

## RECOMMANDATIONS RELATIVES A L'UTILISATION DE VARIATEURS DE FREQUENCE AVEC COMPRESSEURS DE FLUIDE FRIGORIGENE A DEPLACEMENT POSITIF

Table des matières	Page
1. Champ d'application et objectif.....	1
2. Généralités .....	1
3. Fonctionnement.....	2
4. Plages d'application .....	5
5. Critères de conception.....	12
6. Recommandations relatives à la sélection des variateurs de fréquence et à la conception électrique .....	16
7. Recommandations relatives à la mise en service .....	18

### 1. Champ d'application et objectif

Ces recommandations concernent l'application de variateurs de fréquence externes pour la variation de vitesse de compresseurs de fluide frigorigène alimentés par moteurs à induction triphasés. Cette documentation s'adresse aux Bureaux d'études et aux Installateurs concevant et installant ces systèmes économes en énergie. L'objectif est de réduire les risques d'endommagement des compresseurs de fluide frigorigène lorsqu'ils fonctionnent à vitesse variable, et de fournir des consignes générales relatives à la conception pour un fonctionnement fiable et économe en énergie des installations de réfrigération.

### 2. Généralités

Dans les applications classiques sans variateur de fréquence, le compresseur fonctionne à une vitesse approximativement constante déterminée par la fréquence d'alimentation et par le nombre de pôles du moteur.

Un variateur de fréquence permet la variation continue de la vitesse du compresseur conformément aux exigences de l'installation en matière de puissance frigorifique.

Caractéristiques d'un compresseur de fluide frigorigène avec variateur de fréquence :

- Plus grand rendement du système en charge partielle.
- Durée de vie du compresseur accrue en raison du nombre réduit de démarrages du compresseur. Avec un système optimal, le compresseur à vitesse variable fonctionne en continu.
- Démarrage progressif intégré : intensité de démarrage et couple inférieur à un démarrage étoile/triangle ou part-winding.
- Risques moins élevés de coup de liquide en raison de la puissance frigorifique volumétrique réduite au démarrage.

Dernière mise à jour : avril 2012

- Une augmentation de la puissance frigorifique du compresseur est souvent possible en fonctionnement au-dessus de la vitesse nominale.
- Un compresseur contrôlé par variateur de fréquence fonctionne sur une large plage de vitesse. Dans certaines conditions de fonctionnement, des résonances mécaniques et gazeuses peuvent se produire au niveau des longueurs critiques de tuyaux. Dans la plupart des cas, ces résonances peuvent être éliminées grâce à une conception et à un montage mécanique corrects, et au moyen de réglages adéquats des paramètres de régulation du variateur (p. ex. en réglant des sauts de fréquences).

## 3. Fonctionnement

### 3.1 Compresseurs sans variateurs de fréquence pour la régulation de la vitesse

La puissance frigorifique d'un compresseur piston peut être adaptée à la demande de refroidissement de l'installation par le by-pass des cylindres, par le by-pass des gaz chauds, par la régulation de la pression d'aspiration et par le démarrage et l'arrêt des compresseurs dans une centrale de compresseurs ou par d'autres moyens.

La vitesse nominale d'un compresseur dépend de la fréquence d'alimentation et du nombre de pôles du moteur. Avec un moteur à induction à 4 pôles (moteur à cage d'écureuil), les vitesses approximatives des compresseurs sont les suivantes :

- 4 pôles : 1450 min<sup>-1</sup> à 50 Hz ou 1750 min<sup>-1</sup> à 60 Hz

Avec un moteur à 2 pôles, les vitesses correspondantes des compresseurs sont les suivantes :

- 2 pôles : 2900 min<sup>-1</sup> à 50 Hz ou 3500 min<sup>-1</sup> à 60 Hz

### 3.2 Compresseurs avec variateurs de fréquence pour la régulation de la vitesse

Les compresseurs à piston, à vis et Scroll sont des machines à déplacement positif. Le couple de charge moyen du vilebrequin du compresseur reste approximativement constant pour une large plage de vitesse (fréquence). Par conséquent, la variation de la puissance frigorifique et de la consommation électrique est quasi proportionnelle à la vitesse, voir fig. 3.2. La puissance frigorifique peut être adaptée aux demandes de refroidissement de l'installation en modifiant la vitesse du compresseur avec régulation de la fréquence. Une régulation optimale continue est possible.

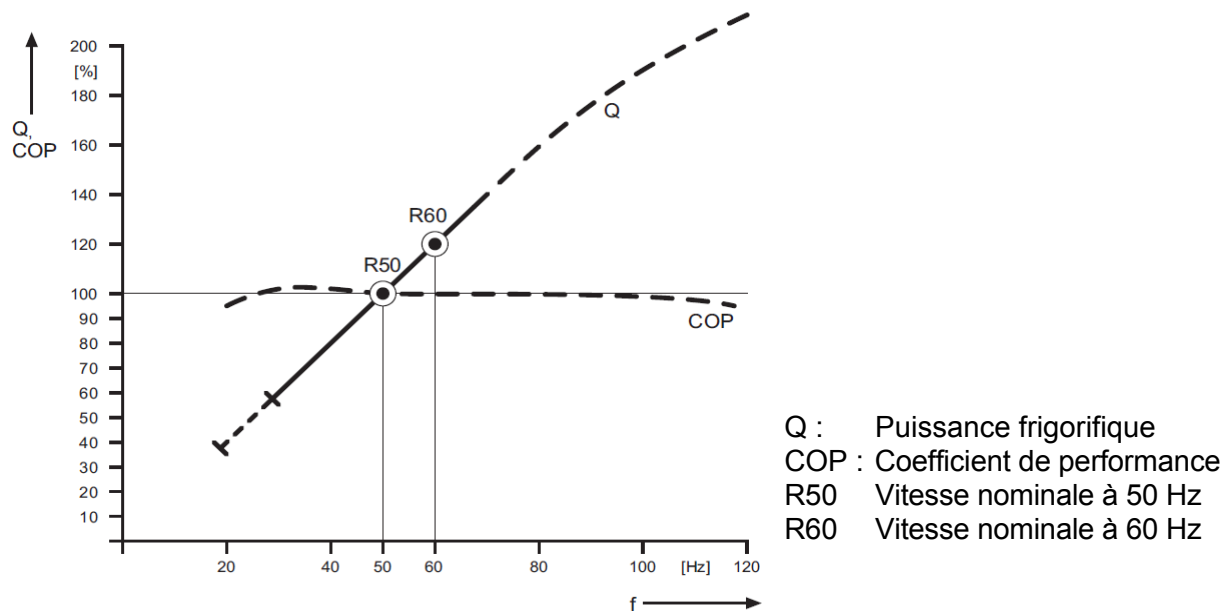
Avec les compresseurs à piston, le COP

(COP : Coefficient de Performance :  $\frac{\text{Puissance frigorifique}}{\text{Puissance électrique absorbée par le compresseur}}$ )

relatif peut légèrement différer de la fréquence et de la vitesse de fonctionnement du compresseur, voir fig. 3.2. À des fréquences inférieures à la vitesse nominale, le COP relatif peut être légèrement plus élevé.

À des fréquences supérieures à la vitesse nominale, le COP relatif est généralement plus moins élevé.

Dernière mise à jour : avril 2012



**Fig. 3.2 : performances frigorifiques d'un compresseur de fluide frigorigène à piston à déplacement positif typique dans les limites de la plage de fréquence en fonctionnement permanent**

### 3.3 Fonctionnement en dessous de la fréquence nominale

Le couple du moteur électrique étant proportionnel à la production de flux magnétique et à l'intensité interne, il est nécessaire de veiller à ce que le flux magnétique soit constant. Pour cela, un mode de régulation avec un rapport tension/fréquence ( $U/f$ ) constant dans le variateur doit être sélectionné. Idéalement, la tension du moteur atteint la tension nominale correspondant à la tension d'alimentation électrique à la fréquence nominale. Pour les compresseurs fonctionnant avec des moteurs standard, cette tension est la suivante :

- 400 V à 50 Hz
- 460/480 V à 60 Hz.

Le fonctionnement en dessous de la fréquence nominale est appelé fonctionnement dans la zone de « champ constant », c.-à-d. que le flux magnétique du moteur reste quasi constant en raison du rapport  $U/f$  constant.

La fréquence minimale autorisée est définie par les points suivants :

- Lubrification
- Débit massique de fluide frigorigène nécessaire au refroidissement suffisant du moteur
- Compresseurs à piston :
  - Inertie pour garantir l'absence de statisme significatif de la vitesse en position point mort haut du piston
  - Montage approprié du compresseur (un montage rigide est souvent requis à une fréquence faible)
- Compresseurs à vis :
  - Joints d'huile adéquats
- Compresseurs Scroll :
  - Force centrifuge radiale, force de gaz, joints d'huile adéquats

Dernière mise à jour : avril 2012

Consultez le fournisseur du compresseur pour connaître la fréquence de fonctionnement minimale autorisée.

### 3.4 Fonctionnement au-dessus de la fréquence nominale

Consultez le fournisseur du compresseur pour connaître la fréquence de fonctionnement maximale autorisée.

Les connexions utilisées sur les moteurs standards des compresseurs sont les suivantes :

<u>Tension d'alimentation</u>	<u>Connexion</u>
– 400 V à 50 Hz/480 V à 60 Hz :	trois bornes (la plupart des compresseurs hermétiques)
– 400 V à 50 Hz/480 V à 60 Hz : 230 V à 50 Hz :	six bornes connectées en étoile/ six bornes connectées en triangle pour des alimentations de 230 V
– 400 V à 50 Hz/480 V à 60 Hz :	2x trois bornes, chacune d'un raccord à fraction d'enroulement connecté en parallèle pour le fonctionnement du variateur
– 690 V à 50 Hz/828 V à 60 Hz :	six bornes connectées en étoile pour le démarrage/
400 V à 50 Hz/480 V à 60 Hz :	six bornes connectées en triangle pour le fonctionnement normal

Un fonctionnement supérieur à ces fréquences aux tensions d'alimentation ci-dessus est appelé fonctionnement dans la zone « d'affaiblissement de champ », c.-à-d. que le flux du moteur est inférieur à la valeur constante jusqu'à la vitesse nominale.

Les variateurs de fréquence standards peuvent uniquement fournir une tension de sortie jusqu'à une tension d'alimentation de 400 V (ou 480 V). Au-dessus de la fréquence nominale, la tension de sortie reste constante, à la tension d'alimentation. Le rapport tension/fréquence (U/f) chute, ce qui entraîne une chute correspondante du flux magnétique du moteur. Cependant, le couple moyen d'un compresseur à déplacement positif (comme un compresseur piston) est en général approximativement constant dans des conditions de charge constante. Le courant du moteur augmente donc de manière approximativement proportionnelle à l'augmentation de la fréquence.

La fréquence peut être augmentée jusqu'à ce que la valeur efficace maximale de l'intensité (thermique) continu du moteur soit atteinte. Afin de garantir un fonctionnement sûr au-dessus de la fréquence nominale avec des températures d'applications moyennes, il est recommandé d'utiliser un compresseur avec un moteur de plus grande taille. L'utilisation d'un compresseur équipé d'un petit moteur typique pour un fonctionnement à basse température n'est pas recommandée en raison de la plage de fréquence restreinte.

La fréquence maximale autorisée est définie par les points suivants :

- Réserve de puissance du moteur à la fréquence nominale (facteur par lequel l'intensité est inférieure à l'intensité maximum au point de fonctionnement cible, en prenant en compte les températures de condensation, d'évaporation et du fluide frigorigène)
- Considérations mécaniques (p. ex. vitesse du piston)
- Considérations relatives au débit de gaz et à la plaque à clapets.

Dernière mise à jour : avril 2012

### 3.5 Fonctionnement au-dessus de la fréquence nominale avec une connexion de moteur spéciale de 87 Hz

Consultez le fournisseur du compresseur pour connaître la fréquence de fonctionnement maximale autorisée pour cette connexion de moteur standard.

Les connexions de moteur sont les suivantes :

- 230 V à 50 Hz/400 V à 87 Hz : moteur à 3 bornes
- 230 V à 50 Hz/400 V à 87 Hz : moteur étoile/triangle à 6 bornes connecté en triangle

Pour ces connexions, la fréquence nominale électrique (dite « fréquence de base ») est de 87 Hz.

Remarque : 87 Hz sont égaux à  $\sqrt{3} * 50$  Hz, qui correspond à l'inverse du facteur de tension en cas de connexion d'un enroulement de moteur d'étoile à triangle.

Le fonctionnement en dessous de 87 Hz est appelé fonctionnement en zone de « champ constant ».

Le fonctionnement au-dessus de 87 Hz est appelé fonctionnement en zone de « d'affaiblissement de champ ». Cette connexion présente les avantages et inconvénients suivants :

Avantages :

- Une puissance frigorifique supérieure peut être atteinte avec un compresseur de taille donnée.
- Vaste plage de variation de vitesse, p. ex. rapport élevé  $(Q_{max.} - Q_{min.})/Q_{max.}$ .

Inconvénients :

- Les mesures du variateur et du courant de l'appareillage de connexion et des câbles sont supérieures de 73 %, ce qui peut entraîner des coûts supplémentaires correspondants.
- L'actionnement d'urgence du compresseur directement connecté à l'alimentation électrique est uniquement possible avec un moteur étoile/triangle à 6 bornes connecté en étoile, qui nécessite 4 contacteurs électriques dans le boîtier électrique pour une activation sans recâblage.

## 4. Plages d'application

Le fonctionnement sécurisé et fiable d'un compresseur à régulateur de vitesse requiert la prise en compte rigoureuse de la plage de fréquence autorisée. Les limites pour le fonctionnement sécurisé du moteur électrique et du compresseur seront examinées séparément ci-dessous, dans différents exemples de compresseurs piston semi-hermétiques.

La plage de fréquence autorisée peut être déterminée à partir des informations suivantes :

- Plage de fréquence spécifique définie par le fabricant du compresseur
- Fréquence maximum au point de fonctionnement de conception basée sur la fréquence de l'alimentation multipliée par le rapport du courant maximum autorisé du moteur divisé par le courant présumé au point de fonctionnement (règle de conception conservatrice approximative). Ceci est basé sur les données standard fournies par tous les fabricants de compresseur.

# GUIDE-BOOK

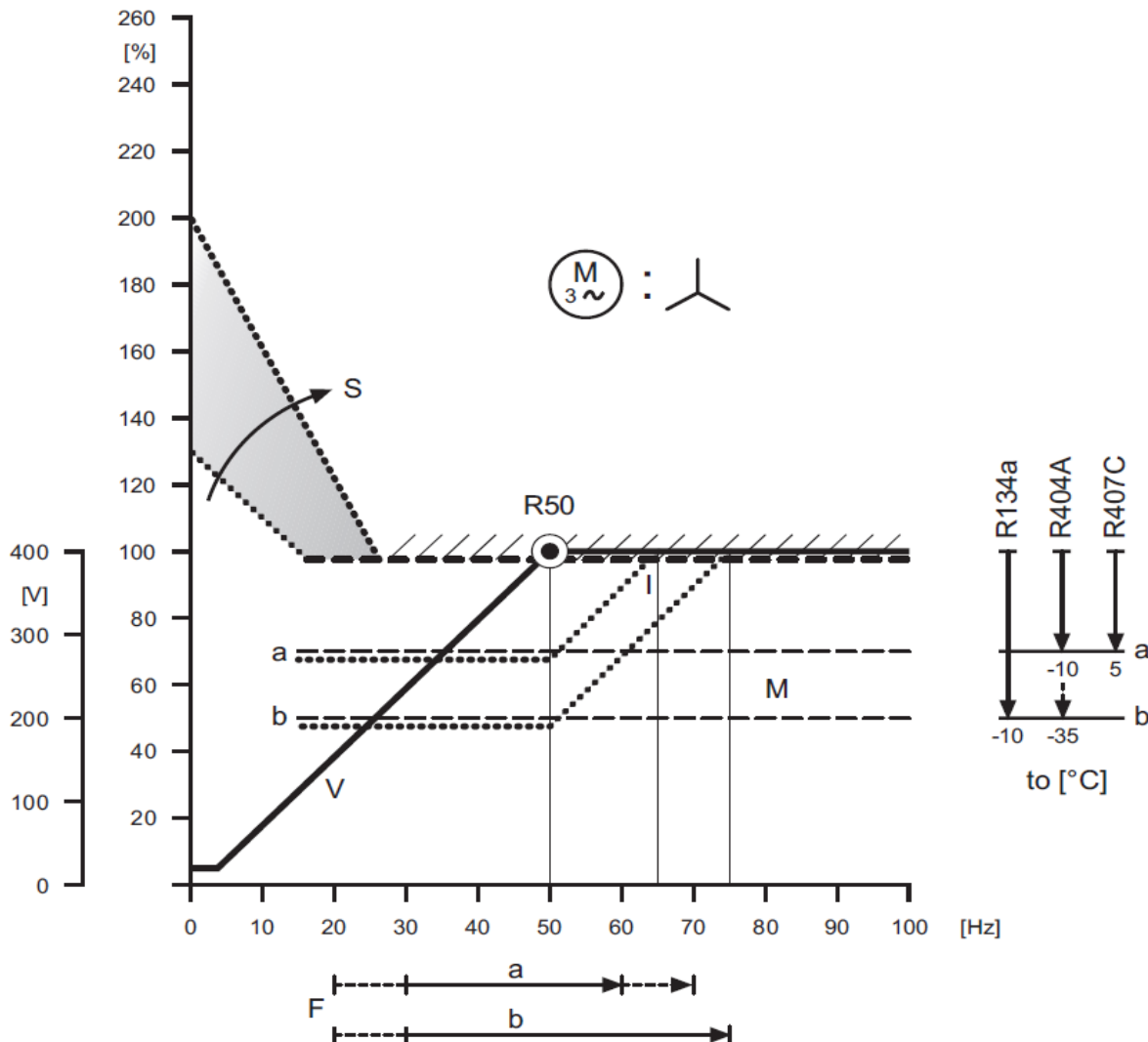


Dernière mise à jour : avril 2012

## **4.1 Plage d'application du moteur électrique**

Les informations suivantes doivent être considérées comme des exemples de limitations de fréquence typiques. Consultez le fournisseur du compresseur pour obtenir des informations exactes pour chaque type de compresseur.

Dernière mise à jour : avril 2012

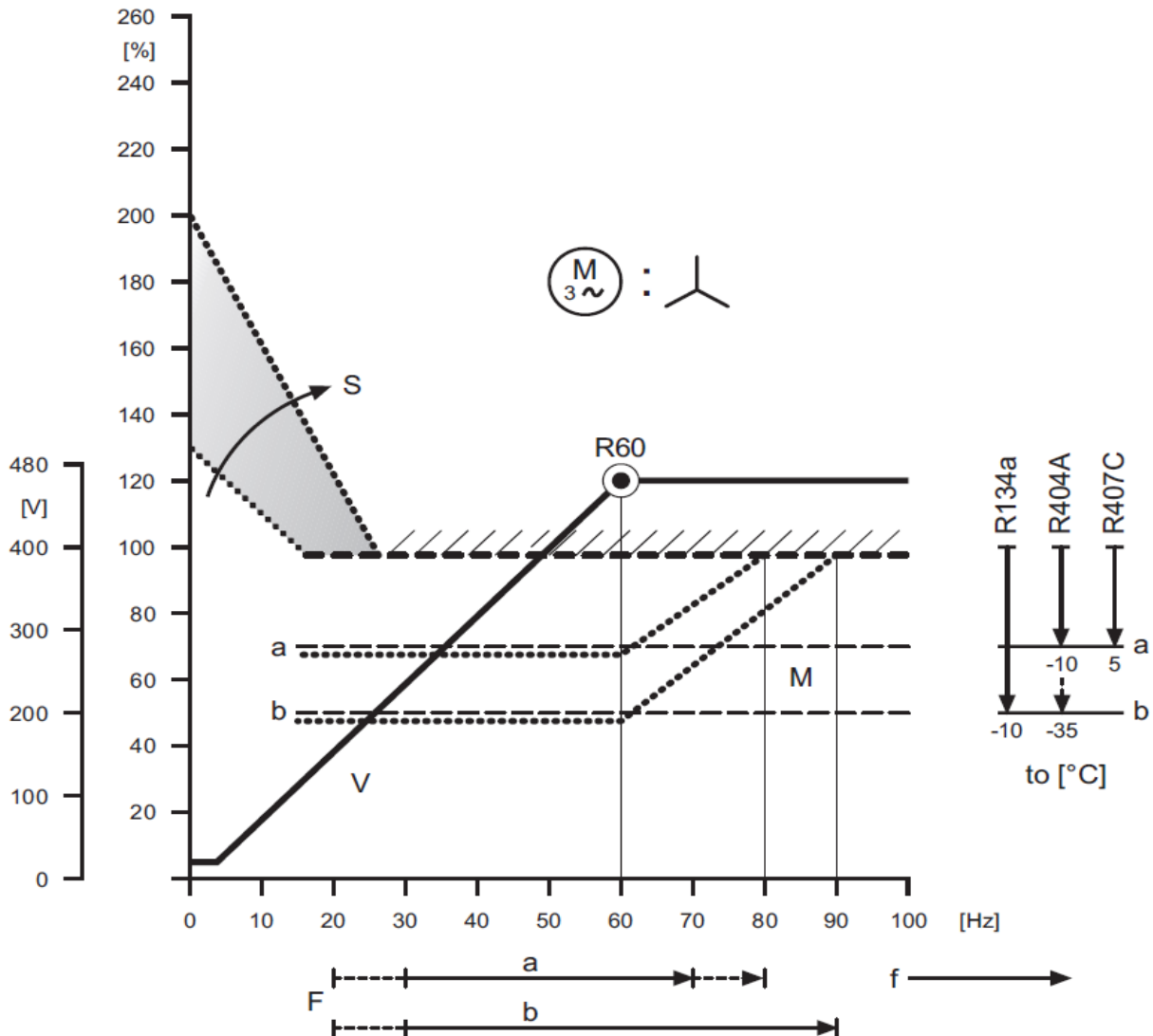


**Fig. 4.1a : connexion de moteur standard, fonctionnement avec une alimentation de 400 V/50 Hz (exemple)**

**Légende :**

- a :** application standard de classe a (R404A : -10/45 °C ; R407C : 5/50 °C)
  - b :** application standard de classe b (R404A : -35/40 °C ; R134a : -10/45 °C)
  - M [%]** couple moyen après le démarrage : **R50 :** point nominal de 400 V/50 Hz
  - — — : maximum
  - - - - : aux applications standard de classe a ou b
  - I [%]** ..... : intensité du moteur **to :** température d'évaporation
  - U :** — : tension du moteur **F :** plage de fréquence autorisée
  - S :** intensité de démarrage du moteur requis
- La zone grisée indique une variation entre les compresseurs à 2 cylindres (partie supérieure) et les compresseurs à 8 cylindres ou les compresseurs à vis (partie inférieure).

Dernière mise à jour : avril 2012



**Fig. 4.1b : Connexion de moteur standard, fonctionnement avec une alimentation de 460 V/60 Hz**

**Légende :**

- a :** application standard de classe a (R404A : -10/45 °C ; R407C : 5/50 °C)
- b :** application standard de classe b (R404A : -35/40 °C ; R134a : -10/45 °C)

- M [%]** couple moyen après le démarrage : **R60 :** point nominal de 460 V/60 Hz
- — — : maximum
- - - - : aux applications standard de classe a ou b

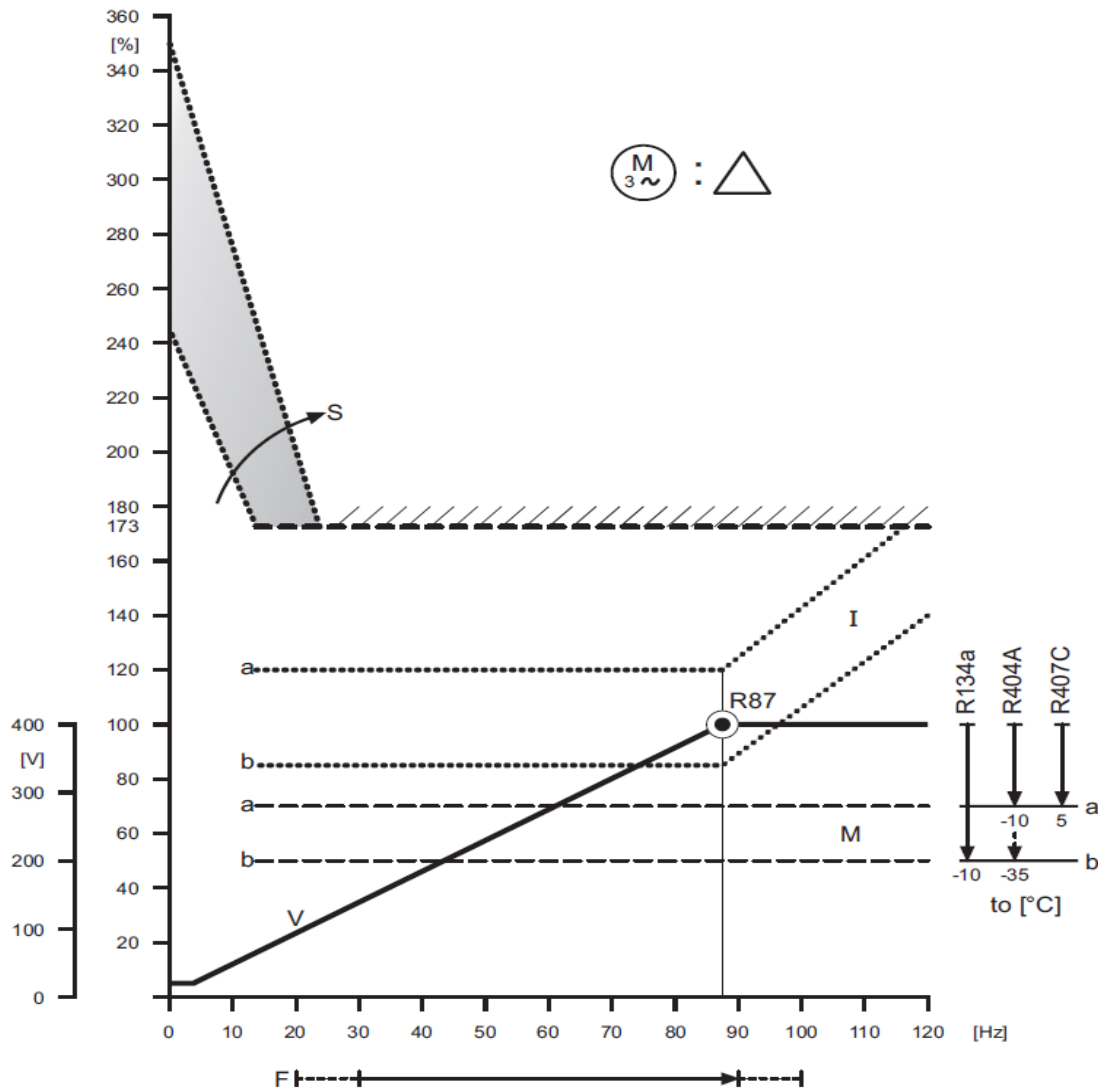
- I [%]** ..... : intensité du moteur **to :** température d'évaporation

- U :** — : tension du moteur **F :** plage de fréquence autorisée

- S :** intensité de démarrage du moteur requis  
La zone grisée indique une variation entre les compresseurs à 2 cylindres (partie supérieure) et les compresseurs à 8 cylindres ou les compresseurs à vis (partie inférieure).



Dernière mise à jour : avril 2012



**Fig. 4.1c : Connexion de moteur spéciale de 87 Hz, fonctionnement avec une alimentation de 400 V/50 Hz**

**Légende :**

- a :** application standard de classe a (R404A : -10/45 °C ; R407C : 5/50 °C)
- b :** application standard de classe b (R404A : -35/40 °C ; R134a : -10/45 °C)
- M [%]** couple moyen après le démarrage : **R87 :** point nominal de 400 V/87 Hz  
 - - - : maximum  
 - · - · : aux applications standard de classe a ou b
- I [%]** ······ : intensité du moteur **to :** température d'évaporation  
 (comparée à un moteur étoile de 400 V/50 Hz)
- U :** ——— : tension du moteur **F :** plage de fréquence autorisée
- S :** intensité de démarrage du moteur requis  
 La zone grisée indique une variation entre les compresseurs à 2 cylindres (partie supérieure) et les compresseurs à 8 cylindres ou les compresseurs à vis (partie inférieure).

Dernière mise à jour : avril 2012

## 4.2 Estimation de la plage d'application autorisée (plage de fonctionnement sécurisé)

Un potentiel d'économies d'énergie élevé avec des compresseurs uniques et des centrales de compresseurs nécessite la régulation continue et précise de la puissance frigorifique. Ceci peut être obtenu si le compresseur à vitesse variable dispose d'une large plage de régulation de la vitesse ou de la fréquence. Les figures de la section précédente illustrent le net avantage que représente l'utilisation de compresseurs avec des moteurs de taille adéquate.

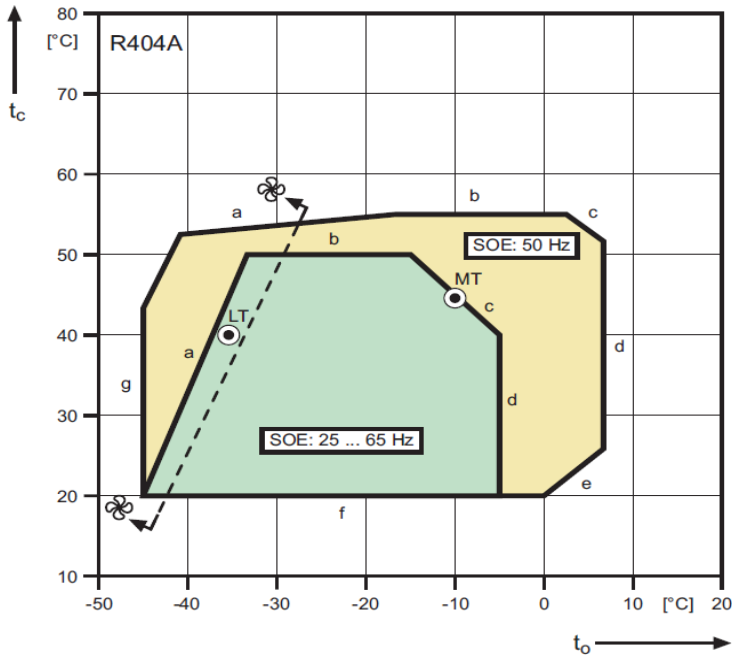
Les exemples de plages d'application autorisées pour des compresseurs équipés de moteurs de taille adéquate sont illustrés dans les fig. 4.2a et 4.2b.

Les limitations suivantes permettent un fonctionnement sécurisé et doivent être prises en compte :

- a : température de refoulement maximale autorisée
- b : pression de refoulement maximale autorisée
- c : intensité continue (thermique) maximale du moteur
- d : température d'évaporation maximale
- e : différentiel de pression pour garantir le fonctionnement correct des vannes
- f : pression de refoulement minimale pour garantir le fonctionnement stable du détendeur
- g : pression minimale devant être, de préférence, légèrement supérieure à la pression atmosphérique

La limite totale est appelée plage de fonctionnement sécurisé (SOE).

Dernière mise à jour : avril 2012



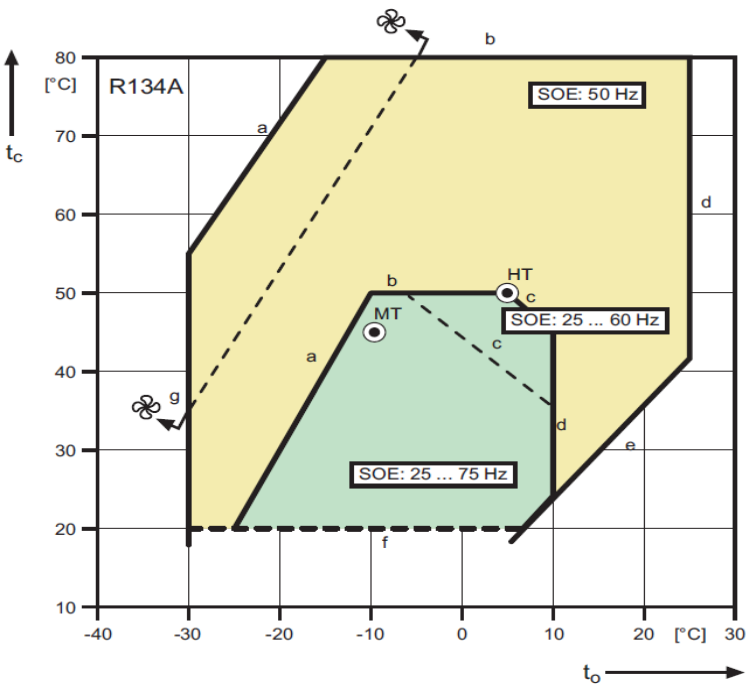
**Fig. 4.2a : R404A, moteur de grande taille, connexion standard, alimentation de 400 V/50 Hz (exemple)**

**Légende :**

**SOE :** plage de fonctionnement sécurisé

**MT :** -10/45 °C

**LT :** -35/40 °C



**Fig. 4.2b : R134a, connexion standard, fonctionnement avec une alimentation de 400 V/50 Hz (exemple)**

**Légende :**

**SOE :** plage de fonctionnement sécurisé

**HT :** +5/50 °C

**MT :** -10/45 °C

Dernière mise à jour : avril 2012

## 5. Critères de conception

### 5.1 Fréquence de fonctionnement autorisée

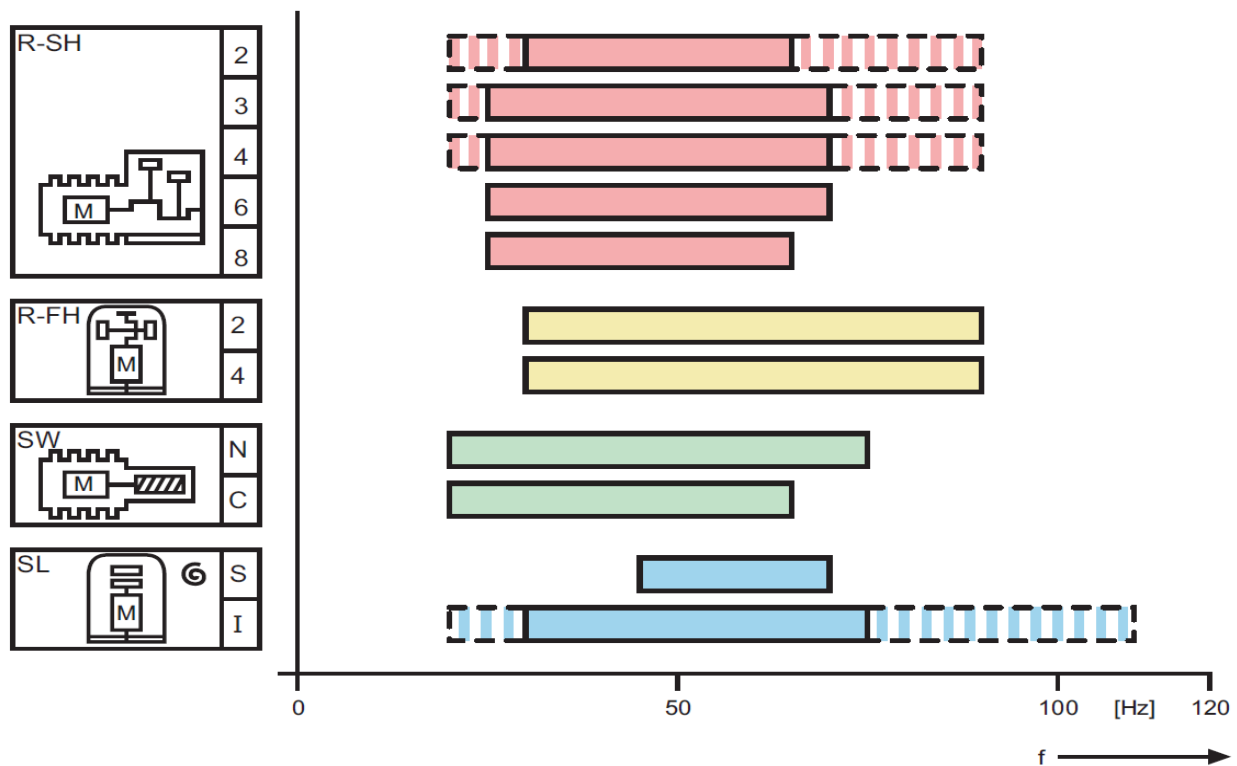
La fig. 5.1 illustre la plage de fréquence autorisée typique pour différents types de compresseurs.

Les facteurs de limitation des fréquences maximum et minimum ont été décrits dans les sections 3.3 ... 3.4. Voici quelques recommandations supplémentaires relatives à chaque type de compresseur :

- Compresseurs hermétiques verticaux : en raison de la lubrification centrifuge, une vitesse minimale est requise pour acheminer l'huile aux pièces mécaniques en mouvement.
- Compresseurs à vis semi-hermétiques : la coordination rigoureuse de la temporisation de l'injection d'huile et, le cas échéant, de la position de la réglette est requise lors du démarrage.
- Hermétiques et semi-hermétiques : la prise en compte rigoureuse de la vitesse maximale des compresseurs à vis avec fréquence intégrée pour éviter toute circulation excessive d'huile dans le séparateur d'huile est requise

Consultez le fournisseur du compresseur pour obtenir les limites autorisées de fréquence valables pour chaque compresseur utilisé au point de fonctionnement prévu. Les points de fonctionnement dans des conditions transitoires ou défectueuses doivent également être pris en compte.

Dernière mise à jour : avril 2012



**Fig. 5.1 : Plages de fréquence typiques autorisées pour différents types de compresseurs**

Légende :

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| R-SH : piston, semi-hermétique | 2 ... 8 : nombre de cylindres                  |
| R-FH : piston, hermétique      | N : semi-hermétique                            |
| SW : à vis                     | C : hermétique avec séparateur d'huile intégré |
| SL : Scroll                    | S : standard                                   |
|                                | V : conçu pour le fonctionnement du variateur  |

Dernière mise à jour : avril 2012

## 5.2 Recommandations relatives aux compresseurs ouverts

- **Refroidissement :**  
Le moteur est normalement refroidi par un ventilateur intégral qui peut être monté sur l'arbre principal ou par un ventilateur entraîné par un moteur différent. Dans le cas d'un ventilateur monté sur l'arbre principal, les points suivants doivent être pris en compte :
  - Réduction du refroidissement à basse vitesse
  - Augmentation de la charge du ventilateur à haute vitesse
- **Protection du moteur :**  
L'utilisation de la protection des enroulements de moteur thermique à thermistance est recommandée pour protéger le moteur sur toute la plage de vitesse.
- **Accouplement d'arbres :**  
Avec des compresseurs à piston, la sélection de l'accouplement d'arbres nécessite une attention particulière. Pour un fonctionnement à basse vitesse (fréquence), un accouplement d'arbres avec une inertie suffisante doit être sélectionné.
- **Sélection de la taille du moteur et du variateur de fréquence :**  
Consultez le fournisseur du compresseur pour sélectionner le moteur et le variateur de fréquence appropriés.

## 5.3 Autres recommandations

- **Régulation de la puissance frigorifique :**  
Le fonctionnement des compresseurs à variateurs de fréquence combinés à une régulation de la puissance frigorifique conventionnelle par aspiration bloquée vers les rangées de cylindres n'est généralement pas autorisé. Le refroidissement adéquat du moteur n'est pas garanti car le débit massique de réfrigération est fortement réduit. De graves problèmes de vibration peuvent également se produire en raison de la pulsation de couple relativement élevée.
- **Égalisation d'huile avec compresseurs en tandem :**  
Lorsque des compresseurs en tandem sont utilisés avec un variateur de fréquence, le niveau d'huile peut être différent entre les deux côtés des compresseurs. Une égalisation de l'huile et du gaz ou un système de régulation du niveau d'huile est souvent requis.
- **Vanne d'injection de liquide pour compresseurs à 2 étages :**  
Une surchauffe suffisante de la vanne d'injection de liquide doit être garantie sur toute la plage de vitesse. Ceci requiert la sélection rigoureuse de la vanne d'injection de liquide. L'utilisation de détendeurs électroniques est recommandée.
- **Ordre de phase/sens de rotation :**  
**Piston :**
  - Généralement pas essentiel**À vis et Scroll :**
  - Essentiel. Un sens de rotation incorrect endommagera le compresseur. Lors du premier démarrage, vérifiez toujours que la pression d'aspiration chute et que la pression de refoulement augmente.
  - Après vérification, un variateur sélectionné pour une utilisation avec des compresseurs empêche un inversement du sens de rotation.

Dernière mise à jour : avril 2012

Relais de protection de l'ordre de phase :

- La plupart des relais ne peuvent pas détecter la tension de sortie d'un variateur.
- Consultez le fabricant du compresseur.

- Tuyauterie :

- Montez la tuyauterie aussi parallèle et près que possible du vilebrequin du compresseur pour éviter toute rupture des tuyaux due à la fatigue du métal.

- Montage des compresseurs piston :

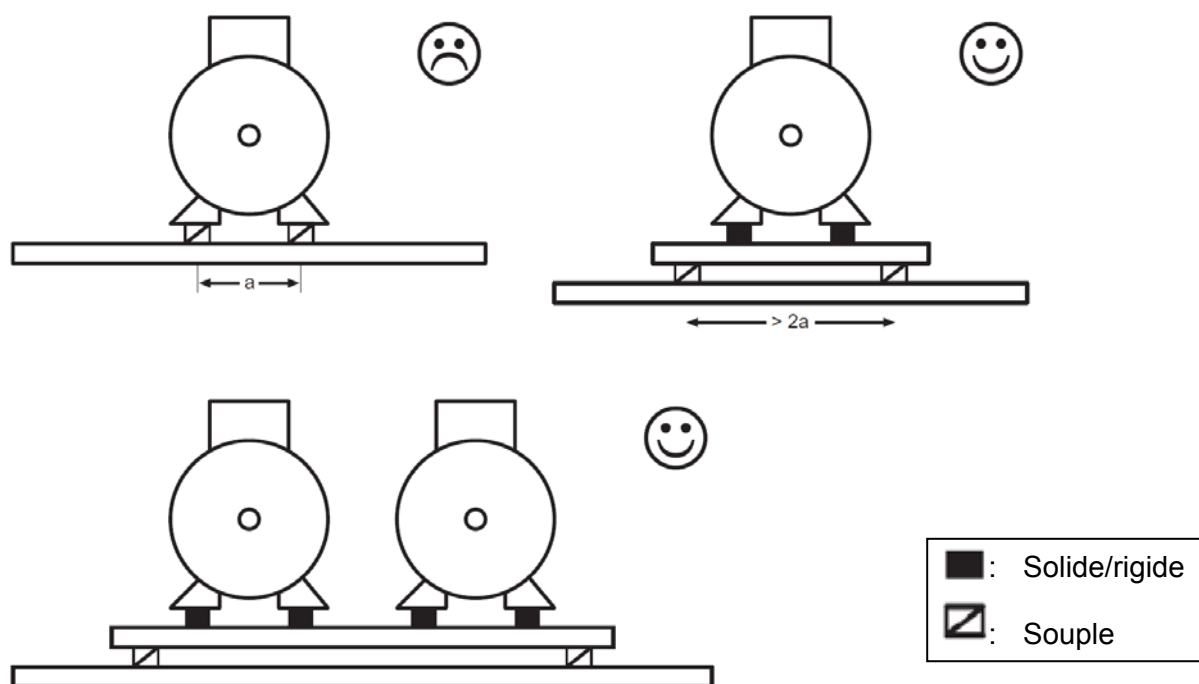
Les amortisseurs de vibrations en caoutchouc fournis avec la plupart des compresseurs sont conçus pour un fonctionnement à 50 ou 60 Hz.

Pendant un fonctionnement à basse fréquence, les compresseurs peuvent vibrer fortement.

Ceci requiert généralement l'une des mesures suivantes :

- Montage rigide sur le châssis de la centrale à l'aide d'entretoises en plastique ou en métal.
- Montage rigide sur le châssis du compresseur avec des amortisseurs de vibrations mesurant au moins deux fois la distance entre les pattes de fixation du compresseur.

La fig. 5.3 indique des alternatives de montage.



**Fig. 5.3 : Montage de compresseurs piston pour fonctionnement à vitesse variable (exemple avec compresseurs piston à 2 cylindres)**

Dernière mise à jour : avril 2012

## 6. Recommandations relatives à la sélection des variateurs de fréquence et à la conception électrique

### 6.1 Intensité nominale de base

Le variateur de fréquence doit être capable de fournir en continu l'intensité (thermique) continu maximal (aux températures d'évaporation et de condensation maximales) au moteur du compresseur. Une réserve de 10 % supplémentaire doit être prévue.

### 6.2 Couple de démarrage

Le couple des compresseurs à piston varie en fonction de l'angle de rotation du vilebrequin : plus le nombre de cylindres est élevé, plus le couple est constant. Un couple de démarrage plus élevé est requis avec un petit nombre de cylindres.

Pour un démarrage fiable dans toutes les conditions de fonctionnement, un couple de démarrage de courte durée est requis. Une recommandation relative aux besoins de surintensité de démarrage doit être demandée au fournisseur du compresseur et doit être utilisée pour la sélection du variateur de fréquence.

Toute tentative d'utilisation d'un variateur de fréquence sans intensité de démarrage suffisante peut entraîner des dommages importants sur le compresseur. Un démarrage fiable doit être garanti dans les pires conditions de démarrage possibles, comme à la suite d'une panne de courant à des températures ambiantes élevées.

L'utilisation de variateurs calibrés pour le fonctionnement du ventilateur pratiquement sans surcharge n'est pas recommandée, à moins qu'ils ne soient correctement calibrés pour fournir le courant de démarrage à courte durée requis. De tels variateurs doivent être réglés pour fonctionner à un couple constant avec un rapport U/f linéaire.

L'utilisation de variateurs a les effets bénéfiques suivants sur le démarrage :

- Contraintes mécaniques réduites sur le moteur et les pièces mécaniques en mouvement
- Réduction considérable de l'intensité d'alimentation électrique durant le démarrage. L'intensité d'entrée maximale du compresseur n'est généralement pas dépassée même si l'intensité réelle du compresseur dépasse cette valeur pendant une courte durée lors du démarrage.

### 6.3 Installation électrique

Les réglementations européennes en matière de sécurité et de CEM appropriées au lieu de l'installation (hôpital, commerce, industrie) et le marquage de conformité requis (marque CE) requièrent une prise en compte rigoureuse. Des filtres CEM spéciaux et des selfs d'alimentation peuvent être requis.

Il est important de respecter avec le plus grand soin les recommandations et les instructions relatives à l'installation fournies par le fabricant du variateur de fréquence. Les points suivants doivent notamment être vérifiés :

- Le câble entre le moteur du compresseur et le variateur de fréquence doit être équipé d'un blindage en cuivre ou de tout autre blindage CEM adapté et connecté à la plaque de montage du boîtier électrique et au corps du moteur avec une large surface de contact en liaison avec le blindage sans raccord en tire-bouchon. Le moteur doit également être mis à la terre à l'aide de l'âme du câble de terre.



Dernière mise à jour : avril 2012

- De plus, le châssis du compresseur doit être mis à la terre séparément avec un câble de section appropriée.
- Il est important de respecter les recommandations du fabricant du variateur de fréquence concernant le câble du moteur. En particulier :
  - La longueur ne doit pas dépasser la longueur maximale spécifiée.
  - L'espacement avec les autres câbles doit être conforme aux recommandations.
- La température de l'air de refroidissement autour du variateur doit également être prise en compte. Un fonctionnement à haute température entraînera une réduction significative de la durée de vie du variateur. Une augmentation de la température de 10 K peut diviser la durée de vie des variateurs typiques par deux, les composants essentiels étant les paliers des ventilateurs et les condensateurs de liaison CC.

## 6.4 Circuit de sécurité

Les déclenchements de sécurité appropriés, tels que l'activation d'un déclenchement haute pression, peuvent entraîner un arrêt immédiat du variateur sans faire appel à un circuit de régulation électronique. Un moyen efficace d'effectuer un « arrêt de sécurité » en cas d'urgence (tel qu'un déclenchement haute pression) doit être fourni. Pour ce faire, utilisez un contacteur entre le variateur et le moteur du compresseur ou un variateur équipé d'un circuit d'arrêt de sécurité électronique intégré et adapté, conformément à la norme EN 61800-5-2 (Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 5-2 : Exigences de sécurité – Fonctionnalité).

## 6.5 Durée d'accélération à vitesse minimale

L'expérience a montré qu'une durée d'accélération comprise entre 1 et 4 s à vitesse minimale est un bon compromis. Ceci permet un démarrage progressif et une lubrification adéquate.

Certains compresseurs Scroll spéciaux nécessitent des durées d'accélération beaucoup plus longues.

Consultez le fournisseur du compresseur pour obtenir les durées d'accélération recommandées pour des compresseurs spécifiques.

## 6.6 Accélération du démarrage

Pour garantir un démarrage réussi du compresseur, il est recommandé d'augmenter temporairement le couple de démarrage (que l'on appelle « accélération »). Pour ce faire, la tension du moteur doit être augmentée à basse fréquence pendant le démarrage, de sorte à dépasser les caractéristiques d' $U/f$  linéaire ou une autre méthode équivalente doit être utilisée. Consultez la documentation du fabricant du variateur relative au réglage des paramètres pour une augmentation du couple pendant le démarrage.

L'accélération du démarrage s'applique uniquement à la phase de démarrage et ne doit jamais entraîner d'écart par rapport aux caractéristiques d' $U/f$  linéaire ou à toute autre méthode de contrôle continu équivalente pendant le fonctionnement normal.

La capacité de la réserve d'intensité de surcharge courte durée du variateur pour garantir un démarrage fiable dépend du nombre de cylindres pour les compresseurs piston, et d'autres facteurs pour les autres types de compresseur. Les fig. 4.1a...d indiquent des valeurs typiques. Consultez le fabricant du compresseur pour obtenir les recommandations appropriées.

## 6.7 Fréquence de modulation

La fréquence de modulation (fréquence de commutation) est la fréquence à laquelle la tension de l'étage de sortie de puissance du variateur bascule entre les tensions positive et négative de la liaison CC dans le variateur. La tension de sortie est le composant essentiel généralement compris entre 25 et 60 Hz. La modulation peut émettre un bruit. Chaque transition de tension exerce des contraintes sur l'enroulement et l'isolation du moteur. La fréquence de modulation doit donc être réglée sur la fréquence la plus basse possible. Les valeurs typiques sont comprises entre 2 et 6 kHz afin de garantir une longue durée de vie du moteur du compresseur.

## 6.8 Câble entre le variateur de fréquence et le moteur du compresseur

Les recommandations générales suivantes garantissent une bonne fiabilité et une longue durée de vie du moteur du compresseur et du variateur de fréquence (consultez également la section 6.3 pour des exigences similaires en matière de conformité CEM) :

- Utilisez un câble multiconducteur équipé d'un blindage en cuivre avec une large surface de contact en liaison avec la plaque de montage du boîtier électrique et avec le châssis du compresseur.
- Vérifiez que la longueur du câble est conforme aux recommandations du variateur de fréquence.

## 6.9 Commutation de la tension de sortie du variateur

La tension de sortie des variateurs de fréquence modernes équipés d'un commutateur électronique de puissance IGBT moderne à un taux élevé de variation de la tension (généralement 5 kV/ $\mu$ s) est souvent appelée dV/dt. Cette dV/dt à la sortie du variateur représente un risque potentiel pour l'isolation du blindage en cuivre en raison du risque d'un effet dit de « décharge partielle ».

Notre expérience d'un grand nombre de compresseurs alimentés par variateurs nous a montré que le problème est insignifiant à des tensions de fonctionnement normales de 3 CA 400 V. Cependant, il est recommandé de réaliser l'installation électrique conformément aux recommandations de la section 6.3, car ceci augmentera l'affaiblissement de la tension dV/dt au niveau de l'enroulement du moteur. Un câble de moteur blindé avec une large surface de contact en liaison avec les deux plaques de montage du variateur et avec le moteur doit être utilisé.

Il est également recommandé de respecter les recommandations de la norme IEC/TS 60034-25.

## 7. Recommandations relatives à la mise en service

### 7.1 Vibrations

Des vibrations peuvent être produites par les sources suivantes lors du fonctionnement à vitesse variable des compresseurs :

- Pulsations des gaz dans la conduite de refoulement
- Vibration du couple agissant sur les supports du compresseur
- Vibration du couple agissant sur les brides des raccordements des tuyaux
- Résonances du tuyau de l'économiseur des compresseurs à vis

# GUIDE-BOOK



Dernière mise à jour : avril 2012

La fréquence de ces vibrations dépend de la fréquence de fonctionnement du compresseur qui peut considérablement varier. Des résonances mécaniques peuvent être excitées dans la centrale de compresseurs. Ceci peut entraîner la rupture des tuyaux due à la fatigue du métal ou à d'autres problèmes de résonance.

Il est donc recommandé de vérifier soigneusement l'absence de vibrations et de résonances dans l'ensemble de l'installation pour toutes les fréquences de fonctionnement possibles.

Les fréquences auxquelles les résonances se produisent doivent être atténuées en effectuant des réglages appropriés des paramètres du variateur.

---

Ces recommandations sont destinées aux fabricants/installateurs de systèmes de réfrigération professionnels, industriels, commerciaux et domestiques. Elles ont été rédigées en fonction de ce que *ASERCOM* considère comme étant l'état des connaissances scientifiques et techniques au moment de la rédaction, cependant, *ASERCOM* et ses sociétés membres déclinent toute responsabilité quant aux mesures - actes or omissions - prises sur la base de ces recommandations.

---