

MANUEL D'INSTRUCTION

**LUTECH
ÉNERGIE**

(514) 267-4237

CLIMATISATION

RÉFRIGÉRATION

VENTILATION

CHAUFFAGE

PISCINE

WWW.LUTECHENERGIE.COM



KE2 Evaporator**Efficiency**

Rendement d'évaporateurs - Théorie de fonctionnement



Table des matières

Système de réfrigération de base

Évaporateur

Types de dégivrage

- Conventionnel (horloge mécanique)
- Air «Off-time»
- Dégivrage à résistance électrique
- Dégivrage au gaz chaud
- Dégivrage intelligent

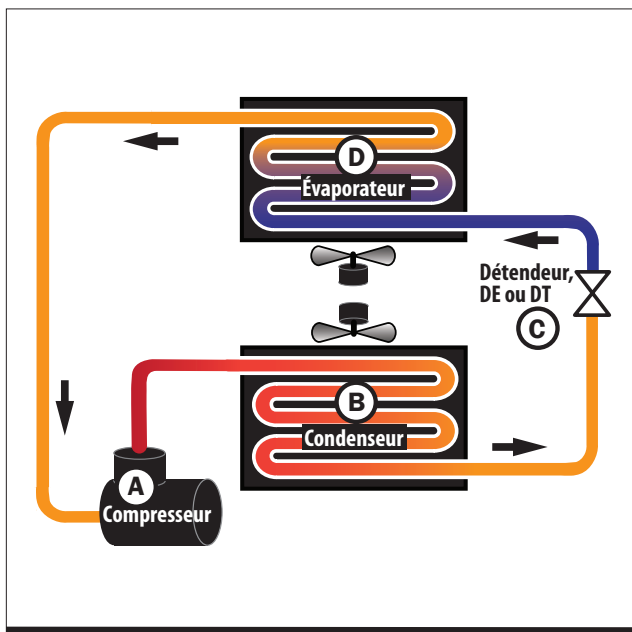
Comment fonctionne le dégivrage KE2

Le contrôle des régulateurs

Communication

Le contrôleur de rendement d'évaporateur KE2 diminue la consommation énergétique de l'évaporateur d'un système de réfrigération par un contrôle précis de la surchauffe, de la modulation des ventilateurs et des périodes de dégivrage. Le contrôleur d'évaporateur KE2 est conçu pour une période de recouvrement d'investissement de deux (2) ans *, et une durée de vie équivalente à celle du système de réfrigération. Une fois récupéré l'investissement du contrôleur, les économies continuent lors de la durée de vie du système.

Figure 1 – Cycle frigorifique de base



Système de réfrigération de base

Avant d'aborder la discussion du contrôleur et de ses fonctions, il est nécessaire d'analyser brièvement le système de réfrigération. On peut définir le système de réfrigération comme un ensemble de composants servant à transférer la chaleur d'un endroit fermé vers l'extérieur. La **figure 1** illustre les composants de base : l'évaporateur, le condenseur, le compresseur et le détendeur.

Le cycle frigorifique débute au **compresseur (A)**. Actionné par un moteur, celui-ci comprime la vapeur basse pression en vapeur haute pression. Une fois la vapeur entrée par le clapet d'aspiration dans le cylindre, elle est comprimée et évacuée par le clapet de refoulement. L'augmentation de chaleur créée lors de la compression doit être évacuée afin de permettre le changement d'état de la vapeur.

Le **condenseur (B)** évacue la chaleur de compression à l'aide d'un autre média, généralement de l'eau ou de l'air. La vapeur passe à l'état liquide au fur et à mesure que la chaleur lui est retirée. À la sortie du condenseur, l'état du réfrigérant est 100% liquide. En aval du condenseur, le liquide se dirige vers le détendeur à l'aide de la tuyauterie.

Le **détendeur (C)** sépare le côté haute pression du côté basse pression du système frigorifique et contrôle la quantité de réfrigérant alimenté à l'évaporateur. En aval du détendeur, le réfrigérant entre dans le côté basse pression du système. À cette pression, la portion liquide du réfrigérant biphasique (liquide vapeur) continue à s'évaporer en absorbant la chaleur de l'air ou de l'eau.

Le réfrigérant de l'évaporateur continue à absorber de la chaleur par la tuyauterie d'aspiration jusqu'au compresseur. La fonction de l'évaporateur est de transférer la chaleur efficacement au réfrigérant. L'évaporateur transfère la chaleur à partir du média requis : Air, eau, glycol, etc. Pendant le transfert de chaleur, le détendeur contrôle le débit du réfrigérant et s'assure de l'évaporation complète à la sortie de l'évaporateur.

À la sortie de l'évaporateur, la vapeur se dirige vers le compresseur afin de recommencer le cycle frigorifique.

Évaporateur

Comme il est un composant majeur du système, un évaporateur efficace joue un rôle majeur dans l'économie d'énergie. L'évaporateur comporte un serpentin, des ventilateurs, un détendeur, des éléments de dégivrage électrique et une électrovanne optionnelle. Par une gestion optimale de chaque composant, le contrôleur d'évaporateur KE2 peut maximiser la charge d'évaporation (Output) en minimisant la puissance absorbée (Input).

Bien qu'inévitable, le givre est la cause principale de l'inefficacité des évaporateurs. Lorsque la température d'évaporation est sous le point de rosée, l'humidité s'accumule sur les surfaces froides de l'évaporateur. Si la température de l'évaporateur continue de



diminuer sous le point de congélation, l'humidité se solidifie pour former une mince couche de glace. Au fur et à mesure que l'humidité se forme sur la glace, le givre prend forme; la couche la plus près de la surface de l'évaporateur a tendance à être dure et avoir une consistance similaire à des cubes de glaces. Selon le taux d'humidité, la température d'évaporation et le débit d'air, les couches subséquentes de givre peuvent ressembler davantage à des cristaux comme des flocons de neige. C'est ce qu'on appelle de la gelée blanche.

Initialement l'accumulation de givre augmente la capacité de l'évaporateur pour ensuite en diminuer le rendement. La **figure 2** illustre la performance typique d'un évaporateur en fonction de l'accumulation de givre. Il est contre intuitif de croire qu'une variable qui cause de l'inefficacité peut augmenter la performance d'un système. Cependant, l'augmentation de la performance est due à une surface d'évaporation plus grande de l'évaporateur. La **figure 2** montre une augmentation initiale de la performance et un déclin par la suite. Un effet isolant est causé par l'accumulation constante de la gelée blanche qui crée un emprisonnement de l'air entre l'air ambiant et l'évaporateur. A cause de l'effet isolant, la température de l'évaporateur doit être diminuée afin de maintenir la température du point de consigne de la pièce. Lorsque l'écart de température (TD) augmente, la formation de givre sur l'évaporateur s'accélère.

Contrairement aux contrôleurs traditionnels, le contrôleur d'évaporateur KE2 est conçu pour récolter et utiliser l'énergie emmagasiné dans le serpentin, par l'utilisation d'algorithmes évolués, contrôlant ainsi les ventilateurs selon la température du serpentin et de l'air de retour. Le contrôleur KE2 utilise ces informations afin de créer pour chaque évaporateur du système un profil personnalisé. Une fois que le contrôleur modélise la méthode la plus efficace de contrôler l'évaporateur, il gère de façon évoluée les ventilateurs pour extraire l'énergie emmagasinée du serpentin. En maintenant un plus faible écart de température TD

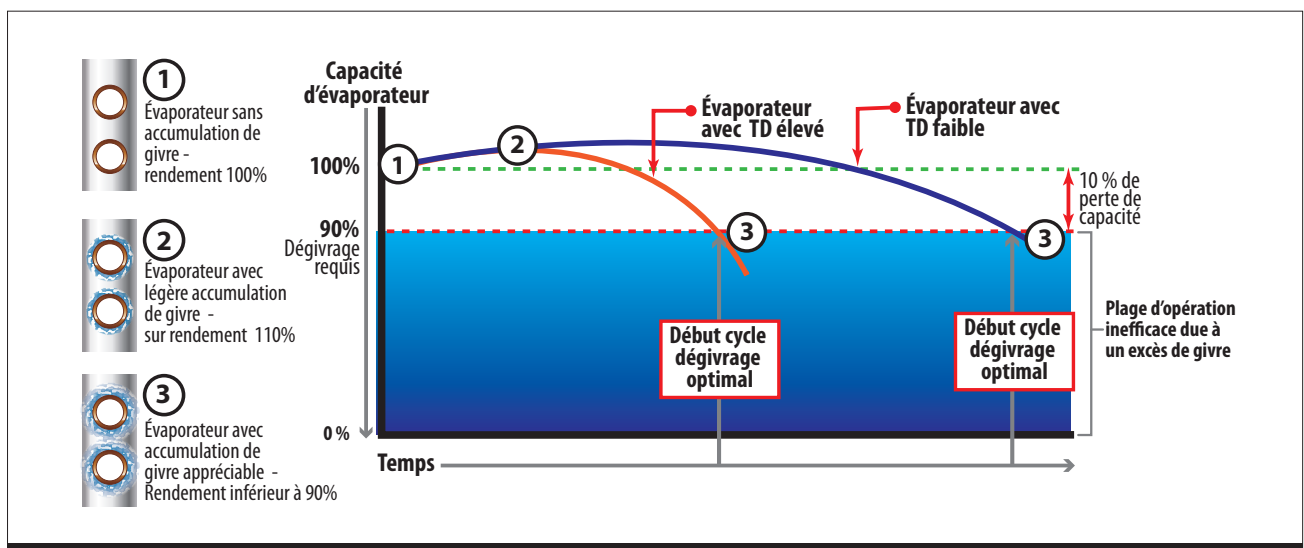
tout le long du cycle de fonctionnement, le contrôleur permet une augmentation de la plage de temps entre les dégivrages.

Pour expliquer comment le contrôleur KE2 réduit l'écart de température, il est important de comprendre comment la température d'évaporation varie durant le cycle. Pendant le cycle normal, le système abaisse la température de l'évaporateur et continue jusqu'à ce que le point de consigne de l'espace soit atteint. Lorsque la température désirée est atteinte, le contrôleur désactive l'électrovanne. Le système continue à opérer jusqu'à ce que tout le réfrigérant liquide soit évaporé. À mesure que le réfrigérant est pompé de l'évaporateur, la **figure 3** illustre de quelle façon la température de l'évaporateur continue de diminuer à cause de l'effet frigorifique du réfrigérant liquide restant dans l'évaporateur. Cet effet frigorifique additionnel force la température de l'évaporateur en dessous de la température ambiante. Normalement, cette énergie est gaspillée, inerte dans l'évaporateur jusqu'au prochain cycle. La **figure 3** montre de quelle façon le contrôleur KE2 est en mesure d'utiliser cette énergie gaspillée à l'avantage du système.

L'utilisation des ventilateurs au lieu du compresseur réduit la quantité d'énergie utilisée pour maintenir la température de l'espace. Toute l'énergie résiduelle de l'évaporateur est utilisée avant de redémarrer le compresseur pour maintenir la température de l'espace.

Dans le processus de réutilisation de l'énergie, le givre est réduit naturellement par procédé de sublimation. La sublimation se produit lorsque le givre se transforme en phase vapeur sans passer par la phase liquide. En contrôlant les arrêts départs des ventilateurs, le contrôleur diminue le temps de marche des compresseurs. En plus d'économiser de l'énergie par la réduction de temps d'opération des compresseurs, la sublimation du givre retourne l'humidité dans l'espace. Le maintien d'un niveau d'humidité plus élevé réduit l'assèchement et la perte de poids

Figure 2 – Rendement typique d'un évaporateur selon l'accumulation de givre.



des produits réfrigérés. Même le plus avancé des contrôleurs de dégivrage présent sur le marché fait fondre le givre dont l'eau et l'énergie se perdent vers les drains d'évacuation.

Types de degivrages

Inévitablement, tout système qui fonctionne près du point de congélation de l'eau nécessite éventuellement un dégivrage. Ce dégivrage est nécessaire afin d'éviter le givre de perturber la température ambiante. Différentes méthodes sont utilisées pour augmenter la température surfacique de l'évaporateur au-dessus du point de fusion jusqu'à ce que le givre soit fondu.

Afin d'apporter une réponse au problème de givre il faut d'abord comprendre les causes qui le génèrent. Il y a plusieurs facteurs qui influencent la formation de givre sur l'évaporateur :

- La conductivité thermique (valeur K) de l'évaporateur;
- Les conditions atmosphériques;
- L'humidité du produit;
- La localisation de l'évaporateur;
- L'étude et plan des installations frigorifiques

Les méthodes fréquentes de type de dégivrage air«OFF-TIME», éléments électriques et gaz chauds:

Le dégivrage à Air«Off-time» est le plus simple des systèmes de dégivrage. Le dégivrage à air nécessite l'arrêt du débit de réfrigérant dans l'évaporateur durant une période suffisante afin d'éliminer complètement le givre. Pour un fonctionnement adéquat, la température ambiante doit être au-dessus du point de congélation. Le dégivrage à air exige un fonctionnement continu des ventilateurs et affecte le rendement énergétique du système.

Le dégivrage par éléments électriques est un dégivrage commun lors d'applications en basse température. Les évaporateurs

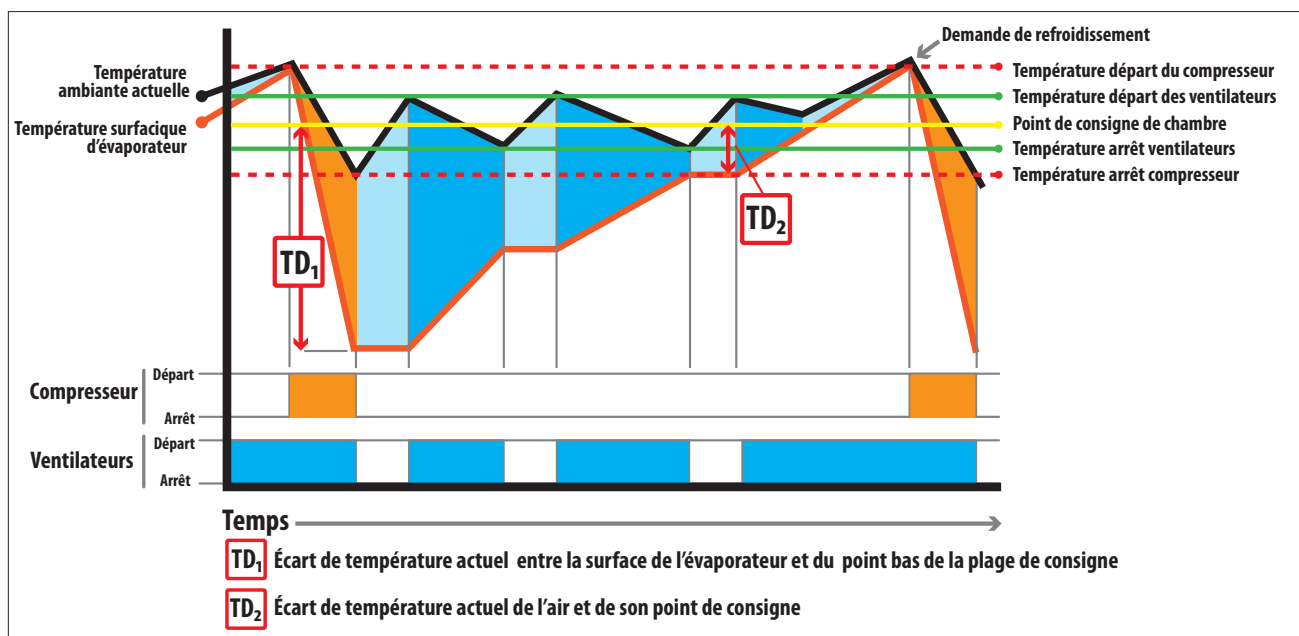
doivent être conçus et fabriqués pour que les résistances électriques soient insérées sur la face de l'évaporateur ou au travers des ailettes de manière parallèle à la tuyauterie du réfrigérant. Les résistances électriques sont installées dans les rainures fournies afin d'augmenter la température de la surface d'évaporation au-dessus du point de congélation.

Malgré la simplicité d'installation et de contrôle, le dégivrage électrique peut être dispendieux. Les éléments sont activés pendant la totalité du cycle de dégivrage. En moyenne, on utilise 1kW d'élément par pied linéaire d'évaporateur.

La puissance absorbée du dégivrage électrique peut affecter le rendement énergétique puisque les périodes de dégivrage standard sont habituellement plus de 3 dégivrages par jour pour une durée individuelle de 45 à 60 minutes. Lorsqu'elles sont en fonction, les résistances peuvent atteindre une température surfacique dépassant 300°F. L'eau de dégivrage qui entre en contact avec la surface des éléments peut se vaporiser instantanément et créer un effet de brouillard. Ce dernier se re-congèle sur les surfaces froides et crée du givre inutilement. Ce type de problème cause souvent une formation de givre et de glace sur le plafond de la chambre.

La nouvelle formation de glace ne sera pas retirée pendant le dégivrage de routine. Occasionnellement, la durée du dégivrage électrique sera allongée pour tenter de retirer cette accumulation. Le fonctionnement des éléments au-delà de la plage de temps nécessaire au dégivrage de l'évaporateur crée de la surchauffe. En traitant le symptôme au lieu de la cause, on peut causer des dommages environnants. La **figure 4** montre la surface d'un plafond brûlé, causé par l'allongement du temps de dégivrage pour retirer la glace.

Figure 3- Récupération d'énergie latente





KE2 Evaporator Efficiency

Rendement d'évaporateurs - Théorie de fonctionnement

Même si le dégivrage électrique est simple et commun, il doit être contrôlé précisément afin de s'assurer qu'il est efficace.

Le dégivrage au gaz chauds est le troisième type commun de dégivrage. Il est le plus complexe et requiert un investissement initial important. Ce type de dégivrage est plus efficace que les autres méthodes. Lors du dégivrage, le débit de réfrigérant liquide circulant dans l'évaporateur est remplacé directement par le gaz de refoulement de la centrale de refroidissement. Le gaz est constitué de vapeur réfrigérante surchauffée et peut excéder 200°F. Puisque la source de chaleur est alimentée à l'intérieur des tubes de l'évaporateur, la source de chaleur est appliquée à l'endroit où se forme le givre sur le tube. Le gaz chaud circule à travers l'ensemble des circuits de l'évaporateur et dégivre des endroits de l'évaporateur qui sont plus difficiles à atteindre avec des éléments électriques.

Contrairement au dégivrage à air, le dégivrage au gaz chaud ou électrique doivent non seulement arrêter les ventilateurs pendant le dégivrage mais également pendant une période suivant le dégivrage. Pendant le dégivrage, de l'eau est formée sur l'évaporateur lorsque la glace fond. À l'arrêt du dégivrage, l'eau doit s'écouler librement vers le drain. Ce temps **d'égouttement** empêche les gouttelettes de recongeler sur la surface des produits ou de la chambre via l'air alimenté. Certains évaporateurs possèdent des thermostats pour retarder le démarrage des ventilateurs jusqu'à ce que le serpentin soit asséché ou suffisamment froid pour recongeler les gouttelettes non évacuées au drain.

Figure 4 – Bris cause par une période de dégivrage excessif



Les différentes méthodes de dégivrage comportent également différents types de contrôle.

Les dégivrages **Temps initié et temps terminé** sont le plus efficaces lorsque les conditions sont stables. Les conditions stables permettent un nombre minimum de dégivrage par jour et un minimum de temps alloué. Par contre, on rencontre rarement des conditions stables dans les espaces réfrigérés à cause du type d'accès, la charge des produits et les différentes charges saisonnières, etc. À cause des conditions instables, l'horaire des dégivrages doit tenir compte du pire scénario. La plupart du temps ce type d'horaire est inefficace.

Les dégivrages **Temps initié et température terminée** sont

plus évolués que le type temps initié et temps terminé. Les horloges de dégivrages de type-température peuvent être commandées mécaniquement ou électroniquement. En contrôlant la fin du dégivrage par la température, on diminue le rejet de chaleur additionnelle dans l'espace réfrigéré. C'est mieux qu'une fin de dégivrage contrôlée uniquement par le temps. Cependant ce type de dégivrage peut nécessiter des cycles de dégivrage additionnels et inutiles dans certains cas. Des modèles de dégivrages plus évolués mesurent le temps d'opération du compresseur afin d'estimer l'heure propice au dégivrage du système.

Les systèmes de **dégivrages évolués** utilisent une variété de techniques visant à mesurer le temps d'opération du système et possèdent une efficacité limitée lorsqu'ils sont utilisés en chantier. Ce type de contrôleur est toujours basé sur le temps. La plupart des algorithmes tentent de prévoir la réaction du système en fonction d'une série d'événements. En utilisant la prévision, le système de contrôle doit réagir en considérant les pires scénarios et cause ainsi de l'inefficacité. De plus, ce type de système est sujet à la réinitialisation «reset» lors de pannes de courant.

Le **contrôleur de dégivrage KE2** aborde l'inefficacité du dégivrage de façon révolutionnaire. Le contrôleur KE2 utilise des algorithmes avancés en matière de contrôle de dégivrage et élimine la dépendance au temps. De plus, le dégivrage KE2 contrôle l'efficacité des systèmes frigorifiques. En contrôlant l'efficacité du serpentin, le dégivrage KE2 détermine le temps optimal requis pour le cycle de dégivrage.

Comment fonctionne le dégivrage KE2

Le KE2 Defrost est un algorithme exclusif et utilisé par le contrôleur d'évaporateur KE2 EVAP qui maximise l'efficacité énergétique tout en minimisant les effets indésirables du dégivrage sur l'espace réfrigéré.

Le KE2 Defrost utilise une approche à 2 niveaux pour augmenter la plage de temps entre les dégivrages. D'abord, il réduit la quantité de givre accumulé sur l'évaporateur. Comme nous le verrons dans la section évaporateur, ceci est accompli par les cycles d'arrêt départ des ventilateurs de l'évaporateur. Outre la manière intuitive permettant la réduction de givre sur l'évaporateur afin que le système fonctionne plus longtemps entre les périodes de dégivrage, le contrôleur doit être en mesure de déterminer la quantité de givre sur la surface de l'évaporateur. Au lieu d'utiliser des équations basées sur le temps, le contrôleur surveille la performance de l'évaporateur pour allonger les plages de temps entre les dégivrages. Les plages horaires se déplacent automatiquement vers des plages journalières et le contrôleur est suffisamment évolué pour revenir à des plages horaires si les conditions de l'espace changent. Ensuite, la deuxième approche du contrôleur est de surveiller l'efficacité de l'évaporateur et d'actionner un dégivrage uniquement si nécessaire, au lieu de se baser sur le temps écoulé depuis le dernier dégivrage.

Le KE2 Evap crée un profil de l'évaporateur à partir d'une série de mesures effectuées et enregistrées par le contrôleur lors de sa mise en opération initiale. Le contrôleur effectue une séquence

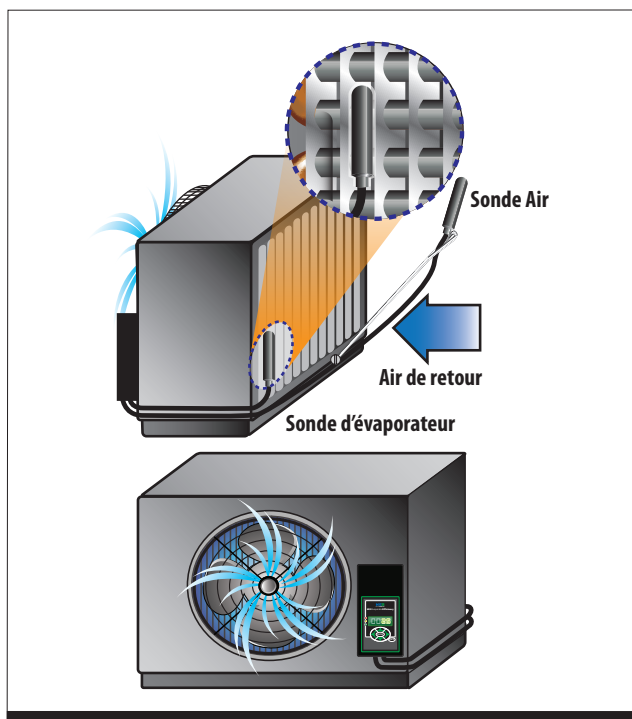
de tests opérationnels sur le système afin d'identifier une relation entre la température de l'évaporateur et la température de l'espace réfrigéré. Un exemple à la **figure 5** illustre la position de la sonde à air au retour d'air et la position de la sonde d'évaporateur à l'endroit où les ailettes de l'évaporateur sont les plus froides. Le contrôleur abaisse d'abord la température et dégivre ensuite le serpentin. Ce processus est répété lorsque nécessaire afin de s'assurer que le profil de l'évaporateur est adéquat.

Lors de l'opération normale, le contrôleur surveille l'efficacité de l'évaporateur en comparant la température surfacique de l'évaporateur à la température ambiante. Ce flux d'information est comparé à l'information concernant le profil de l'évaporateur qui est enregistré dans la mémoire du contrôleur. Lorsque l'efficacité est située en dehors des limites acceptables, soit à moins de 90%, le KE 2 Defrost avise le contrôleur d'actionner le cycle de dégivrage.

La **figure 6** montre comment l'algorithme détermine la perte d'efficacité de l'évaporateur. Le point de référence représenté par TD1 est une variable mesurée constamment à l'aide des sondes à air ambiant et à évaporateur. L'information transmise par les sondes permet à l'algorithme de déterminer si la température d'évaporation diminue plus rapidement que prévue. Cette situation indique que le transfert de chaleur de l'air à l'évaporateur devient moins efficace. Ainsi, la perte d'efficacité de l'évaporateur représentée par TD2 signal au contrôleur de débiter un cycle de dégivrage.

Une fois que le contrôleur actionne le dégivrage, on constate des

Figure 5 – Localisation des sondes d'évaporateur et d'air



différences majeures dans le cycle de dégivrage. Un contrôleur de dégivrage conventionnel actionne les éléments électriques jusqu'à ce qu'un signal, basé sur le temps ou la température, de fin de dégivrage lui soit transmis. La **figure 7** illustre comment un cycle conventionnel de dégivrage gère les éléments électriques. Ce type de dégivrage élimine le givre, énergie potentiel, qui peut être utilisé à l'avantage du système.

Un aspect additionnel est l'effet de brouillard. Cet effet est causé par la vaporisation instantanée de l'eau de ruissellement au contact des éléments dont la température peut atteindre 300° F. La création de brouillard à la sortie de l'évaporateur se dirige vers les endroits les plus froids de l'espace réfrigéré; soit un autre évaporateur, le plafond ou les produits. Lorsque la vapeur d'eau gèle à nouveau, il peut y avoir une accumulation de givre à des endroits où il n'y a pas d'éléments électriques et rendre difficile le dégivrage. Le KE2 Evap contrôle les cycles de dégivrages différemment.

La **figure 8** montre la façon dont le KE2 Evap économise de l'énergie lors des cycles de dégivrage. Au lieu de maintenir en opération les éléments électriques pendant tout le cycle de dégivrage, le KE2 Defrost surveille la température la température surfacique de l'évaporateur. Lorsque la température de l'évaporateur augmente à un niveau prédéterminé, le contrôleur éteint les éléments afin de permettre le transfert de chaleur des éléments vers l'évaporateur. Lorsque la chaleur est dissipée, le contrôleur actionne à nouveau les éléments pour continuer le dégivrage de l'évaporateur.

Le contrôleur KE2 Defrost gère efficacement le niveau de givre de l'évaporateur et permet au système de retourner en mode refroidissement dans un délai comparable à un système utilisant un cycle de dégivrage conventionnel et ce en utilisant 40% moins d'énergie que le système conventionnel. En plus de l'effet de brouillard, la méthode de dégivrage conventionnelle gaspille environ 80% de la chaleur à cause de la température élevée des éléments. Le KE2 Defrost réduit ces pertes à 20%. Il s'agit alors d'une économie de 60%.

Le contrôle des régulateurs

Comme il s'agit d'un composant important d'un système de réfrigération, le détendeur fait l'objet de plusieurs améliorations. En maintenant une surchauffe d'évaporation précise, le KE2 Evap offre le contrôle le plus évolué de détendeur électronique (DE) afin de maximiser la surface d'évaporation du serpentin.

L'ajout d'un DE offre à l'usage une opportunité d'économies additionnelles. Cependant, le détendeur thermostatique (DT) est installé sur des unités existantes. Le détendeur thermostatique contrôle correctement la plupart des systèmes existants et ne nécessite pas de remplacement par un DE. A cause de leur faible coût, les détendeurs thermostatiques sont largement utilisés.

Particulièrement lorsqu'il n'est pas essentiel d'ouvrir le système, le KE2 Evap peut être utilisé efficacement sur ce type de système.

L'installation d'une DE offre des avantages. Puisque le DE ne

Figure 6 – Reconnaissance de la nécessité d'un cycle de dégivrage

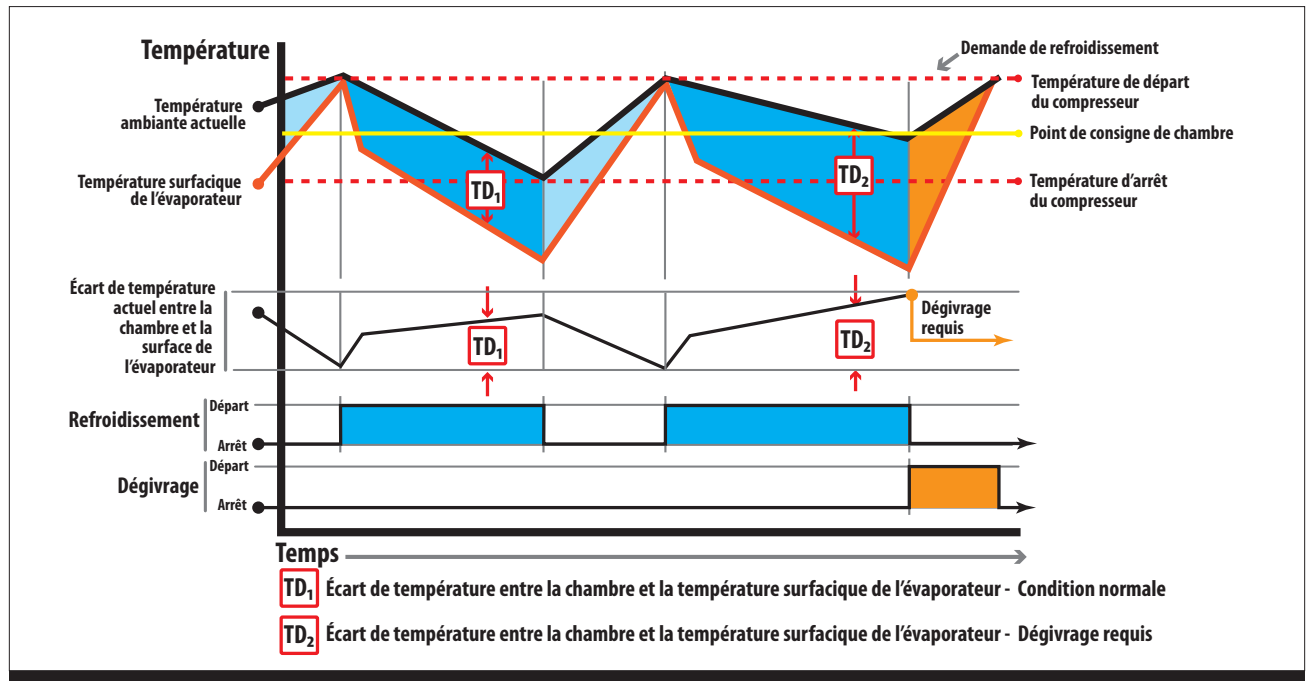
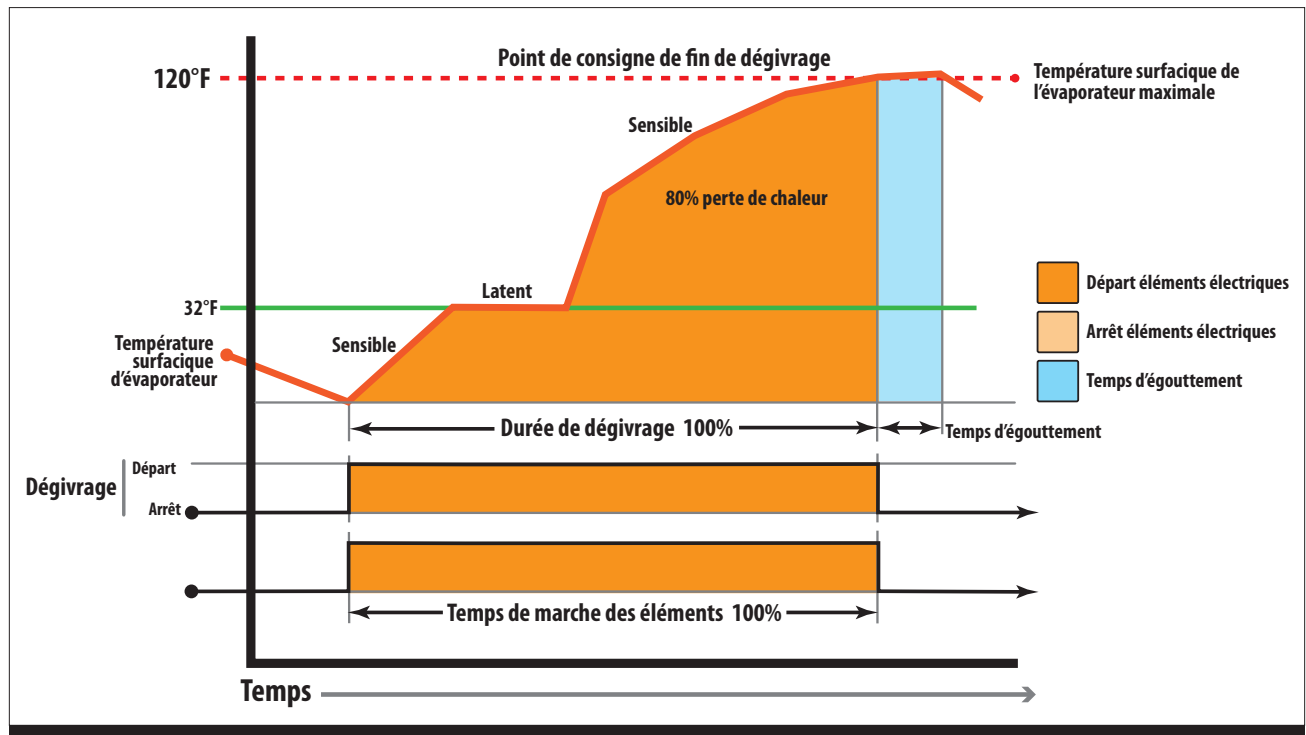


Figure 7 – Cycle de dégivrage conventionnel



nécessite aucun différentiel de pression pour fonctionner, le DE peut utiliser une fraction de la capacité totale du détendeur. Un détendeur thermostatique conventionnel ne peut contrôler jusqu'à 50% de la capacité du détendeur alors qu'un DE peut

contrôler jusqu'à 10 %. Cet avantage permet au système frigorifique d'opérer à une pression de condensation plus basse.

Une pression de condensation plus faible est possible lorsque



la température ambiante est basse. Dimensionnés pour les températures les plus chaudes de l'année, les condenseurs à air sont surdimensionnés lors de températures ambiantes plus basses. Un détendeur thermostatique requiert un système de régulation afin de maintenir de la pression de condensation élevée en hiver. On peut augmenter les économies d'énergie par l'utilisation d'un détendeur électrique et des pressions de condensation plus basses.

Communication

La popularité des communications Ethernet continue à augmenter dans le secteur de la réfrigération commercial et industriel. Un des avantages est qu'elle permet aux usagers et aux entrepreneurs de visualiser les performances des systèmes à distance. Cet information est précieuse pour des économies potentielles en matière de frais et temps, lors des appels de service.

L'utilisation de différents protocoles (langages) rend la communication difficile en réfrigération. Pour ajouter à la complexité, il y a de nombreuses options concernant le raccordement et filage des contrôleurs de systèmes de réfrigération. La topologie de type bus en série est utilisée pour la plupart des implémentations. Bien que plusieurs soient familiers avec cette approche ancienne, ce n'est pas la meilleur par rapport aux coûts, à la performance et à la disponibilité. Ethernet est le choix de communication standard pour plusieurs secteurs d'activités.

KE2 Therm approche l'aspect communication de manière différente. Le réseau de KE2 Réfrigération n'utilise pas de passerelle série «Serial Gateway» qui est dispendieux et qui nécessite la gestion, la surveillance et la communication avec les contrôleurs de réfrigération. Tous les contrôleurs KE2 Therm sont des périphériques pour réseau Ethernet qui supportent les protocoles standard de l'industrie (TCP/IP). Également, ils peuvent être facilement ajoutés à un réseau existant dont l'accès à distance est supporté par définition native et peuvent être gérés via une page web.

Le contrôleur de rendement d'évaporateurs KE2 est le premier produit offrant un dégivrage à la demande. Le KE2 Evap mesure la performance du système frigorifique en temps réel afin de déterminer le moment précis du cycle de dégivrage. Comparativement à une minuterie de dégivrage conventionnelle, le nombre de dégivrage est réduit de 84%. Également, les moins nombreux cycles de dégivrage diminuent les pointes de température soudaine, la perte de poids et la variation de température des produits. En plus de maintenir le produit à une température plus constante, la méthode de contrôle évolué génère des économies d'énergie importantes. Grâce à la diminution de perte de poids du produit et de l'énergie consommée, les économies réalisées par l'usager se répèteront année après année.

Figure 8 - KE2 Tableau de cycle de dégivrage

