



OPTIMISATION DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES: MESURES ET POTENTIELS

**OUVRAGE DESTINÉ AUX
SPÉCIALISTES EN FROID**



suisse énergie

Notre engagement : notre futur.

INTRODUCTION

IMPORTANTANCE

La liste de mesures techniques d'optimisation d'installations frigorifiques existantes est un inventaire des mesures possibles à prendre pour une exploitation rationnelle de l'énergie dans celles-ci. Cet ouvrage est un document de référence et n'a pas de «caractère de directive». Il s'agit bien plus d'un recueil des mesures d'optimisation à destination des spécialistes.

L'ouvrage part de défauts ou vices potentiels rencontrés sur des installations frigorifiques et répertorie les mesures à prendre pour y remédier (optimisation). Cette approche méthodique conduit à des doublons au niveau des mesures, et la liste est si vaste qu'on peut prendre la même mesure pour des problèmes différents.

PUBLIC CIBLE

La liste de mesures s'adresse aux spécialistes en froid travaillant dans le service après-vente et souhaitant acquérir une vue d'ensemble des mesures d'optimisation possibles. Elle doit également servir d'ouvrage de référence aux spécialistes en froid travaillant chez les exploitants, responsables de l'exploitation et de l'entretien des installations.

Comme beaucoup de mesures concernent le circuit de fluide frigorigène, il est indispensable que ces spécialistes disposent d'une autorisation de manipuler ces produits.

POTENTIELS D'ÉCONOMIE ET COÛTS

Pour permettre une évaluation approximative des mesures, un potentiel d'économie et des coûts de mise en œuvre leur ont été affectés. Ces informations sont des estimations approximatives. Suivant l'installation, ces valeurs réelles peuvent diverger de ces chiffres.

En tout état de cause, il est recommandé d'analyser les économies et les coûts spécifiquement en fonction de l'objet, et d'établir une comparaison couts/avantages.

Potentiel d'économie

- = petit
- = moyen
- = grand
- = très grand

Coûts de la mise en œuvre

Les coûts pour remédier aux vices dépendent en particulier de la taille de l'installation frigorifique. Ils ont donc été estimés pour trois tailles d'installation (jusqu'à 15 kW, 15 à 80 kW et plus de 80 kW).

- ■ ■ = moins de 1'000.–
- ■ ■ = 1'000 à 5'000.–
- ■ ■ = plus de 5'000.–

TENIR COMPTE DU DIMENSIONNEMENT SPÉCIFIQUE À L'OBJET

Toute optimisation se base sur une installation frigorifique existante. À une certaine époque, cette installation a été planifiée dans les règles de l'art et ses différents composants (p. ex. échangeurs thermique) ont été dimensionnés en fonction de l'objet par le planificateur. Dans le cas d'une optimisation, il faut tenir compte du dimensionnement initial. Il faut donc s'appuyer sur les valeurs initiales de dimensionnement figurant dans les documents de planification (documentation de l'installation). Ces valeurs servent de base à l'évaluation quant à la présence d'un défaut ou d'un vice.

Exemple: différence de température (ΔT) pour un échangeur thermique à lamelles avec un mode de fonctionnement par immersion

Différence de température mesurée: 8 K

Valeur de consigne de la différence de température selon le dimensionnement: 5 K

Valeurs indicatives pour la différence de température (ΔT) dans le cas d'une installation neuve bien conçue à pleine charge (selon la VDMA):

- très bien: ΔT inférieur à 3 K
- acceptable: ΔT entre 3 K et 8 K
- mauvais: ΔT supérieur à 8 K

Les valeurs indicatives sont données comme informations complémentaires. Elles doivent permettre d'évaluer facilement les valeurs de dimensionnement.

Dans l'exemple, la différence de température mesurée de 8 K est nettement supérieure à la valeur de dimensionnement de 5 K. Avec une optimisation, on peut ramener la différence de température aux alentours de 5 K.

Mais à cause du dimensionnement initial, il n'est pas possible d'atteindre de très bonnes valeurs de transfert. Si l'on veut obtenir de meilleures valeurs (p. ex. inférieures à 3 K), il faut remplacer l'échangeur thermique. Pour savoir si cet investissement sera rentable, il faut évaluer chaque situation au cas par cas.

SYMBOLES, ABRÉVIATIONS

| | |
|------------|--|
| T | Température (° C) |
| ΔT | Différence de température |
| K | Kelvin |
| °C | Degré Celsius |
| DTS | Détendeur thermostatique |
| DE | Détendeur électronique |
| CF | Convertisseur de fréquence |
| VDMA 24247 | Einheitsblatt Teil 8 des Verband Deutscher Maschinen- und Anlagebau für die richtige Auswahl von Wärmeübertragern (fiche de normalisation partie 8 de l'association allemande de la construction de machines et d'installations concernant le bon choix d'échangeurs thermiques) |
| SIA 382-1 | Norme SIA: Installations de ventilation et de climatisation – Bases générales et performances requises |
| IE3 | Classe de rendement pour moteurs électriques. Cette classe se base sur les ordonnances de l'UE concernant la conception écologique de moteurs. Depuis 2017, en Suisse, toutes les tailles de moteur de 0,75 kW à 375 kW doivent répondre à la classe de rendement exigeante IE3. |

■ Informations complémentaires sur la mesure

SOMMAIRE

1. Exploitation du froid sur les installations à évaporation directe

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Chambres froides et locaux de surgélation..... | 6 |
| 1.2 | Appareils frigorifiques et de surgélation | 9 |
| 1.3 | Installations avec évaporateur refroidi à l'air (fonctionnement à sec)..... | 12 |
| 1.4 | Installations avec évaporateur refroidi à l'air (fonctionnement par immersion) 14 | |
| 1.5 | Refroidissement de procédé | 15 |

2. Exploitation du froid sur les installations à frigoporteur

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Refroidisseur à air..... | 16 |
| 2.2 | Installation avec refroidisseur de liquide (échangeur thermique à plaques)..... | 17 |
| 2.3 | Installation avec refroidisseur de liquide (échangeur de chaleur tubulaires) | 18 |
| 2.4 | Froid de climatisation | 19 |
| 2.5 | Accumulateur de froid..... | 21 |
| 2.6 | réseau frigoporteur | 22 |

3. Dégivrage

| | | |
|-----|-----------------|----|
| 3.1 | Dégivrage | 25 |
|-----|-----------------|----|

4. Circuit de fluide frigorigène

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| 4.1 | Compresseur..... | 27 |
| 4.2 | Détendeur..... | 27 |
| 4.3 | Fluide frigorigène | 28 |
| 4.4 | Conduites et robinets..... | 29 |
| 4.5 | Commande du compresseur..... | 30 |

5. Chaleur perdue générée sur les installations frigorifiques avec condenseur direct

| | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | Évacuation de la chaleur par un condenseur refroidi à l'air | 31 |
| 5.2 | Utilisation de la chaleur | 33 |

6. Chaleur perdue générée sur les installations frigorifiques avec caloporteur

| | | |
|-----|---|----|
| 6.1 | Condensation avec échangeur thermique à plaques..... | 34 |
| 6.2 | Condensation avec échangeur de chaleur tubulaires | 35 |
| 6.3 | Réseau de caloporteur..... | 36 |
| 6.4 | Utilisation de la chaleur perdue générée | 37 |
| 6.5 | Évacuation de la chaleur par un aérorefroidisseur sec..... | 38 |
| 6.6 | Évacuation de la chaleur par un aérorefroidisseur hybride | 39 |

7. Freecooling

| | | |
|-----|---|----|
| 7.1 | Freecooling (refroidissement sans production de froid)..... | 41 |
|-----|---|----|

8. Régulation et commande

| | | |
|-----|--|----|
| 8.1 | Régulation hiérarchiquement supérieure | 42 |
| 8.2 | Appareils supplémentaires..... | 42 |

9. Divers

| | | |
|-----|--------------------------------|----|
| 9.1 | Outillage et matériel..... | 43 |
| 9.2 | Maintenance et entretien | 43 |

LISTE DES DÉFAUTS POSSIBLES ET DES MESURES

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|---|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| 1. UTILISATION DU FROID SUR LES INSTALLATIONS À ÉVAPORATION DIRECTE | | | | | |
| 1.1 Chambres froides et locaux de surgélation | | | | | |
| Portes non étanches | | | | | |
| → Étanchéifier les portes | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Ouvertures des portes trop importantes pour l'utilisation | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Absence de quai isolant pour camions | | | | | |
| → Construire quai isolant pour camions (investissement) | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| On entrepose des produits chauds | | | | | |
| → Laisser refroidir les produits avant réfrigération, si possible à température ambiante. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Chambre froide mal utilisée | | | | | |
| → Prescrire et respecter les limites d'empilement pour que l'air froid puisse circuler. Remplissage correct de la chambre froide (ne pas empiler les produits trop près et trop haut) choisir la position et l'orientation du refroidisseur d'air ou évaporateur de manière à exploiter l'effet Coanda. ■ Mettre des marquages tels que l'air puisse circuler correctement. ■ Ne pas obstruer l'aspiration ou la pulsion d'air froid avec des produits. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Apport de chaleur involontaire | | | | | |
| → Eteindre l'éclairage en conséquence (monter détecteurs de mouvements) ■ Observer les consignes, en particulier les exigences posées à l'éclairage de secours. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Remplacer l'ampoule existante par une plus efficace (p. ex. LED) | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|--|----------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| Chambres froides inutilisées | | | | | |
| → Débrancher les chambres froides non utilisées | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Locaux de surgélation inutilisés (construction massive) | | | | | |
| → Relever à -5°C la température des locaux de surgélation en construction massive non utilisés. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | Chambres froides et locaux de congélation: 7 astuces pour économiser l'énergie |
| <ul style="list-style-type: none"> ❗ En cas d'arrêt complet des locaux de surgélation (construction massive), existe le risque que de l'eau gelée fonde dans l'enveloppe, s'accumule par dessous, gèle à nouveau lors de la remise en service et dilate le sol. ❗ Les cellules de surgélation (local dans un autre local) peuvent en revanche être entièrement arrêtées. | | | | | |
| Portes ouvertes | | | | | |
| → Information et formation du personnel | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | Chambres froides et locaux de congélation: 7 astuces pour économiser l'énergie |
| <ul style="list-style-type: none"> ❗ Parfois il arrive que les portes restent ouvertes par le personnel, de peur d'être enfermé dans la chambre froide ou de congélation. | | | | | |
| → Monter des gaines de guidage d'air, des rideaux d'air, des rideaux à lamelles ou des portes battantes | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <ul style="list-style-type: none"> ❗ L'exploitation avec des gaines de guidage d'air ou du rideau d'air a également besoin d'énergie. La chaleur nécessaire (air) peut provenir éventuellement de l'utilisation de la chaleur rejetée. Les rideaux à air sont souvent moins chers (parce qu'ils ne nécessitent pas de gaines d'air et que le montage est plus simple) Ils sont également plus confortables. | | | | | |
| → Ajouter une alarme qui se déclenche après un temps d'ouverture défini. | | | | | |
| → Monter un bouton-poussoir qui éteint automatiquement la ventilation quand on ouvre la porte et la remet en marche avec une temporisation quand on la referme. | ●●●● ●●●● | ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ | |
| Le local est refroidi trop fortement | | | | | |
| → Examiner la température de refroidissement que requièrent les produits et adapter la température au besoin effectif. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | Chambres froides et locaux de congélation: 7 astuces pour économiser l'énergie |
| <ul style="list-style-type: none"> ❗ En cas de changement d'utilisation, on conserve souvent la valeur initiale (plus basse) sans l'adapter au nouveau besoin. ❗ Déterminer les valeurs limites pour que l'exploitant ne puisse pas régler la température plus bas. | | | | | |
| → Vérifier la position du capteur de température ambiante et utiliser plusieurs capteurs dans les grands locaux. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|---|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| Agencement défavorable du local | | | | | |
| → Chambre froide à côté d'un local chaud (de chauffage): déplacer la chambre froide lors des travaux de rénovation (investissement) | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Chambres froides disséminées dans le bâtiment: placer les chambres froides les unes à côté des autres lors de la rénovation (investissement) | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Équiper les locaux de surgélation de sas, portillons réfrigérés. Ou installer après coup des unités à des unités à guidage d'air ou un rideau à air (investissement). | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Mauvaise isolation de la chambre froide | | | | | |
| → Isoler le local/bâtiment (investissement) ❗ La présence ponctuelle de moisissures peut être indicatrice de ponts thermiques. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Moisissures dans la chambre froide | | | | | |
| Sur le plan de l'hygiène, la présence de moisissures pose problème. Si l'installation frigorifique est dimensionnée trop grande, les durées de marche seront courtes. Une installation bien conçue fonctionne entre 12 et 18 heures par jour. Installer un compteur d'heures de service et vérifier la durée de fonctionnement de l'installation frigorifique. | | | | | |
| → Vérifier si la ventilation couvre tout le local ou s'il y a des zones «mortes». Déplacer les rayonnages si nécessaire. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Un consommateur est nettement moins efficace que tous les autres | | | | | |
| → Éliminer, remplacer ou optimiser le consommateur le moins efficace, nécessitant la température d'évaporation la plus basse. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Mauvais emplacement du thermostat | | | | | |
| → Placer le thermostat de sorte que ses mesures soient efficaces (pas au niveau du soufflage ou juste près de la porte). Vérifier aussi si la température paramétrée correspond à la température ambiante. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|-------------------|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |

1.2 Appareils de réfrigération et de surgélation (meubles, vitrines, banques, rayonnages)

Appareils prêts à brancher: condenseur encrassé

→ Nettoyer le condenseur (enlever poussières et salissures)

●●●●

■ ■ ■

■ ■ ■

Guide Optimisation des installations frigorifiques, pages 3 à 5

Portes non étanches

→ Étanchéifier les portes

●●●●

■ ■ ■

■ ■ ■

→ Réparer le mécanisme de fermeture

●●●●

■ ■ ■

■ ■ ■

Portes souvent ouvertes

→ Information et formation du personnel

●●●●

■ ■ ■

■ ■ ■

Mobilier de réfrigération et de surgélation: 7 astuces pour économiser l'énergie

→ Ajouter une alarme qui envoie un signal après une durée d'ouverture définie.

●●●●

■ ■ ■

■ ■ ■

Mesure

■ sonore possible, mais souvent compliquée et sujette à des erreurs dans la pratique.

Entreposage de produits chauds

→ N'entreposer que des produits refroidis dans le mobilier de réfrigération.

●●●●

■ ■ ■

■ ■ ■

■ Les appareils de réfrigération n'ont pas pour but de refroidir, mais de maintenir la température.

■ Livraison des produits dans des caissons réfrigérés ou isolés mais non dans des containers grillagés.

→ Les produits qui n'ont pas besoin d'être refroidis n'ont rien à faire dans un appareil de réfrigération

●●●●

■ ■ ■

■ ■ ■

Mobilier de réfrigération et de surgélation: 7 astuces pour économiser l'énergie

■ De nombreux produits, comme divers produits à base de viande séchée, qui ont été emballés dans une atmosphère protectrice, n'ont pas besoin d'être refroidis en magasin. Les fabricants inscrivent la température de stockage requise sur les produits.

Chargement incorrect des appareils (empilement des produits trop juste et trop élevé)

→ Prescrire et respecter les limites d'empilement pour que l'air froid puisse circuler.

●●●●

■ ■ ■

■ ■ ■

Mobilier de réfrigération et de surgélation: 7 astuces pour économiser l'énergie

■ Mettre des marquages pour que les employés identifient facilement l'endroit où les ranger.

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|--|----------------------|------------------------|----------|--|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| <p>Formation de neige, fonctionnement de l'appareil en continu ou température non atteinte</p> <p>→ Apport de chaleur involontaire 1: régler les volets du système d'aération (installations techniques) de sorte qu'il n'y ait aucun souffle d'air (chaud) dans l'appareil frigorifique. Contrôle avec test de fumigène.</p> <p>❗ Dans bien des cas, les bouches d'air sont correctement réglées lors du contrôle final de l'installation frigorifique. Mais au bout d'un à 2 ans, lors d'un nouveau contrôle, elles sont modifiées en défaveur de l'installation et de l'air (chaud) souffle directement dans les appareils de réfrigération et surgélation. De nombreux exploitants ne comprennent pas les conséquences.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | | |
| <p>→ Apport de chaleur involontaire 2: air des «banques de réfrigération» évacué dans d'autres secteurs réfrigérés.</p> <p>Installer l'appareil (mobile) de réfrigération (ex. pour des promotions) de sorte qu'il n'y ait aucun souffle d'air chaud dans les appareils frigorifiques.</p> <p>❗ Signaler le sens de soufflage de l'air chaud par une flèche bien visible, afin que le client puisse y faire attention lors des mises en place saisonnières.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | Mobilier de réfrigération et de surgélation: 7 astuces pour économiser l'énergie | |
| <p>→ Apport de chaleur involontaire 3: réchauffement dû à la lumière. Éviter d'éclairer localement l'appareil frigorifique ou remplacer les ampoules halogènes par des LED.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | | |
| <p>Appareils de réfrigération mal remplis</p> <p>→ Arrêter les appareils frigorifiques non utilisés</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | | |
| <p>Le rideau d'air des rayonnages frigorifiques est perturbé</p> <p>→ Grâce aux portes à fermeture rapide sur le bâtiment, éviter la ventilation transversale dans le magasin, car les courants d'air perturbent les rideaux d'air des rayonnages et y amènent de l'air chaud.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | | |
| <p>L'appareil reste «ouvert» durant les heures de fermeture</p> <p>→ Couvrir les appareils la nuit</p> <p>❗ Pour les couvercles qui doivent être fermés par les employés, cela peut entraîner des problèmes d'acceptation (temps insuffisant pour couvrir le mobilier).</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | Mobilier de réfrigération et de surgélation: 7 astuces pour économiser l'énergie | |
| <p>→ Couvrir les appareils les week-ends et jours fériés</p> <p>❗ Toujours fermer les appareils en dehors des heures d'ouverture et adapter (augmenter) les valeurs théoriques de la production de froid à la charge (fortement) réduite.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | | |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|---|----------------------|------------------------|----------|---------|--|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| → Si possible stocker les produits des rayons (ex. produits frais) dans la chambre froide durant les heures de fermeture et éteindre les vitrines. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | | |
| → Installer une banque de congélation équipée d'un couvercle <i>■</i> Les couvercles coulissants en verre devraient vraiment être la norme aujourd'hui. Les couvercles réduisent aussi le nombre de dégivrages et économisent donc aussi de l'énergie. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | | |
| → Installer une banque de réfrigération équipée d'un couvercle | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | | Équiper les vitrines réfrigérées positives de portes vitrées |
| → Installer des vitrines réfrigérées équipées de rideaux ou de portes <i>■</i> Les vitrines réfrigérées munies de portes en verre isolant réduisent de jusqu'à 45% le besoin en froid. Le dimensionnement de l'installation peut ainsi être plus petit, si la température d'évaporation peut aussi être augmentée. C'est relativement simple à mettre en place en prévoyant une 2 ^e valeur théorique pour la nuit et en l'associant à l'éclairage de la pièce. Dans ce cas, la vitrine passe sur la deuxième valeur dès que l'on éteint la lumière le soir. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | | Équiper les vitrines réfrigérées positives de portes vitrées |
| Le niveau de température de réfrigération de l'appareil est trop fort | | | | | |
| → Examiner la température de refroidissement que requièrent les produits et adapter la température au besoin effectif. En cas de changement d'utilisation, on conserve souvent la valeur initiale (plus basse) et on consomme de l'énergie inutilement. <i>■</i> On peut se procurer les tableaux relatifs aux températures de refroidissement chez les fournisseurs. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | | Mobilier de réfrigération et de surgélation: 7 astuces pour économiser l'énergie |
| → Vérifier la position du capteur de température dans l'appareil. Le capteur a-t-il été installé à l'endroit indiqué dans les documents du fournisseur et le capteur enregistre-t-il la température correctement? | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | | Mobilier de réfrigération et de surgélation: 7 astuces pour économiser l'énergie |
| L'appareil prêt à brancher est mal isolé | | | | | |
| → Remplacer l'appareil | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | | |

1.3 Installations avec un évaporateur à lamelles ventilé à fonctionnement sec

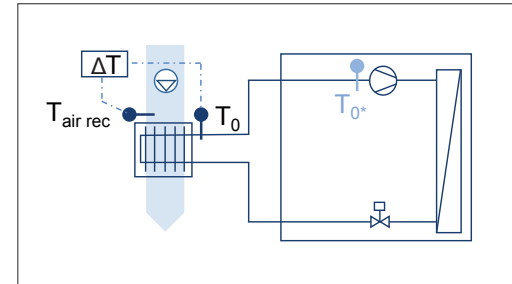
Différence de température du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 13

$$\Delta T = T_{\text{air rec}} - T_0$$

$T_{\text{air rec}}$ = Température de l'air recyclé à l'entrée de l'évaporateur

T_0 = Température d'évaporation du fluide frigorigène directement à la sortie de l'évaporateur

T_{0^*} Si la température d'évaporation est mesurée à l'entrée du compresseur (T_{0^*}), ΔT peut être supérieur de 1 à 2 K.



Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

Valeur indicative ΔT pour les installations neuves à pleine charge avec DTS (détendeur thermostatique) très bien = ΔT inférieur à 8 K
 avec DE (détendeur électronique) très bien = ΔT inférieur à 5 K

Important: il ne faut pas confondre la différence de température avec la température de surchauffe réglée sur place ($\Delta T_{\text{surchauffe}}$).

Sur les installations avec un détendeur thermostatique DTS, le transfert de chaleur est déficient et optimisable

Consulter la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

- Nettoyer l'évaporateur
- Régler correctement la surchauffe en ajustant le «signal minimal stable» (SMS) de la surchauffe.
 ⓘ Souvent, les DTS ne sont pas bien réglés parce que cela prend du temps.
- Contrôler le dimensionnement du DTS et en monter un nouveau s'il n'est pas correct.
- Vérifier la position du bulbe et s'il est au mauvais endroit le positionner correctement.
- Vérifier si les conditions de service (alimentation, etc.) ont changé et régler la surchauffe en fonction du besoin actuel.

| | | | | |
|--|------|---------|---------|---------|
| | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|---|----------------------|------------------------|----------|---------|---|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| <p>Sur les installations avec un détendeur thermostatique DTS, le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial</p> <p>L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température théorique soit nettement supérieure à 10 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).</p> <p>→ Vérifier si remplacer l'évaporateur est rentable (investissement).</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Sur les installations avec un détendeur électronique DE, le transfert de chaleur est déficient, mais optimisable</p> <p>Consulter la valeur théorique de la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:</p> <p>→ Nettoyer l'évaporateur</p> <p>→ Régler correctement la surchauffe. Comparer les valeurs du transmetteur de pression et du capteur de gaz aspiré à celles du manomètre et calibrer. L'expérience montre que les transmetteurs de pression sont souvent exploités sans aucun contrôle des valeurs.</p> <p>→ Vérifier la position du capteur et s'il mesure au mauvais endroit, le positionner correctement.</p> <p>→ Erreur (de valeur mesurée) sur le convertisseur de mesure de pression: vérifier le convertisseur de mesure de pression</p> <p>■ Vérifier le transmetteur de pression une fois par an et le calibrer.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Sur les installations avec un détendeur électronique DE, le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial</p> <p>L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température théorique soit nettement supérieure à 7 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).</p> <p>→ Vérifier si remplacer l'évaporateur est rentable (investissement).</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15 |

1.4 Installations avec un évaporateur à lamelles ventilé à fonctionnement par immersion

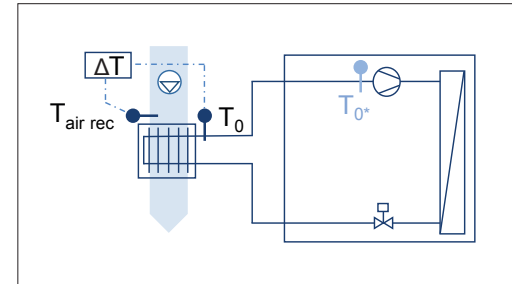
Différences de température du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 14

$$\Delta T = T_{\text{air rec}} - T_0$$

$T_{\text{air rec}}$ = Température de l'air recyclé à l'entrée de l'évaporateur

T_0 = Température d'évaporation du fluide frigorigène directement à la sortie de l'évaporateur

T_{0^*} Si la température d'évaporation est mesurée à l'entrée du compresseur (T_{0^*}), ΔT peut être supérieur de 1 à 2 K.



Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

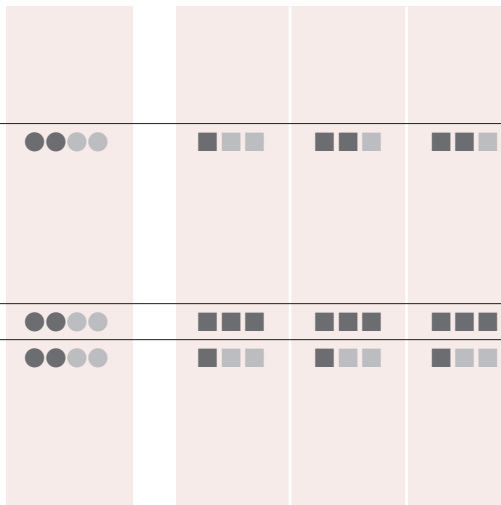
| | | |
|---|------------|-----------------------------|
| Valeurs indicatives pour installations neuves à pleine charge | très bien | ΔT inférieur à 3 K |
| | acceptable | ΔT entre 3 K et 8 K |
| | mauvais | ΔT supérieur à 8 K |

Important: il ne faut pas confondre la différence de température avec la température de surchauffe réglée sur place (ΔT surchauffe).

Le transfert de chaleur est déficient et optimisable

Consulter la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

→ Nettoyer l'évaporateur



Le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial

L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température théorique soit nettement supérieure à 3 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).

→ Vérifier si remplacer l'évaporateur est rentable (investissement).

→ Vérifier si les conditions de service (alimentation, etc.) ont changé et régler la surchauffe en fonction du besoin actuel.

Défaut – Problème

Potentiel
d'économie

Coût de la réparation?

< 15 kW

15–80 kW

> 80 kW

Remarque

1.5 Refroidissement de procédé

Des produits chauds sont stockés

→ Refroidir les produits à température ambiante avant leur réfrigération

- ❗ Réfléchir aux procédés et prévoir un refroidissement par paliers. Cette réalisation est relativement chère sur les petites unités. Sur les grandes installations, cette solution peut être économiquement rentable.
- ❗ Les aliments qui doivent être réfrigérés au plus vite représentent une exception car il faut dans ce cas respecter des prescriptions d'hygiène.



Température ambiante trop basse pour l'exploitation

→ Clarifier les besoins



Un consommateur est nettement moins efficace que tous les autres

→ Éliminer, remplacer ou optimiser le consommateur le moins efficace avec la température d'évaporation ou d'eau glacée la plus basse.



2. UTILISATION DU FROID SUR LES INSTALLATIONS À FRIGOPORTEUR

2.1 Refroidisseur à air avec un échangeur à lamelles

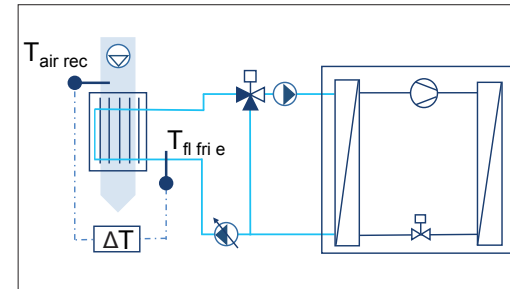
Différences de température du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 15

$$\Delta T = T_{\text{air rec}} - T_{\text{fl fri e}}$$

$T_{\text{air rec}}$ = Température de l'air à l'entrée du refroidisseur

$T_{\text{fl fri e}}$ = Température du frigoporteur à l'entrée du refroidisseur à air

| | | |
|--|------------|------------------------------|
| Valeurs indicatives ΔT pour installations neuves à pleine charge | très bien | ΔT inférieur à 7 K |
| | acceptable | ΔT entre 7 K et 10 K |
| | mauvais | ΔT supérieur à 10 K |



Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

Le transfert de chaleur est déficient et optimisable

Consulter la valeur théorique de la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

→ Nettoyer le refroidisseur

Le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial

L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température théorique soit nettement supérieure à 7 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).

→ Vérifier si remplacer le refroidisseur est rentable (investissement).

Le ventilateur est en mauvais état

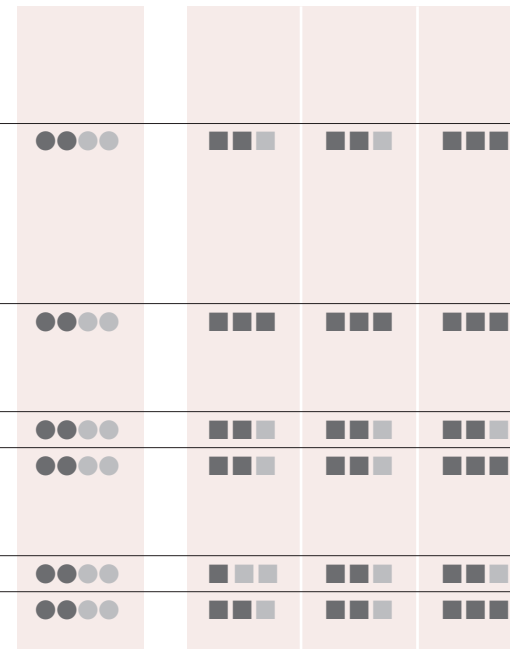
→ Nettoyer les pales, lubrifier

→ Palier (moteur, rotor) éraflé: remplacer le ventilateur

Alimentation d'air par une gaine textile: refroidisseur à air givré

→ Nettoyer (laver) la gaine textile

→ Remplacer le ventilateur par un modèle plus puissant.



Défaut – Problème

Potentiel d'économie

Coût de la réparation?
 < 15 kW 15–80 kW > 80 kW

Remarque

Baisses de température dans le local (formation de moisissures dans la chambre froide)

- Le refroidisseur à air est mal placé dans le local, ce qui provoque un brassage d'air non homogène: monter un refroidisseur supplémentaire.
- L'air n'est pas assez déshumidifié
- Puissance de refroidissement trop juste: monter un refroidisseur supplémentaire

| | | | |
|------|---------|---------|---------|
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

2.2 Installations avec refroidisseur de liquide et échangeur thermique à plaques

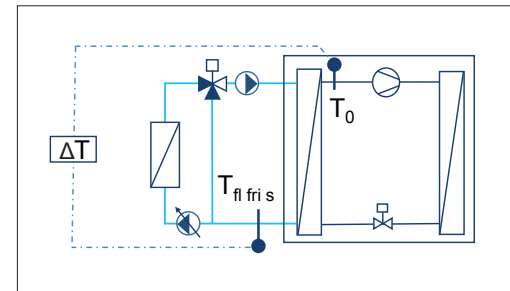
Différences de température du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 16

$$\Delta T = T_{fl\ fri s} - T_0$$

$T_{fl\ fri s}$ = Température du frigoporteur à la sortie de l'évaporateur

T_0 = Température d'évaporation du fluide frigorigène à la sortie de l'évaporateur

| | | |
|--|------------|-----------------------------|
| Valeurs indicatives ΔT pour les installations neuves à pleine charge | très bien | ΔT inférieur à 2 K |
| | acceptable | ΔT entre 2 K et 6 K |
| | mauvais | ΔT supérieur à 6 K |



Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

Le transfert de chaleur est déficient et optimisable

Consulter la valeur théorique de la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

- Nettoyer le refroidisseur
 - Modèles vissés: ouvrir et effectuer un nettoyage mécanique

Le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial

L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température théorique soit nettement supérieure à 2 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).

- Vérifier si remplacer le refroidisseur est rentable (investissement).

| | | | |
|------|---------|---------|---------|
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

2.3 Installations avec refroidisseur de liquide et échangeur thermique à tubes ondulés

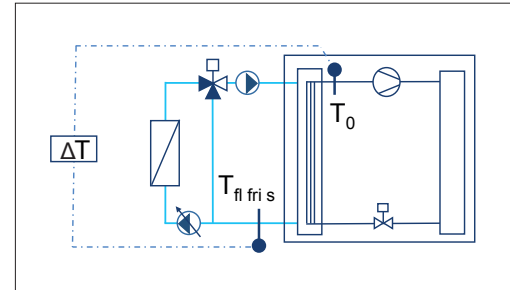
Différences de température du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 18

$$\Delta T = T_{fl\ fri\ s} - T_0$$

$T_{fl\ fri\ s}$ = Température du frigoporteur à la sortie de l'évaporateur

T_0 = Température d'évaporation du fluide frigorigène à la sortie de l'évaporateur

| | | |
|--|------------|-----------------------------|
| Valeurs indicatives ΔT pour les installations neuves à pleine charge | très bien | ΔT inférieur à 3 K |
| | acceptable | ΔT entre 3 K et 5 K |
| | mauvais | ΔT supérieur à 5 K |



Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

Le transfert de chaleur est déficient et optimisable

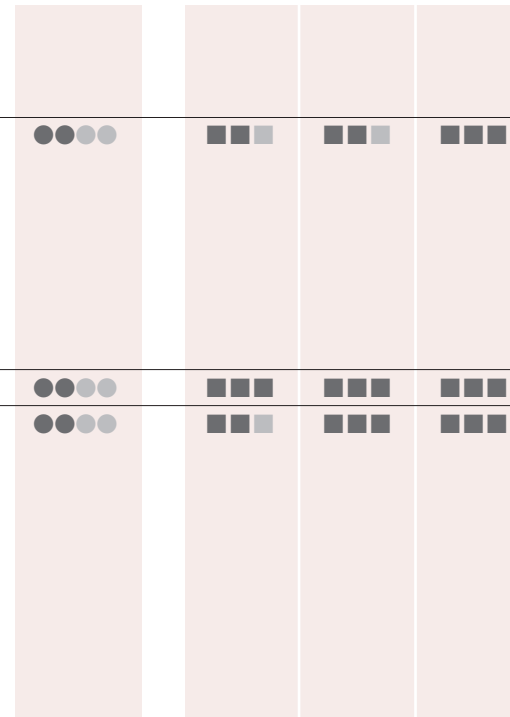
Consulter la différence de température (consigne ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

- Nettoyer le refroidisseur
 - Modèles vissés: ouvrir et effectuer un nettoyage mécanique
 - Modèles soudés: effectuer un nettoyage chimique

Le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial

L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température (consigne) soit nettement supérieure à 3 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).

- Vérifier si remplacer l'évaporateur est rentable (investissement).
- Étudier remplacement par un échangeur à plaques.



| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|---|----------------------|------------------------|----------|---------|--|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| 2.4 Froid de climatisation | | | | | |
| Consommateurs inutiles en service | | | | | |
| → Vérifier les besoins, arrêter les consommateurs inutiles | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| Air trop sec dans le local | | | | | |
| → L'air est trop fortement déshumidifié. Vérifier les valeurs théoriques de l'eau glacée ■ Suivre les valeurs de référence SIA pour la ventilation confort | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | Voir aussi version courte de la norme SIA 382-1 de SuisseÉnergie |
| L'installation est exploitée sans être adaptée au besoin réel | | | | | |
| → Contrôler le besoin en cas de températures extérieures inférieures, régler à nouveau la limite de refroidissement. | ●●●● ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Changement des valeurs théoriques, c'est-à-dire changement correspondant à différents modes d'exploitation (hiver/été). | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Réduire le froid nécessaire à la climatisation au moyen du refroidissement adiabatique (laveur d'air), c'est-à-dire aligner la valeur théorique d'hygrométrie sur la température extérieure. | | | | | |
| L'installation frigorifique fonctionne en dehors des horaires d'ouverture (fonctionnement inutile) | | | | | |
| → Adapter les horaires d'exploitation de l'installation frigorifique au besoin du consommateur de froid (régler correctement l'horloge de commutation sur jour/nuit; semaine/fin de semaine, dissocier jours fériés). | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| Un consommateur est nettement moins efficace que tous les autres. | | | | | |
| Identifier le consommateur le moins efficace avec la température d'évaporation la plus basse et vérifier pourquoi sa température d'évaporation est si basse et si elle peut être augmentée. | | | | | |
| → Optimiser le consommateur de manière à pouvoir augmenter la température. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Si ce n'est pas possible, vérifier la possibilité de le remplacer (investissement). | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|--|----------------------|------------------------|----------|---------|--|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| Mauvais fonctionnement de la commande / de la régulation | | | | | |
| → Vérifier les consignes de fonctionnement. Adapter éventuellement au besoin effectif. Configurer la régulation de manière à empêcher, pendant le temps de transition, que le chauffage et la réfrigération fonctionnent en même temps. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Contrôler le fonctionnement de la commande «libération installation frigorifique». Si la libération s'effectue à un niveau de température extérieure trop bas, adapter l'enclenchement à une température plus élevée. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Vérifier le fonctionnement de l'accumulateur et du fonctionnement hydraulique – coordination avec le chauffage et la ventilation | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Examiner le comportement dynamique de la régulation i A chaque intervention lié à un problème de température, le technicien avait au préalable inutilement modifié des réglages et déséquilibré le système. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Limiter les flux massiques | | | | | |
| → Mesurer l'écart de température sur le consommateur, augmenter si possible, à savoir > 6 K i Souvent en contradiction avec un mauvais échange thermique. Faire attention à la formation de condensation sur les plafonds réfrigérants (ex: de l'air extérieur chaud rentre dans le local). | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Exploiter les consommateurs avec un flux massique variable et ainsi réduire les quantités d'eau. i Souvent en contradiction avec un mauvais échange thermique. Faire attention à la formation de condensation sur les plafonds réfrigérants. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Examiner les «mélanges», relever éventuellement la température d'évaporation (rendement, coefficient de performance) i Vérifier la possibilité d'installer une installation séparée pour les applications nécessitant une température inférieure | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Vérifier le rendement et/ou le coefficient de performance i voir aussi SIA 382-1 | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | Voir aussi version courte de la norme SIA 382-1 de SuisseÉnergie |
| Chauffage et refroidissement simultanés | | | | | |
| → Bien régler le système de gestion technique du bâtiment. Si celui-ci est inexistant, s'assurer au moyen d'un verrouillage réciproque que le chauffage et le refroidissement ne puissent pas fonctionner en même temps dans le bâtiment. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|--|----------------------|------------------------|----------|---------|--|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| 2.5 Accumulateur de froid | | | | | |
| Changement rapide de charge | | | | | |
| → Vérifier la commande de l'accumulateur et bien la régler | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Abaisser la puissance de réfrigération du compresseur avec un convertisseur de fréquence pour réduire les cycles de commutation au minimum | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Une mise en marche et un arrêt fréquents du compresseur peuvent être un signe d'un accumulateur de froid dimensionné trop petit. Si possible, installer un accumulateur plus grand. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| La pompe de charge du ballon (pompe à eau froide) fait circuler trop d'eau | | | | | |
| → Vérifier les réglages et régler la pompe correctement. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| La pompe de la production de froid fonctionne sans interruption | | | | | |
| → Vérifier les réglages et régler la pompe correctement. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| Problèmes de stratification dans l'accumulateur de froid | | | | | |
| → Il n'y a pas eu d'équilibrage hydraulique. Procéder à l'équilibrage hydraulique. Vérifier les réglages de la pompe de frigoporteur. ❗ Règle de base: le débit volumique de la production de froid doit être env. 5% supérieur à celui des consommateurs. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | Voir aussi le manuel technique «Fondamentaux d'Hydraulique Pratique» |
| → Le dimensionnement de l'accumulateur de froid est peut-être trop petit. Si possible, installer un accumulateur plus grand. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Sur les accumulateurs fabriqués spécialement pour un objet, une construction déficiente peut causer des problèmes de stratification. Remplacer l'accumulateur. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Une vitesse trop basse de l'eau dans l'accumulateur empêche une stratification active. Éliminer les éventuels obstacles comme les plaques de plaques de heurts de répartition et augmenter le débit. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Une vitesse d'entrée trop élevée de l'eau dans l'accumulateur (plus de 0,3 m/s) provoque des turbulences et casse la stratification. Réduire la vitesse de l'eau ou augmenter la section de la conduite d'alimentation. ❗ Les vitesses d'écoulement sont souvent difficiles à déterminer (calcul éventuellement avec la quantité d'eau et la section de la conduite). | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| Températures d'évaporation trop basses dans le bac à glace | | | | | |
| → Vérifiez si l'échangeur thermique est encrassé et le nettoyer le cas échéant. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | Nous ne parlerons pas plus en détails des différents types de bacs à glace (DX/KTS, plaques, tubes, etc.). |

2.6 Réseau du frigoporteur

Manque d'isolation des conduits

→ Au besoin, isoler les conduits, réservoirs et robinets



Formation de condensation sur l'isolation

→ En cas d'isolation insuffisante, accroître l'épaisseur d'isolation et/ou poser une nouvelle isolation.
Vérifier que la circulation d'air autour des conduites est suffisante



La chute de pression du réseau de distribution est supérieure à 0,8 bar

→ Vérifier l'encrassement



Voir DIN 2440, Recknagel Taschenbuch für Heizung und Klima et VDMA 24247

La chute de pression dans la tuyauterie est supérieure à 1,5 mbar/m (150 Pa/m)

→ Vérifier l'encrassement, changer le frigoporteur.



→ Vérifier la perte de pression dans la tuyauterie et changer éventuellement.



→ L'élimination de composants (consommateurs, points de refroidissement) augmente la vitesse de l'eau et entraîne une perte de pression supérieure dans le système lorsque les consommateurs sont installés en série ou selon le système Tiechelman.



Rendement des pompes > 1% de la puissance de condensation à pleine charge

Les pompes devraient généralement se distinguer par une efficacité élevée (IE3).

→ Vérifier le dimensionnement, sélectionner évent. un niveau moins élevé.



→ Ajuster la commande des pompes, éventuellement monter un convertisseur de fréquence.



Le frigoporteur s'est modifié chimiquement (concentration inhibitrice)

→ Changer le frigoporteur ou ajouter des inhibiteurs.



Le frigoporteur avec inhibiteur

→ Mesurer la concentration de l'inhibiteur et rétablir la bonne concentration au besoin.



■ Les inhibiteurs doivent clairement figurer sur la commande du frigoporteur (ne pas seulement indiquer le taux de glycol).

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|--|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| <p>Taux de glycol trop élevé</p> <p>→ Vérifier le taux de glycol</p> <p>❗ Si le taux de glycol est trop élevé, la capacité thermique du frigoporteur baisse et la viscosité augmente.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Écart de la température du frigoporteur inférieur à 4 K</p> <p>Un écart trop faible conduit à un débit volumique supérieur et à une consommation d'énergie accrue des pompes de recirculation. Exemple: à un écart de 6 K, le débit volumique est égal à 100%. Si l'écart baisse à 3 K, il faut augmenter le débit volumique à 200%.</p> <p>→ Si des consommateurs ont été ajoutés ou supprimés, il faut vérifier la puissance de la machine frigorifique et le débit des pompes et éventuellement les ajuster (installer un CF ou remplacer la pompe éventuellement).</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Écart de la température du frigoporteur supérieur à 8 K</p> <p>Un écart trop important génère une température d'évaporation éventuellement plus basse et un besoin d'énergie accru.</p> <p>→ S'il y a des consommateurs qui sont venus s'ajouter, il faut rééquilibrer le système hydraulique et vérifier le débit volumétrique des pompes.</p> <p>→ Contrôler le refroidisseur d'air et la pompe, les remplacer</p> <p>→ Contrôler les débits volumiques variables.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Variations de température, machine en fonctionnement cadencé</p> <p>→ Utilisation d'entraînements et vannes trop lents? Remplacer par des modèles rapides.</p> <p>→ Avec un CF, brider ou réguler les pompes mal choisies ou surdimensionnées.</p> <p>→ Vérifier le fonctionnement de la déconnection hydraulique. Si elle est trop grande ou trop petite modifier la bouteille casse pression pour que la machine ne fonctionne pas en cadence.</p> <p>→ L'installation frigorifique est-elle surdimensionnée? Réduire la puissance du compresseur avec un convertisseur de fréquence (CF).</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Erreur de construction</p> <p>→ Vérifier le bon fonctionnement des commutations hydrauliques et corriger au besoin.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|---|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| Robinets / armatures et composants sont surdimensionnés | | | | | |
| → Contrôler le dimensionnement par rapport à l'exploitation effective, adapter au besoin et/ou remplacer par la bonne taille. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Vérifier puissance pompe et/ou optimiser. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Distribution mal dimensionnée | | | | | |
| → Contrôler réseau de distribution et adapter puissance des pompes au besoin, remplacer évent. par pompes à vitesse variable. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Procéder à l'équilibrage hydraulique du système | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Perte de pression trop forte au niveau des vannes | | | | | |
| → Dimensionner correctement la vanne i Autorité de vanne élevée nécessaire pour une régulation précise. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |

3. DÉGIVRAGE

3.1 Dégivrage

L'évaporateur dégivre plus de 2 fois par jour (lamelles givrées en permanence)

→ Optimiser le dégivrage, éventuellement avec un dégivrage à la demande (nouveau régulateur de réfrigération, utiliser une commande de dégivrage intelligente).



Guide Optimisation des installations frigorifiques, pages 8 / 9

→ Placer correctement la sonde



→ Écart entre ailettes trop faible, l'échangeur thermique doit être changé.



La consommation énergétique du dégivrage est trop élevée

→ Volets manquants: équiper l'évaporateur de gaines textiles (shut-up) qui ferment l'évaporateur dès que le ventilateur n'est plus en service.



→ Équiper l'évaporateur (côté aspiration) d'un arceau (capot) qui retient la chaleur pendant l'opération de dégivrage (réduit aussi la formation de glace).



→ Les volets ne ferment pas de manière étanche pendant le dégivrage: réparer les volets (principalement dans les projets industriels).



Temps de dégivrage mal réglés (pas à la demande)

→ Régler correctement le temps de dégivrage



Le chauffage d'écoulement fonctionne en permanence

→ Monter une commande qui n'active le chauffage qu'à la demande.
Ou utiliser un cordon chauffant autorégulateur.



Guide Optimisation des installations frigorifiques, pages 8 / 9

→ Faire fonctionner le chauffage d'écoulement parallèlement au chauffage du dégivrage ou éteindre le chauffage d'écoulement avec une temporisation



→ Les chauffages des bacs ne sont évent. pas toujours nécessaires (ex. pour des chambres froides à 0° C).



| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|--|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| <p>Pas d'isolation des écoulements chauffés</p> <p>→ Isoler les conduites d'écoulements chauffés. Limiter les distances au plus court.</p> | ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Épaisseur moyenne du givre est supérieure à 0,5mm</p> <p>→ Installer un système de dégivrage à la demande</p> | ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>L'installation n'est pas équipée d'un système de dégivrage à la demande et la température superficielle moyenne des lamelles est inférieure à 0°C.</p> <p>→ Installer ou contrôler le système de dégivrage à la demande.</p> | ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |

4. CIRCUIT DE FLUIDE FRIGORIGÈNE

4.1 Compresseur

Plaque à clapets usée

- Changer la plaque à clapets. Les clapets non étanche réduisent l'efficacité énergétique.
 ▮ Par expérience, il faut remplacer le siège de soupape tous les 3 ans dans le domaine de la surgélation.

| | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

La résistance carter est en service permanent

- Adapter la commande pour que le chauffage du carter ne fonctionne qu'à la demande.

Ventilateur auxiliaire, servant à refroidir le compresseur, fonctionne en permanence

- Commander le ventilateur auxiliaire de sorte qu'il fonctionne uniquement pendant que le compresseur est en marche.

4.2 Détendeur

Le mode de fonctionnement de l'installation est instable

- Le détendeur ou la buse est trop grand(e): remplacer par un détendeur/buse de taille correcte.
 → La formation de flash gaz (prédétente) produit aussi cet effet, à savoir: vérifier sous-refroidissement (déshydrateur-filtre, teneur en fluide frigorigène, etc.).
 → Régler correctement DE (détendeur électronique) et contrôler régulièrement.

| | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ● ● ● ● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 14

- Vérifier la position du capteur et s'il mesure au mauvais endroit, le positionner correctement.

Détendeurs thermostatiques (DTS): signal minimal stable (SMS) de la surchauffe trop élevé

Avec un SMS trop élevé, l'évaporateur n'est pas exploité idéalement, ce qui conduit à des durées de marche supérieures de la production de froid ou à la non-atteinte de la température souhaitée.

- Vérifier si le dimensionnement du détendeur ou de la buse est trop petit et éventuellement installer un détendeur ou une buse bien dimensionné(e).

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|---|----------------------|------------------------|----------|---------|--|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| Détendeurs encrassés et mal réglés → Démontez, nettoyez, montez et bien réglez correctement les détendeurs | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Température d'évaporation trop basse suivant manomètre → Remplacer le détendeur existant par un modèle électronique (DE). | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | Guide Optimisation des installations frigorifiques, pages 8 / 9 |
| → Circulation de l'air entravée – nettoyez, empiler correctement les produits. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Températures de surchauffe mal réglées → Le détendeur installé ne convient pas au fluide frigorigène utilisé. – Remplacer le détendeur existant par un modèle électronique (DE) – Vérifier le fluide frigorigène (le fluide frigorigène utilisé dans l'installation est-il le bon?) | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Flotteur haute pression non entretenu → Les flotteurs haute pression doivent être révisés régulièrement dans le cadre de la maintenance. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | Installations frigorifiques bien entretenues: plus de fiabilité, moins de pannes |

4.3 Fluide frigorigène

| | | | | | |
|--|------|---------|---------|---------|--|
| Les paramètres d'exploitation ne sont pas respectés, car le fluide frigorigène utilisé est inadapté → Remplacer le fluide frigorigène | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Gaz étranger (air) dans le système → Purger le circuit de refroidissement <i>i</i> Le gaz étranger (air généralement) peut se former en cas d'erreur pendant le service ou sur des installations exploitées sous vide (ex. installations NH ₃). | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Mauvaise concentration de fluide frigorigène pour les mélanges HFC → Remplacer le fluide frigorigène (HFC) | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Fluide frigorigène inadéquat → Remplacer le fluide frigorigène | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|-------------------|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |

4.4 Conduits, robinets

Évaporateur (injection non homogène)

- Remplacer ou bien régler le détendeur.
- Contrôler l'isolation de l'évaporateur sur les échangeurs à plaques ou tubes ondulés.
- Démontez l'échangeur de chaleur interne (si possible).
 - L'efficacité de l'échangeur dépend du fluide frigorigène.

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ |

Le filtre d'aspiration (FA) n'a pas été démonté après la mise en route

- Démontez le filtre d'aspiration après mise en route (carter vide)

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ |
|------|-------|-------|-------|

L'installation n'est pas étanche (vannes magnétiques, filtres, vannes)

- Étanchéifier

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ |
|------|-------|-------|-------|

L'écart de température au niveau du déshydrateur indique une chute de pression trop forte

- Remplacer le déshydrateur.

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ |
|------|-------|-------|-------|

Bouteille liquide trop petite

- Monter une bouteille liquide supplémentaire ou remplacer par une plus grande.

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ |
|------|-------|-------|-------|

Fermeture partielle des vannes d'arrêt

- Vérifier si le passage est à 100% au niveau des vannes (ex. vanne d'aspiration)

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ |
|------|-------|-------|-------|

Fortes baisses de pression dans le système

- Réduire pertes de charge de pression (conduits, échangeurs thermiques, etc.)

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ |
|------|-------|-------|-------|

4.5 Commande du compresseur

Un gros compresseur alimente plusieurs petits consommateurs

(souvent: exploitation en charge partielle)

- Vérifier la régulation de la puissance au moyen d'un convertisseur de fréquence (CF), une régulation tête de cylindre ou une solution spécifique.
- Remplacer le grand compresseur par plusieurs petits qui peuvent être activés à la demande.

| | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? < 15 kW | Coût de la réparation? 15–80 kW | Coût de la réparation? > 80 kW | Remarque |
|--|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| → Vérifier la régulation de la puissance au moyen d'un convertisseur de fréquence (CF), une régulation tête de cylindre ou une solution spécifique. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Remplacer le grand compresseur par plusieurs petits qui peuvent être activés à la demande. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| Le compresseur enclenche et déclenche plus de 6 fois/heure (exploitation à horaire cadencé) | | | | | |
| → Monter un convertisseur de fréquence (CF), une régulation de la puissance par tête de cylindre ou une solution spécifique. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| → Contrôler fonctionnement et réglage du détendeur. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Remplacer le détendeur thermostatique (DTS) par un détendeur électronique (DE). | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Montage d'un limiteur de courant d'enclenchement | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier échelonnement du système de régulation de puissance, éventuellement bloquer les demandes de petites charges partielles. Laisser les petites charges en fonctionnalité parallèle. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| <ul style="list-style-type: none"> ❗ Choisir des stratégies en matière de régulation, qui synchronisent systématiquement la puissance du compresseur avec la puissance frigorifique demandée, pas simplement par le couplage incorrect de la pression d'aspiration ou de la température d'eau glacée. | | | | | |
| Régulation de la puissance par un bypass des gaz chauds | | | | | |
| Les bypass de gaz chaud régulent la puissance en «détruisant» l'énergie. | | | | | |
| → Régulation de la puissance par tête de cylindre | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Régulation de la puissance à l'aide d'un convertisseur de fréquence | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| L'installation n'est conçue que pour un fonctionnement sans panne | | | | | |
| (mais pas efficace en énergie) | | | | | |
| → Sensibiliser l'exploitant à l'efficacité énergétique de son installation frigorifique. Pour ses prescriptions, il doit exiger des fournisseurs (société de froid, fournisseurs des machines, techniciens de service) une exploitation efficace en énergie. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | Le contrôle annuel du froid. |
| → Renforcer la prise de conscience des techniciens SAV concernant l'exploitation efficace en énergie de l'installation frigorifique. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |

5. CHALEUR PERDUE GÉNÉRÉE SUR LES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES À CONDENSATION DIRECTE

5.1 Condensation directe avec un échangeur thermique à lamelles sec, refroidi à l'air

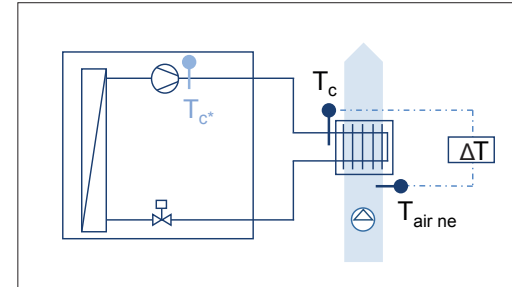
Différences de température du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 22

$$\Delta T = T_{\text{air ne}} - T_c$$

$T_{\text{air ne}}$ = Température de l'air à l'entrée du condenseur

T_c = Température de condensation du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur

Remarque: si on mesure la température de condensation à la sortie du condenseur (T_{c_s}) la différence de température ΔT peut être 1 à 2 K supérieure.



Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

| | | |
|--|------------|------------------------------|
| Valeurs indicatives ΔT pour installations neuves à pleine charge | très bien | ΔT inférieur à 6 K |
| | acceptable | ΔT entre 6 K et 11 K |
| | mauvais | ΔT supérieur à 11 K |

Le transfert de chaleur est déficient et optimisable

Consulter la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

| | | | | |
|--|------|---------|---------|---------|
| → Nettoyer | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| <i>i</i> Beaucoup d'interventions du service après-vente en été sont le signe d'un encrassement. | | | | |
| → Vérifier si le ventilateur est défectueux et le réparer/remplacer. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| → Vérifier l'emplacement du condenseur: fonctionne-t-il toujours contre le sens du vent? Est-il trop proche d'un mur du côté sud? | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| → Exploiter l'installation frigorifique avec des pressions de condensation variables (si faisable) | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| → Changer ventilateur(s) | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| <i>i</i> Observer le niveau sonore | | | | |
| → Vérifier la position du capteur ou sonde et s'il mesure au mauvais endroit, le positionner correctement. | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|---|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| <p>Le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température soit nettement supérieure à 8 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).</p> <p>→ Vérifier si remplacer le condenseur est rentable (investissement).</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Le sous-refroidissement ne fonctionne pas correctement</p> <p>→ Vérifier le sous-refroidissement du fluide frigorigène</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Il y a de l'air dans le condenseur Un problème dans les installations NH₃ surtout, qui fonctionnent en température négative ($t_0 < -33^{\circ}\text{C}$)</p> <p>→ Étudier le montage d'un purgeur (purge automatique)</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Des pannes haute pression surviennent régulièrement parce que la température de condensation est trop élevée</p> <p>→ Contrôler la régulation, configurer les paramètres, mettre le logiciel à jour ■ Mesure pendant au moins une heure, puis analyse des données</p> <p>→ Vérifier le transmetteur de pression une fois par an et le calibrer</p> <p>→ Vérifier l'implantation: – les condenseurs sont-ils trop proches les uns des autres? – y a-t-il un court-circuit de l'air?</p> <p>→ Vérifiez s'il y a un court-circuit au niveau du rejet de chaleur perdue et évent. changer le condenseur de place. ■ Mesures avec capteur de température ou caméra thermique.</p> <p>→ Vérifier s'il y a une faute de conception et transformer évent. l'installation.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>Le ventilateur marche en permanence et est inefficace</p> <p>→ Vérifier si la commande du ventilateur est défectueuse. La faire réparer ou remplacer.</p> <p>→ Régler (ajuster) la commande</p> <p>→ Remplacer ventilateur par un autre équipé d'un moteur CE ■ De manière générale, les entraînements doivent avoir une efficacité élevée</p> <p>→ Monter CF</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |
| <p>La température de condensation n'est pas réglée sur la température extérieure.</p> <p>→ Régler la température de condensation sur la température extérieure.</p> | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | |

5.2 Utilisation de la chaleur

L'utilisation de la chaleur est installée, mais pas activée

→ Activer l'utilisation de la chaleur



La condensation est maintenue haute par un régulateur mécanique haute pression

Ne pas utiliser de régulateurs de pression de maintien dans les installations neuves.

→ Si possible toujours réguler le maintien par le système hydraulique.



Les entraînements auxiliaires ne sont pas exploités en fonction du besoin

→ Utiliser des pompes et ventilateurs régulés.

❗ Ne vaut généralement le coup qu'en cas de défaut



Freecooling est prioritaire

→ Adapter la commande pour que la chaleur ne soit évacuée par le freecooling que quand elle n'est pas nécessaire.



L'échangeur thermique de l'utilisation de la chaleur est mal branché

→ Rebrancher les raccords



6. CHALEUR PERDUE GÉNÉRÉE SUR LES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES AVEC CALOPORTEUR

6.1 Condensation avec un échangeur thermique à plaques

Différences de température du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 26

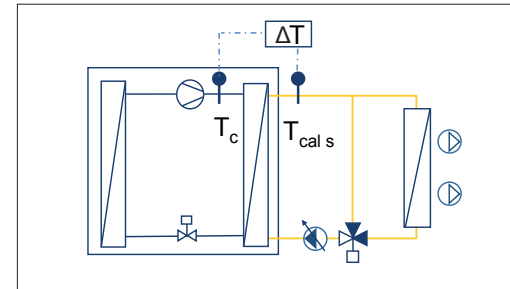
$$\Delta T = T_{\text{cal s}} - T_c$$

$T_{\text{cal s}}$ = Température du caloporteur à la sortie du condenseur

T_c = Température de condensation du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur

Valeurs indicatives ΔT pour installations neuves à pleine charge

| | |
|-------------|----------------------------|
| très bien: | ΔT inférieur à 2 K |
| acceptable: | ΔT entre 2 K à 5 K |
| mauvaises: | ΔT supérieur à 5 K |



Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

Le transfert de chaleur est déficient et optimisable

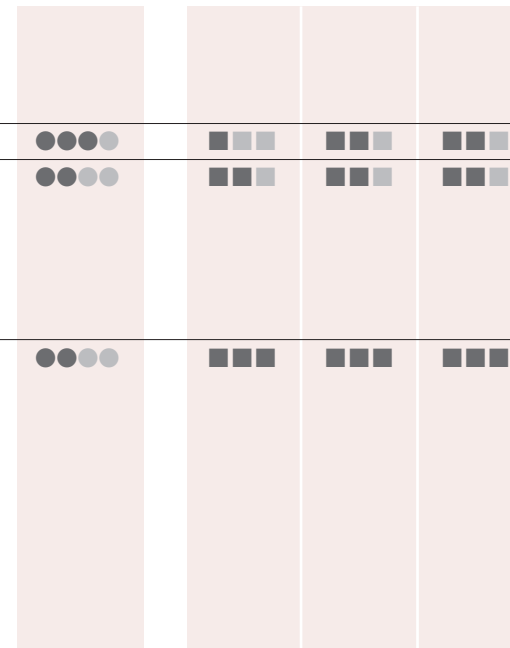
Consulter la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

- Nettoyer l'échangeur thermique à plaques
- Exploiter l'installation frigorifique avec des pressions de condensation variables

Le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial

L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température soit nettement supérieure à 2 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).

- Vérifier si remplacer le condenseur est rentable (investissement).



6.2 Condensation avec échangeur thermique à tubes ondulés

Différence de température ΔT du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 27

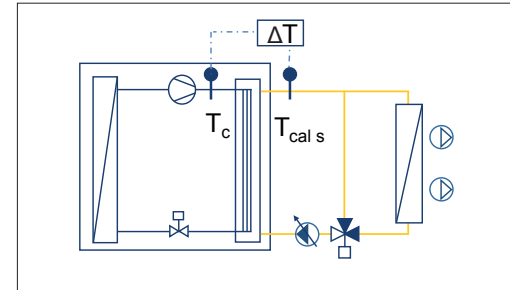
$$\Delta T = T_{\text{cal.s}} - T_c$$

$T_{\text{cal.s}}$ = Température du caloporteur à la sortie du condenseur

T_c = Température de condensation du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur

Valeurs indicatives ΔT pour installations neuves à pleine charge avec eau saumurée

| | | |
|--|------------|-----------------------------|
| comme réfrigérant et échangeur thermique en cuivre | très bien | ΔT inférieur à 2 K |
| | acceptable | ΔT entre 2 K et 3 K |
| | mauvais | ΔT supérieur à 3 K |

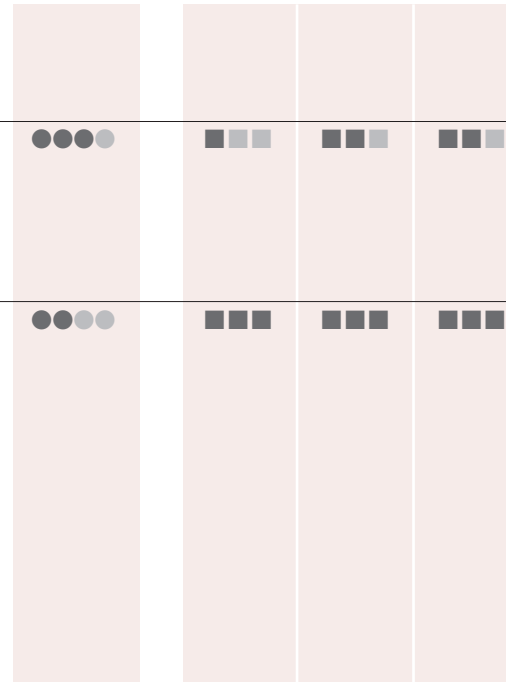


Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

Le transfert de chaleur est déficient et optimisable

Consulter la valeur de la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

→ Nettoyer et détartrer l'échangeur thermique tubulaire.



Le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial

L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température soit nettement supérieure à 2 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).

→ Vérifier si remplacer le condenseur est rentable (investissement).

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|-------------------|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |

6.3 Réseau de caloporteur

Chute de pression trop élevée côté eau

La chute de pression dans le condenseur doit être égale à 0,3 bar maximum (valeur indicative)

→ Contrôler quantité d'eau

→ Contrôler l'encrassement, nettoyer les filtres et le filtre à flux magnétique ou en rajouter un s'il n'est pas présent.

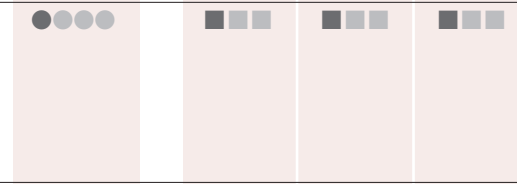
i Souvent les filtres sont lavables.



Taux de glycol trop élevé (faible capacité calorifique)

→ Faire une analyse pour vérifier le taux de glycol.

i La concentration minimum indiquée par le fournisseur de glycol doit être respectée.



Fonctionnement constant de la pompe de refroidissement

→ Vérifier la commande et la régulation de la pompe de refroidissement

i Les systèmes d'entraînement doivent généralement présenter un haut rendement

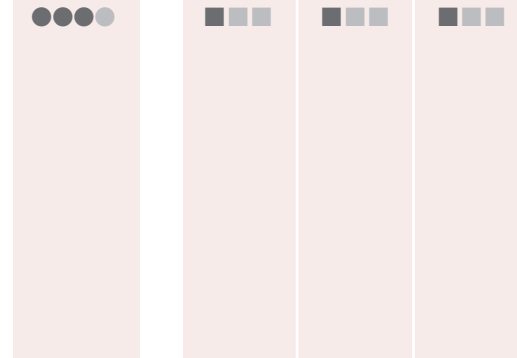


Écart de température du fluide caloporteur

L'écart idéal du caloporteur est compris entre 4 et 8 K. Régler la valeur théorique de condensation ou de sortie de l'aéroréfrigérant selon la température extérieure et ne l'augmenter en cas d'utilisation de la chaleur dégagée que si la chaleur totale peut être restituée à l'utilisation de la chaleur. Consulter le dimensionnement initial dans la documentation et le comparer à l'écart actuel.

Si l'écart est inférieur à celui initialement prévu:

→ Vérifier le dimensionnement de la pompe et du condenseur.



| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|---|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| Si l'écart est supérieur à celui initialement prévu: | | | | | |
| → Vérifier les réglages de la pompe et du distributeur 3 voies | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier le condenseur | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier la quantité d'eau | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier et nettoyer les filtres | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier tous les composants magnétiques (pompes, filtres à flux magnétique, etc.) et retirer les dépôts de magnétite. <i>i</i> Dans les réseaux de caloporteur sans antigel, les composants magnétiques attirent la magnétite (fer et oxygène). | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |

6.4 Utilisation de la chaleur perdue générée

| | | | | | |
|--|------|-------|-------|-------|--|
| La chaleur n'est pas utilisée | | | | | |
| → Vérifier si la chaleur peut être entièrement ou partiellement utilisée pour l'eau chaude potable, le chauffage du bâtiment, le chauffage de la piscine, le chauffage de rampe, etc. et l'intégrer si possible. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| L'évacuation de chaleur ne fonctionne pas bien (messages de défaut fréquents) | | | | | |
| → Adapter le fonctionnement au besoin effectif | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier fonctionnement de l'accumulateur | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Adapter le niveau de température du consommateur au niveau de température de la chaleur perdue générée. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| Fonctionnement defectueux de l'utilisation de chaleur perdue | | | | | |
| → Adapter le fonctionnement au besoin effectif | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier fonctionnement du désurchauffeur (s'il existe) | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → N'augmenter les températures de condensation que s'il y a un besoin de chaleur. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |

6.5 Évacuation de la chaleur par un aérorefroidisseur sec

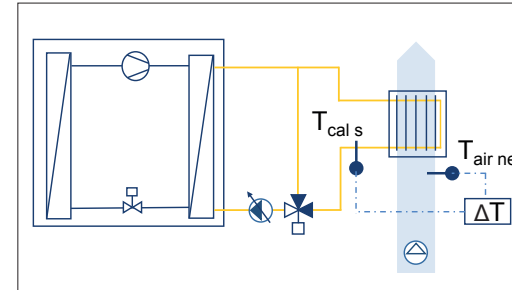
Différences de température du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 30

$$\Delta T = T_{\text{air ne}} - T_{\text{cal s}}$$

$T_{\text{air ne}}$ = Température de l'air à l'entrée de l'aérorefroidisseur

$T_{\text{cal s}}$ = Température du caloporteur à la sortie de l'aérorefroidisseur

| | | |
|--|------------|-----------------------------|
| Valeurs indicatives ΔT pour installations neuves à pleine charge | très bien | ΔT inférieur à 6 K |
| | acceptable | ΔT entre 6 K et 8 K |
| | mauvais | ΔT supérieur à 8 K |



Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

Le transfert de chaleur est déficient et optimisable

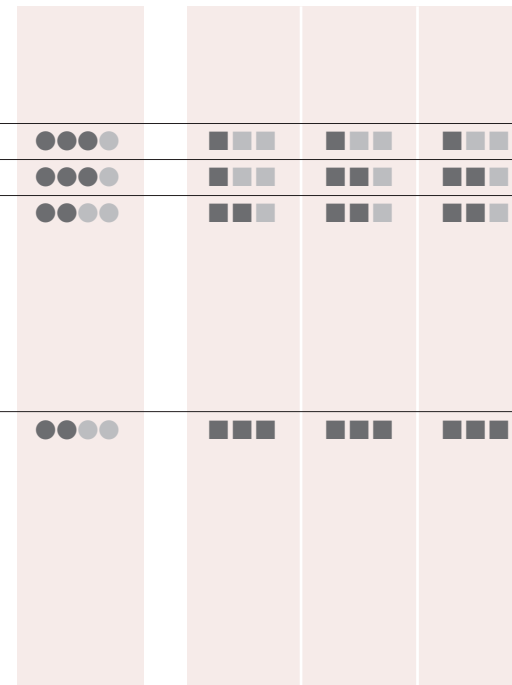
Consulter la valeur de la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

- Vérifier le taux de glycol
- Nettoyer l'aérorefroidisseur
- Exploiter l'installation frigorifique avec des pressions de condensation variables (en fonction de la conception)

Le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial

L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température soit nettement supérieure à 2 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).

- Vérifier si remplacer l'aérorefroidisseur est rentable (investissement).



6.6 Évacuation de la chaleur par un aérorefroidisseur hybride

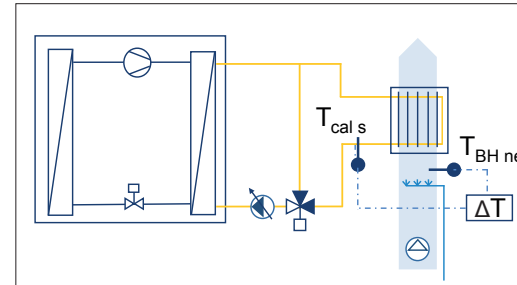
Différences de température du transfert de chaleur selon VDMA 24247-8, page 31

$$\Delta T = T_{BH\ ne} - T_{cal\ s}$$

$T_{BH\ ne}$ = Température du bulbe humide à l'entrée de l'aérorefroidisseur

$T_{cal\ s}$ = Température du caloporteur à la sortie de l'aérorefroidisseur

| | | |
|--|------------|------------------------------|
| Valeurs indicatives ΔT pour installations neuves à pleine charge | très bien | ΔT inférieur à 6 K |
| | acceptable | ΔT entre 6 K et 10 K |
| | mauvais | ΔT supérieur à 10 K |



Guide Optimisation des installations frigorifiques, page 15

Le transfert de chaleur est déficient et optimisable

Consulter la valeur de la différence de température (ΔT) du dimensionnement initial et la comparer à la différence de température actuelle. En cas d'écart:

- Contrôler températures (caloporteur et air ambiant) (si possible: viser l'absence d'écart de température entre la sortie du condenseur et la température de condensation).
- Vérifier le taux de glycol
- Nettoyer l'aérorefroidisseur
- Exploiter l'installation frigorifique avec des pressions de condensation variables (en fonction de la conception)

| | | | | |
|--|------|---------|---------|---------|
| | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| | ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

Le transfert de chaleur est déficient à cause du dimensionnement initial

L'échangeur de chaleur a initialement été dimensionné pour que sa différence de température théorique soit nettement supérieure à 6 K (valeur indicative pour une très bonne installation neuve).

- Vérifier si remplacer l'aérorefroidisseur est rentable (investissement).

Chauffage du bassin fonctionne en permanence

- Vérifier la valeur d'enclenchement/arrêt du chauffage du bassin et bien la régler.

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|--|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |
| Commande des ventilateurs incorrecte | | | | | |
| Le refroidisseur consomme jusqu'à 50% de l'électricité de l'installation frigorifique complète. Veuillez à une efficacité élevée des ventilateurs (IE3 mini). | | | | | |
| → Vérifier commutation parallèle, à savoir: optimiser la commutation progressive et/ou l'exploitation parallèle en fonction du rapport puissance d'admission/puissance de refroidissement (surface plus importante). | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier la séquence correcte de la régulation de puissance des tours de refroidissement. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier la régulation de la puissance au niveau du refroidissement (tous les ventilateurs; d'abord niveau 1) | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Monter des ventilateurs à moteurs CE | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier un changement des ventilateurs (ex. remplacement des moteurs par moteurs CE ou ajout d'un CF). | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier valeur d'enclenchement (température) du ventilateur de l'aérefroidisseur, corriger évent. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| Problèmes lors de la purge | | | | | |
| → Vérifier fonctionnement de la purge, vérifier volume purgé, corriger évent. | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier compatibilité environnementale du produit utilisé pour la purge | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Vérifier mesure de la valeur de référence | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| Corrosion sur systèmes fermés | | | | | |
| Identifiables par une analyse de l'eau | | | | | |
| → Nettoyage de l'échangeur thermique | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| → Remplacement de l'eau | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| Fouling sur les systèmes ouverts | | | | | |
| Identifiables par une analyse de l'eau | | | | | |
| → Nettoyage de l'échangeur thermique | ●●●● | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |

Défaut – Problème

Potentiel
d'économie

Coût de la réparation?

< 15 kW

15–80 kW

> 80 kW

Remarque

7. FREECOOLING

7.1 Freecooling (refroidissement libre)

Fonctionnement défectueux

- Adapter les valeurs théoriques de température au besoin
- Vérifier le rendement (net)
- Déterminer et corriger le point d'inversion optimum du fonctionnement

Intégration mal résolue pour des raisons de coûts

- Vérifier l'intégration et l'exécuter correctement

Dimensionnement trop faible de l'échangeur thermique

- Changer échangeur thermique

Refroidissement libre non activé, mais installé

- Vérifier et activer refroidissement libre

| Potentiel d'économie | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW |
|-------------------------|---------|----------|---------|
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

Étude zhaw

8. RÉGULATION ET COMMANDE

8.1 Régulation hiérarchiquement supérieure

Fonctionnement pendulaire et mise en route/arrêt permanents

→ Adapter la régulation de la production de froid aux consommateurs en effectuant un réglage.

| | | | |
|------|---------|---------|---------|
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

Voir étude zhaw ou guide
Froid de climatisation

Fonctionnement défectueux

→ Adapter les valeurs théoriques de température au besoin

→ Vérifier le rendement (net)

→ Déterminer et corriger le point d'inversion optimum du fonctionnement

La température de refroidissement est réglée sur une valeur fixe

La température de condensation minimum dépend des limites d'utilisation des composants employés (détendeur, condenseur, etc.).

→ La température de refroidissement doit varier en fonction de la température extérieure.

Gestion de l'accumulateur mal réglée

→ Vérifier le réglage de la gestion de l'accumulateur et bien le régler.

8.2 Appareils supplémentaires

Le comportement en exploitation n'est pas connu parce que la performance n'est pas surveillée

Savoir comment se comporte une installation en exploitation sert de base à toute optimisation. La performance (EER) peut aussi être surveillée par des moyens plus simples et pas seulement en relation avec des médias liquides. Le plus important est de remarquer toute modification de l'état au plus tôt.

→ Pour les fluides: installer un compteur de froid et un compteur électrique pour la machine frigorifique (contrôle/surveillance EER).

→ Installer une surveillance permanente de l'EER par le système de régulation.

Pas de valeurs de référence

→ Détermination du chiffre d'exploitation annuel (calcul et mesure)

Document de base sur la garantie
de performance, page 5

| Défaut – Problème | Potentiel d'économie | Coût de la réparation? | | | Remarque |
|-------------------|----------------------|------------------------|----------|---------|----------|
| | | < 15 kW | 15–80 kW | > 80 kW | |

9. DIVERS

9.1 Outillage et matériel

Le monteur est mal équipé

→ Acheter outils appropriés (thermomètre, manomètre, etc.)

→ Calibrer les outils

| | | | |
|------|---------|---------|---------|
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |

Dommages de l'installation, dus à la corrosion

→ Acheter nettoyant adéquat

| | | | |
|------|---------|---------|---------|
| ●●●● | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ ■ |
|------|---------|---------|---------|

9.2 Maintenance et entretien

L'exploitant ne connaît pas son «obligation d'entretien»

→ Informer l'exploitant de son obligation d'entretenir l'installation.

■ Selon CO art. 58, il y a une obligation d'entretien

Installations frigorifiques bien entretenues: plus de fiabilité, moins de pannes

L'exploitant pense que la garantie comprend les prestations de maintenance

→ Informer l'exploitant sur la différence entre maintenance et garantie.

Installations frigorifiques bien entretenues: plus de fiabilité, moins de pannes

MERCI AUX EXPERTES ET EXPERTS

PREMIÈRE MODIFICATION MAI 2011

La première liste de mesures a été établie en 2012 dans le cadre de la campagne Froid efficace (2010-2014) après des workshops rassemblant des spécialistes.

Les expertes et experts ci-dessous ont participé à ce travail:

- Daniel Baumann, Président SVK BBK c/o Alpiq West
- Urs Berger, Alliance coopérative Migros
- Hans-Peter Broger, EWZ
- Egon Buchgeher, Güntner AG & Co. KG
- Jerzy Bystranowski, Digital SA
- Paul Du Toit, FRIGO-CONSULTING AG
- Robert Dumortier, expert juridique pompe à chaleur/technique de climatisation
- Sabine Focke, Alfa Laval Mid Europe GmbH
- David Freléchox, New Frigotech SA
- Adrian Grossenbacher, Office fédéral de l'énergie
- Pius Gruber, Président SVK TL c/o Froid 3000
- Andres Hegglin, Wurm (Schweiz) AG
- Norbert Heinemann, W. Wettstein AG
- Albrecht Höpfer, BITZER Kühlmaschinen GmbH & Co. KG
- Konrad Imbach, SVK
- Markus Kielnhöfer, Güntner AG & Co. KG
- Thomas Lang, zweiweg gmbh (modération)
- Rolf Löhner, Scheco AG
- Salvatore Lombardi, Cofely AG
- Andreas Meier, MAYEKAWA INTERTECH AG
- Benoit Olsommer, Carrier Réfrigération
- Rainer Pelzl, BITZER Kühlmaschinen GmbH & Co. KG
- Richard Phillips, Office fédéral de l'énergie
- Pascal Sanktjohanser, GEA Küba GmbH
- Beat Schmutz, SSP Kälteplaner AG
- Berthold Schnase, Bock Kältemaschinen GmbH
- Jörg Schwarz, CSL Behring AG
- Daniel Sommer, SVK
- Marc Stampfler, Christof Fischer Kälte-Klima AG

RÉVISION ET PRÉCISION EN 2019

En 2019, la liste de mesures existante a été révisée sur mandat de l'office fédéral de l'énergie par un groupe d'experts. Les experts ci-dessous y ont participé:

- Martin Stettler, Office fédéral de l'énergie
- Lukas Portenier, Coolplan GmbH
- Robert Dumortier, expert juridique pompe à chaleur/technique de climatisation
- Adrian Waser, Wolf (Schweiz) AG
- Thomas Lang, zweiweg gmbh (modération)

Suisse énergie, Office fédéral de l'énergie OFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Adresse postale: CH-3003 Berne
Infoline 0848 444 444, www.suisseenergie.ch/conseil
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.suisseenergie.ch

Téléchargement gratuit: www.suisseenergie.ch/froidefficace