'évaporateur !
 - Adaptation du nombre et de l'instant des dégivrages
 - Observation de la formation de givre avant le début d'un cycle
 - Si pas de givre, retarder voir supprimer ce cycle de dégivrage
- Note : Avant de diminuer le nombre de cycles de dégivrage, il est important que la durée du cycle soit suffisante pour faire disparaître complètement le givre. Autrement dit : avant de s'attaquer à la quantité de dégivrages, il faut s'assurer de la qualité du dégivrage !

Variation de fréquence

- La mise en variation de fréquence de certains appareils électriques présente les avantages suivants :
 - Démarrage plus doux et progressif des équipements (ventilateurs, pompes, etc.)
 - Diminution des courants de démarrage
 - Meilleure adéquation en fonction de la charge (si variable)
 - Diminution de la consommation électrique
 - Pour une machine de froid, augmentation du COP
- La mise en variation de fréquence de certains appareils électriques présente les inconvénients suivants :
 - Perturbations du réseau électrique (harmoniques)
 - Rendement du variateur à considérer
 - Coûts d'installation encore importants pour les petites puissances (pour le compresseur d'une machine frigorifique, représente jusqu'à 3 fois le prix d'une installation sans variation !)

Variation de fréquence

Evolution du COP selon le taux de charge
Avec et sans variation de fréquence



- Cette régulation déjà évoluée est seulement rentable pour de grosses installations. Difficile de l'appliquer en optimisation sur des petites installations !

Isolation thermique

□ Dans le cas d'un circuit secondaire de distribution de froid, il est conseillé d'isoler correctement les circuits frigoporteurs.



□ La conductivité de l'isolation thermique des parois de la chambre froide doit se situer entre 0,016 et 0,023 W/m.K.

Isolation thermique



CHAMBRES À TEMPÉRATURES POSITIVES (applications courantes) :

- Viandes, charcuterie, plats préparés
- Fruits et légumes
- Beurre, oeufs, fromage et produits laitiers (B.O.F.)
- Poissons et produits de la mer
- Viennoiseries, pâtisseries, pâte à pain
- etc.

On utilise généralement une épaisseur des parois de **60 mm** en application positive

On utilise généralement une épaisseur des parois **100 mm** en application négative.

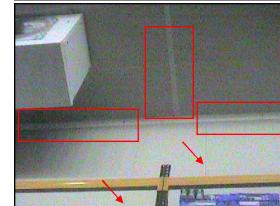
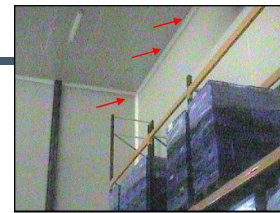
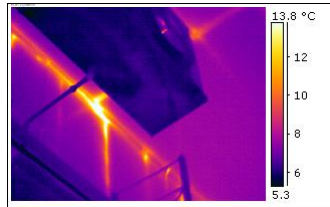
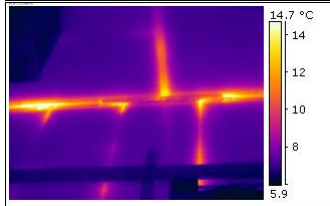
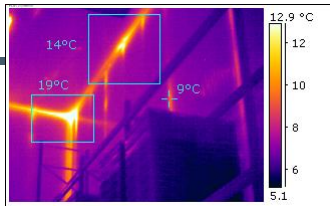


CHAMBRES À TEMPÉRATURES NÉGATIVES

- Conservation de produits congelés
- Congélation, surgélation

Isolation thermique

Contrôler l'isolation thermique des parois de la chambre frigorifique



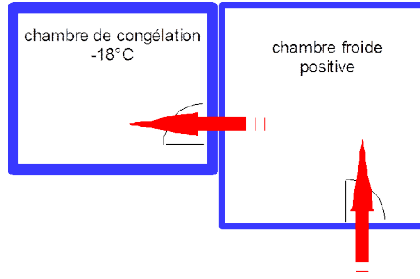
Gestion des chambres froides

- Dans la mesure du possible, on essaie de suivre les règles ci-dessous :
 - Stockage des aliments
 - Insérer des aliments au maximum à température ambiante (on profite du refroidissement gratuit)
 - Séparer les aliments selon les températures recommandées (selon ordonnance sur les denrées alimentaires)
 - Maximiser le volume utilisé dans les chambres froides (év. mettre certaines chambres peu utilisées hors-service)



Gestion des chambres froides

- Disposition des chambres froides
 - Eviter la proximité de sources de chaleur (four, soleil, etc.) et/ou d'humidité
 - Ménager autant que possible des sas d'entrée vers les chambres négatives, par exemple en utilisant une chambre positive



- Fermeture de porte: Porte avec rideau d'air/lamelles/rideau de nuit

Porte ouverte de 2m² = +/- 10kW de perte énergétique !!! (Chambre à 0°C)

Porte ouverte de 2m² avec rideau d'air = +/- 1kW de perte

→ **90% d'économie d'énergie**

Gestion des chambres froides

- Température des chambres
 - Doit être adaptée selon la nature des aliments que l'on stock

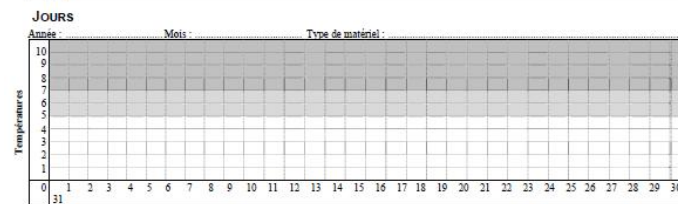
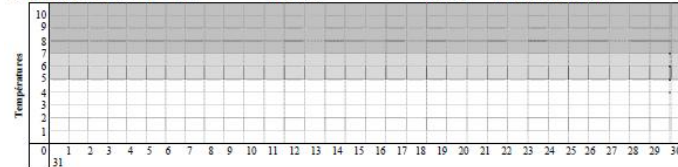


Type d'aliment	Transport	Stockage	Vente
viande	7	2	5
viande hachée, produits à base de viande hachée crue, émincé	5	2	5
autres produits à base de viande	7	5	5
poissons, crustacés, mollusques, échinodermes, entiers ou découpés	2	2	2
produits surgelés	-18	-18	-18
viande congelée destinée à la transformation en tant que produit intermédiaire	-12		
produits laitiers	5	5	5
ovoproduits pasteurisés	5	5	5
salades mixtes et légumes prêts à l'emploi	12	12	12

Gestion des chambres froides

- Température des chambres
 - Tenir un carnet avec les relevés quotidiens, ce qui permet d'éviter des dérives (meilleure conservation des aliments et économies d'énergie)

RELEVÉ JOURNALIER DE LA TEMPÉRATURE A FROID POSITIF POUR CHAMBRES FROIDES : La température doit se situer entre 0°C et + 4°C



Gestion des chambres froides

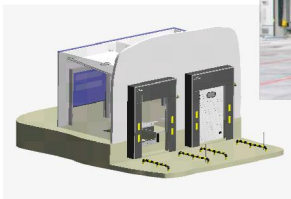
- Eclairage des chambres froides
 - L'éclairage est une charge supplémentaire à évacuer par la machine frigorifique
 - Limiter son utilisation autant que possible
 - Installation de détecteur pour enclencher l'éclairage
 - Signalisation claire et visible depuis l'extérieur lorsque l'éclairage est allumé
 - Choix d'ampoules économiques ou de tubes fluorescents (ou LED selon nouveaux développements) qui minimisent la consommation d'électricité et l'apport de chaleur dans la chambre froide
- Câbles chauffants portes et sol
 - Ces câbles chauffants empêchent la formation de givre ou de gel (risque de chute et "collage" des portes)
 - Limiter leur utilisation aux chambres froides négatives
 - Contrôler la régulation de ces câbles (température à maintenir, horaire, etc.)
 - Installer une horloge de commande qui coupe les câbles chauffants (par exemple balayage 15 minutes ON / 15 minutes OFF)

Logistique

- Les utilisateurs d'une installation de froid commercial (cuisine) ont une grande influence sur sa consommation d'énergie. Ils interviennent aux niveaux suivants :
 - Respect des températures requises selon les produits
 - Faire des contrôles réguliers et remonter les températures lorsque c'est possible
 - Profiter du refroidissement à température ambiante avant d'introduire les aliments en chambre froide
 - Gestion des stocks
 - Maximiser le taux d'utilisation des chambres froides
 - Ne pas réfrigérer des denrées qui ne l'exigent pas (boissons, conserves, etc.)
 - Gestion de l'éclairage
 - Eteindre systématiquement lorsque personne n'utilise les chambres
 - Fermeture des portes des chambres froides
 - Installation de systèmes de fermeture automatique

Sensibilisation des utilisateurs

- Organisation de la structure
 - Suppression du stockage sur quai – zone d'anticipation
 - Meilleure isolation quai / Chambre froide
 - Destinations des unités (quai, chambre froide, zone d'anticipation)



Logistique

- Dimensionnement et destination des ouvertures
 - Dimensionnement des accès aux quais (autoportés, pas rétrac)
 - Une porte / quai : si pas de camion = porte fermée
 - Fermeture obligatoire en cas de non trafic



- Utilisation de portes adaptées au besoin (piéton)

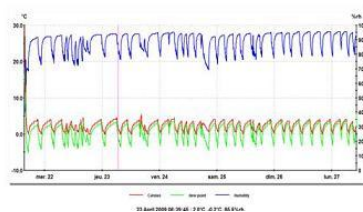


Logistique

- Gestion des horaires
 - » Activité adaptée aux horaires
 - » Baisse du coût moyen du KW



- Gestion des paramètres du stockage : court ou de longue durée
 - » Mise en place d'un système de suivi de la température et l'humidité dans les des chambres.
 - » Mise en place d'un système de suivi et d'optimisation les taux d'équipation des chambres froides.



Logistique

- Moyens logistiques
 - » Utilisation obligatoirement des chariots électriques dans les zones froides ou climatisées



Moyen logistique à faible consommation énergétique



Chariot élévateur électrique



Chariot élévateur à gaz

En conclusion :

Comment faire des économies d'énergie dans les chambres froides ?

Etape 1 : Appliquer les bonnes pratiques

- Informer et sensibiliser les personnes : la maîtrise des consommations énergétiques et la qualité des produits.
- Diminuer le temps de présence humaine dans la zone (un être humain génère une puissance calorifique de 80 W au repos).
- Gérer les ouvertures de portes pour éviter les déperditions de froid.
- Eteindre les lumières des chambres froides en les quittant.
- Régler au plus juste la température de stockage.
- Assurer un bon entretien de l'installation, nettoyer et dégivrer régulièrement les condenseurs
- Adapter la température de condensation en fonction des saisons.
- Utiliser le free cooling (refroidissement naturel).
- Adapter les conditions d'exploitation qui ont un impact important sur la consommation d'énergie.

En conclusion :

Comment faire des économies d'énergie dans les chambres froides ?

Etape 2 : Optimiser l'utilisation des équipements

- S'assurer de la compétence des utilisateurs : La compétence des personnes assurant le bon fonctionnement des installations.
- Contrôler régulièrement et réparer, les **fuites de fluides frigorigènes** qui sont une cause de **la baisse de performances de l'installation**.
- Vérifier l'étanchéité des portes des chambres froides.
- Assurer un suivi précis des principales caractéristiques de l'installation :
 - **pression du fluide frigorigène** dans l'évaporateur et le condenseur,
 - **puissance électrique** du compresseur,
 - **débit et température** de l'eau à refroidir,
 - **puissance frigorifique** délivrée et consommée,
 - **température et hygrométrie extérieures** afin d'intervenir rapidement en cas d'anomalie.
 - **Etablir des signaux d'alarme** (valeurs limites à ne pas dépasser).
- Vérifier la surchauffe du fluide frigorigène après l'évaporateur.
- Assurer un suivi du fonctionnement des compresseurs : Système de gestion des compresseurs frigorigères.



En conclusion :

Comment faire des économies d'énergie dans les chambres froides ?

Etape 3 : Bien choisir son équipement

- la mise en place d'une gestion optimisée en cascade des compresseurs permettra à moyen terme de faire des économies sur les coûts d'exploitation.
- La compétence de l'installateur frigoriste est un élément déterminant dans la qualité de la conception du système : matériel neuf ou service de maintenance.
- Au moment de la conception de l'installation ou si une modification de l'installation est envisagée, penser à :
 - optimiser la puissance des compresseurs
 - avoir des températures de condensation et d'évaporation correctes afin d'éviter les gaspillages.
 - choisir un matériel adapté afin que l'installation fonctionne dans des conditions nominales et bien dimensionner les diamètres des canalisations et des surfaces d'échange des échangeurs.



Merci pour votre attention...

