ENGINEERING TOMORROW

Manuel d'utilisation

# Sécurité fonctionnelle de la série iC7

Frequency Converters, 1.3–1260 A

drives.danfoss.com | iC7

# Table des matières

1 Présentation 5
1.1 Historique des versions 5
1.2 Objet de ce manuel d'utilisation 5
1.3 Ressources supplémentaires 5
1.4 Abréviations 5

2 Sécurité 7
2.1 Personnel qualifié travaillant dans le domaine de la sécurité fonctionnelle 7
2.2 Considérations générales de sécurité 7

3 Sécurité fonctionnelle pour iC7 8
3.1 Safe Torque Off (STO) 8
3.2 Activation de la fonction STO 8
3.3 Comportement de redémarrage automatique/manuel 8
3.4 Sécurité relative à la configuration du système 8
3.5 Variateurs de fréquence avec groupe de sécurité fonctionnelle 1 (non évolutive) 9
3.5.1 Propriétés de la fonction STO 9
3.5.2 Panne de la fonction STO 10
3.5.3 Retour STO 11

4 Installation 12
4.1 Installation de la fonction STO pour les variateurs de fréquence avec groupe de sécurité fonctionnelle 1 (STO – non évolutive) 12
4.2 Exemples de raccordement 13

5 Mise en service 15
5.1 Consignes de sécurité pour la mise en service 15
5.2 Test de mise en service 15
5.2.1 Test de mise en service des applications STO en mode de redémarrage manuel 15
5.2.2 Test de mise en service des applications STO en mode de redémarrage automatique 16

6 Fonctionnement et maintenance 17
6.1 Tests fonctionnels 17
6.1.1 Test fonctionnel utilisant le signal de retour STO 17
6.1.2 Test fonctionnel sans utiliser le signal de retour STO 17
6.2 Tests de diagnostic 18

7 Spécifications 20
7.1 Normes et performances de sécurité fonctionnelle 20

7.2 Caractéristiques techniques 21

7.3 Conditions de fonctionnement 22

7.4 Spécifications du câble 22

# 1 Présentation

## 1.1 Historique des versions

Ce guide est régulièrement révisé et mis à jour. Toutes les suggestions d'amélioration sont les bienvenues.

L'original de ce guide a été rédigé en anglais.

**Tableau 1: Historique des versions**

| Version | Remarques |
|---|---|
| AQ319741840653, version 0301 | Mises à jour mineures.<br>Les informations de cette version sont valables pour les variateurs de fréquence iC7-Automation jusqu'à 1260 A. |
| AQ319741840653, version 0201 | Mises à jour mineures.<br>Les informations de cette version sont valables pour les variateurs de fréquence iC7-Automation jusqu'à 106 A. |
| AQ319741840653, version 0102 | Première version.<br>Les informations de cette version sont valables pour les variateurs de fréquence iC7-Automation jusqu'à 43 A. |

## 1.2 Objet de ce manuel d'utilisation

Ce manuel d'utilisation fournit des informations sur les fonctions de sécurité fonctionnelle des variateurs iC7, et s'adresse aux utilisateurs connaissant déjà la série Danfoss iC7. Il complète les manuels spécifiques aux variateurs.

Le manuel comprend des instructions sur la manière de vérifier que les fonctions de sécurité fonctionnelles intégrées sont actives, et de configurer les fonctions de sécurité.

## 1.3 Ressources supplémentaires

Des ressources supplémentaires sont disponibles pour vous aider à comprendre les fonctions, et à installer et utiliser les produits iC7 en toute sécurité :

- Guides de sécurité fournissant des informations de sécurité importantes relatives à l'installation des variateurs iC7.
- Guides d'installation couvrant l'installation mécanique et électrique des variateurs ou des options d'extension fonctionnelle.
- Manuels de configuration fournissant des informations techniques qui permettent de comprendre les capacités des variateurs iC7 pour une intégration dans des systèmes de contrôle et de surveillance de moteurs.
- Manuels d'utilisation intégrant les instructions des options de contrôle et autres composants du variateur.
- Guides d'application fournissant des consignes sur la configuration du variateur pour une utilisation finale spécifique. Les guides d'application des ensembles d'application logicielle fournissent également une vue d'ensemble des paramètres et des plages de valeurs pour le fonctionnement des variateurs, des exemples de configuration avec les réglages des paramètres recommandés, et des étapes de dépannage.
- Bon à savoir sur les variateurs de fréquence, à télécharger sur www.danfoss.com.
- D'autres publications, schémas et guides supplémentaires sont disponibles sur www.danfoss.com.

Les dernières versions des manuels de produit Danfoss peuvent être téléchargées sur http://drives.danfoss.com/downloads/portal/.

## 1.4 Abréviations

**Tableau 2: Abréviations liées à la sécurité fonctionnelle**

| Abréviations | Référence | Description |
|---|---|---|
| $B_{10d}$ | – | Nombre de cycles jusqu'à ce que 10 % des composants présentent une panne dangereuse (pour composants pneumatiques et électromécaniques). |
| Cat. | EN ISO 13849-1:2015 | Catégorie, niveau « B, 1-4 » |
| CCF | – | Panne de cause commune |
| FIT | – | Taux de panne : 1E-9/heure |
| HFT | EN CEI 61508-4:2010 | Tolérance aux défauts du matériel : HFT = n signifie que n+1 défauts peuvent entraîner une perte de la fonction de sécurité. |
| MTTFd | EN ISO 13849-1:2015 | Durée moyenne de fonctionnement avant une panne dangereuse. Unité : Années divisées en faible, moyenne et élevée. |
| PFH | EN CEI 61508-4:2010 | Probabilité de panne dangereuse par heure. Prendre en compte cette valeur si le dispositif de sécurité fonctionne à forte sollicitation ou en mode de fonctionnement continu, lorsque la fréquence des demandes de fonctionnement sur un système lié à la sécurité est supérieure à une fois par an. |
| PFD | EN CEI 61508-4:2010 | Probabilité moyenne de panne à la sollicitation : valeur utilisée pour un fonctionnement à faible demande. |
| PL | EN ISO 13849-1:2015 | Niveau discret utilisé pour spécifier la capacité de pièces liées à la sécurité des systèmes de contrôle à exécuter une fonction de sécurité dans des conditions prévisibles. Niveaux divisés de a à e. |
| PLr | – | Niveau de performance requis (le niveau de performance requis propre à une fonction de sécurité). |
| SIL | EN CEI 61508-4:2010 | Niveau d'intégrité de sécurité |
| STO | EN CEI 61800-5-2:2017 | Safe Torque Off |
| SS1 | EN CEI 61800-5-2:2017 | Arrêt de sécurité 1 |
| SRECS | – | Système de commande électrique lié à la sécurité |
| SRP/CS | EN ISO 13849-1:2015 | Parties du système de commande liées à la sécurité |
| PDS/SR | EN CEI 61800-5-2:2017 | Système de variateur de puissance (associé à la sécurité) |

# 2 Sécurité

## 2.1 Personnel qualifié travaillant dans le domaine de la sécurité fonctionnelle

Seul du personnel qualifié peut installer, configurer, mettre en service, entretenir et mettre hors service les fonctions et fonctionnalités de sécurité fonctionnelle. Le personnel qualifié travaillant avec les fonctions de sécurité fonctionnelle se compose d'ingénieurs électriciens qualifiés ou de personnes ayant été formées par des ingénieurs électriciens qualifiés et possédant l'expérience adéquate pour exploiter des équipements, des systèmes, des installations ou des machines conformément aux normes et directives générales relatives à la technologie de sécurité.

De plus, ils doivent :

- maîtriser les réglementations de base concernant la santé, la sécurité et la prévention des accidents ;
- avoir lu et compris les consignes de sécurité fournies dans ce manuel ;
- avoir une bonne connaissance des normes générales et spécialisées applicables à l'application spécifique.

Les installateurs et concepteurs des systèmes de variateur de puissance (associés à la sécurité) sont chargés :

- d'analyser les risques et les dangers de l'application ;
- de la sécurité globale de l'application ;
- d'identifier les fonctions de sécurité nécessaires, d'attribuer un niveau SIL ou PL à chacune des fonctions et autres sous-systèmes, et de valider les signaux et ordres de ceux-ci ;
- de concevoir des systèmes de commande appropriés associés à la sécurité, tels que le matériel, le logiciel et le paramétrage.

## 2.2 Considérations générales de sécurité

Lors de l'installation ou de l'utilisation du variateur de fréquence, respecter les informations de sécurité fournies dans les instructions. Pour plus d'informations sur les consignes de sécurité relatives à l'installation, consulter le guide de sécurité spécifique au produit inclus avec l'envoi du variateur. Pour plus d'informations sur les consignes de sécurité relatives à l'utilisation du variateur, voir le manuel d'utilisation spécifique au produit.

**REMARQUE**

Après avoir installé les fonctions de sécurité, effectuer un test de mise en service.

Un test de mise en service réussi est nécessaire après l'installation initiale et après chaque modification de l'installation ou de l'application associée à la sécurité fonctionnelle.

- Si le test de mise en service échoue, il n'est pas possible de garantir un fonctionnement sûr.

Voir 5 Mise en service pour plus d'informations sur la réalisation du test de mise en service.

**⚠ AVERTISSEMENT ⚠**

**RISQUE DE CHOC ÉLECTRIQUE**

La fonction de sécurité STO ne garantit pas la sécurité électrique. La fonction STO elle-même ne suffit pas à mettre en œuvre la fonction d'arrêt d'urgence telle que définie par la norme CEI 60204-1:2018. L'utilisation de la fonction STO pour mettre en œuvre un arrêt d'urgence peut entraîner des blessures ou provoquer la mort.

- L'arrêt d'urgence nécessite des mesures d'isolation électrique comme, p. ex., la coupure du réseau par un contacteur supplémentaire.

# 3 Sécurité fonctionnelle pour iC7

## 3.1 Safe Torque Off (STO)

**REMARQUE**

Sélectionner et appliquer correctement les composants du système de contrôle de la sécurité pour obtenir le niveau requis de sécurité fonctionnelle.

Avant d'intégrer et d'utiliser la STO dans une installation, procéder à une analyse approfondie des risques de l'installation afin de déterminer si la fonctionnalité STO et les niveaux de sécurité sont appropriés et suffisants.

La fonction Safe Torque Off (STO) est un composant du système de contrôle de la sécurité. La fonction STO empêche l'unité de générer la puissance requise pour faire tourner le moteur.

Les variateurs iC7 sont disponibles avec :

- Safe Torque Off (STO), selon la norme EN CEI 61800-5-2:2017.
- Catégorie d'arrêt 0, selon la norme EN CEI 60204-1:2018.

La fonction STO est disponible pour les variateurs iC7-Automation avec code d'option de sécurité fonctionnelle +BEF1. Les révisions matérielles spécifiques sont répertoriées dans l'annexe du certificat de sécurité fonctionnelle.

## 3.2 Activation de la fonction STO

La fonction STO est activée par suppression des tensions au niveau des entrées STO du variateur de fréquence. En raccordant le variateur de fréquence à des dispositifs de sécurité externes fournissant un retard de sécurité, une installation d'arrêt de sécurité 1 peut être obtenue. Les dispositifs de sécurité externes doivent être conformes à la Cat./au niveau PL ou SIL requis(e) lorsqu'ils sont connectés aux entrées STO.

Selon les réglages par défaut, le variateur de fréquence émet un défaut, disjoncte l'unité et met le moteur en roue libre lorsque la fonction STO est activée. Un redémarrage manuel est nécessaire.

Utiliser la fonction STO pour arrêter le variateur de fréquence dans les situations nécessitant une fonction de sécurité. En mode d'exploitation normal lorsque la fonction STO n'est pas nécessaire, utiliser plutôt la fonction d'arrêt habituelle.

## 3.3 Comportement de redémarrage automatique/manuel

L'état par défaut de la fonction STO empêche tout redémarrage imprévu (comportement de prévention de redémarrage).

**REMARQUE**

La prévention contre tout redémarrage imprévu après la désactivation de la fonction STO ne répond pas aux exigences SIL 2 ou SIL 3. Si un redémarrage imprévu est critique pour l'installation, il doit être contrôlé par l'utilisation de la fonction STO, à la fois après l'activation de la fonction STO et lors des démarrages normaux, par exemple après une mise sous tension.

**⚠ ATTENTION ⚠**

Le comportement de redémarrage par défaut est défini sur **Manuel**. Avant de passer en mode **Automatique**, s'assurer que les exigences de la norme EN ISO 12100:2011, paragraphe 6.3.3.2.5, sont respectées.

**Arrêt de la fonction STO et reprise du fonctionnement normal**

1. Appliquer à nouveau l'alimentation 24 V CC aux entrées STO.
2. Envoyer un signal de reset (via le bus, l'E/S digitale ou le panneau de commande).

Régler la fonction STO sur redémarrage automatique en réglant la valeur du paramètre **7.2.1 Réponse STO** de la valeur par défaut **Défaut** (reset manuel) à la valeur **Avertissement** (reset automatique).

Le reset automatique signifie que la fonction STO prend fin et que le fonctionnement normal reprend dès que l'alimentation 24 V CC est appliquée aux entrées STO. Aucun signal de reset n'est requis.

## 3.4 Sécurité relative à la configuration du système

Les variateurs iC7 sont dotés d'une puce de sécurité matérielle, et l'application logicielle comprend à la fois des fonctions de sécurité obligatoires et configurables qui empêchent l'accès non autorisé au variateur, garantissent une connectivité sécurisée au variateur, et protègent le variateur contre toutes modifications logicielles non autorisées.

Pour plus de détails sur les fonctions de sécurité incluses dans l'application logicielle, se reporter à la documentation de l'application logicielle.

Les fonctions de sécurité configurables peuvent être adaptées aux exigences de l'application. En fonction de la version logicielle du variateur de fréquence, les paramètres peuvent être protégés par un mot de passe.

## 3.5 Variateurs de fréquence avec groupe de sécurité fonctionnelle 1 (non évolutive)

Les variateurs de fréquence avec STO (+BEF1) fournissent la fonction de sécurité Safe Torque Off (STO) avec une entrée à deux canaux isolée galvaniquement et un signal de retour STO à des fins de diagnostic.

Le variateur intègre la fonction STO via les bornes d'E/S de sécurité fonctionnelle comme décrit dans Tableau 3.

Le variateur de fréquence iC7 doté de la fonction STO a été conçu et approuvé comme acceptable pour les exigences suivantes :

- Category 3 in EN ISO 13849-1.
- Performance Level "e" in EN ISO 13849-1.
- SIL 3 in IEC 61508 and EN 61800-5-2.

La fonction de sécurité STO est active si l'une ou les deux entrées STO ne sont pas raccordées à un signal +24 V. Le variateur de fréquence ne peut pas passer à l'état RUN. Pour plus d'informations, voir Tableau 4.

Les conditions préalables au fonctionnement normal (fonction STO inactive) sont les suivantes :

- Les signaux STO A et STO B sont sous tension.
- Aucun défaut interne n'est actif.

L'entrée et les sorties de commande sont isolées galvaniquement de la tension d'alimentation (PELV) et d'autres bornes haute tension, sauf indication contraire.

**Tableau 3: Bornes d'E/S de sécurité fonctionnelle dans les variateurs de fréquence**

| Borne X31 | | | Borne X32 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Numérotation** | **Nom de la borne** | **Fonctions** | **Numérotation** | **Nom de la borne** | **Fonctions** |
| 41 | 24 V | + Sortie 24 V CC | 45 | GND | 0 V/GND |
| 42 | S.INA+ | + Entrée STO canal A | 46 | S.INA- | - Entrée STO canal A |
| 43 | S.INB+ | + Entrée STO canal B | 47 | S.INB- | - Entrée STO canal B |
| 44 | S.FB+ | + Retour STO | 48 | S.FB- | - Retour STO |

**Tableau 4: instances de la fonction STO et de la sortie de retour STO**

| Entrées STO | Conditions de fonctionnement | Fonction STO | Signal de retour STO | Texte de défaut ou d'avertissement |
|---|---|---|---|---|
| Les deux entrées sont sous tension 24 V CC | Fonctionnement normal | Désactivée | Désactivée | Aucun défaut ou avertissement |
| Alimentation coupée aux deux entrées | Demande STO | Activée | Activée | « STO activée »[1] |
| Une seule entrée sous tension | Panne demandée ou due à un défaut interne | Activée | Désactivée | « STO – Défaut [nom du canal] »[2] |

[1] Demande STO normale : Il peut s'agir d'un défaut ou d'un avertissement en fonction des réglages de redémarrage.

[2] Panne demandée ou due à un défaut interne (toujours un « défaut », non configurable). Indiqué après l'expiration de la temporisation d'écart (500 ms).

### 3.5.1 Propriétés de la fonction STO

Pour s'adapter facilement au système de sécurité, les entrées STO présentent les propriétés suivantes :

- Isolation galvanique des bornes : Les borniers d'E/S de sécurité fonctionnelle sur la carte de commande (X31, X32) comportent des entrées séparées isolées galvaniquement pour permettre, par exemple, d'intervertir les polarités des bornes d'entrée STO comme indiqué dans Illustration 7 et Illustration 8.
- Filtrage des test d'impulsions : Plusieurs modules de commande testent leurs sorties de sécurité à l'aide d'un dispositif de tests d'impulsions (tests on/off) afin d'identifier les défauts causés par des courts-circuits ou des boucles de courant. Lors du raccordement des entrées STO à une sortie de sécurité d'un module de commande, les tests d'impulsions ne doivent pas activer la fonction STO. Pour cette raison, les tests d'impulsions durant moins de 2 ms seront ignorés sur les lignes d'entrée STO.

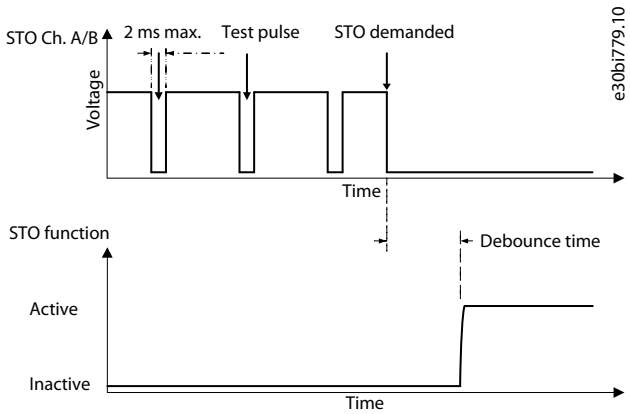


**Illustration 1: Filtrage des test d'impulsions**

- Tolérance d'entrée asynchrone : Les signaux d'entrée aux bornes STO ne sont pas toujours synchrones. Si la différence entre les deux signaux est supérieure à 500 ms, le variateur indique un défaut STO comme décrit dans Tableau 4. Cette fonction ne retarde pas l'activation de la fonction STO.

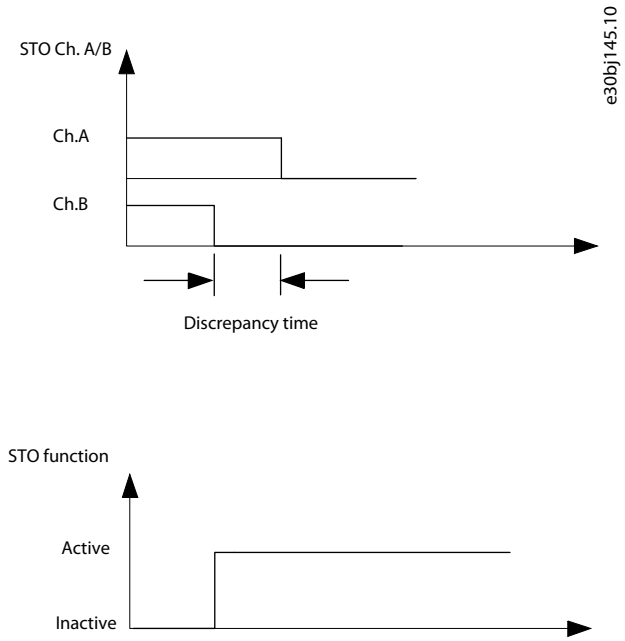


**Illustration 2: Durée de l'écart**

## 3.5.2 Panne de la fonction STO

Une panne matérielle interne peut entraîner un mode dans lequel une demande STO externe n'entraîne pas la mise hors tension du moteur.

Les valeurs PFH/PFD et MTTF indiquées dans 7.1 Normes et performances de sécurité fonctionnelle reflètent la probabilité de ce défaut. Toute autre panne interne liée à la fonction STO entraîne directement une activation non demandée de la fonction STO ou n'affecte qu'un seul des deux canaux STO redondants. Les pannes affectant un seul canal peuvent être détectées lors de l'exécution du test de diagnostic spécifié dans 6 Fonctionnement et maintenance.

### 3.5.3 Retour STO

Le retour STO est un signal de retour à canal unique qui peut être utilisé à des fins de diagnostic et pour indiquer une STO active. Il peut aider à améliorer la sécurité au niveau du système, par exemple dans les cas de mise à niveau, où un retour diagnostique vers le système de sécurité est nécessaire.

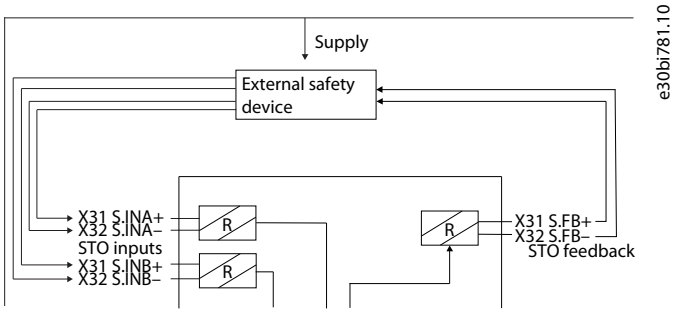


**Illustration 3: Exemple de retour STO (1/2)**

Il peut également être utilisé comme sortie digitale pour fournir un signal d'état. Dans ce cas, la charge peut être une entrée digitale d'un API.

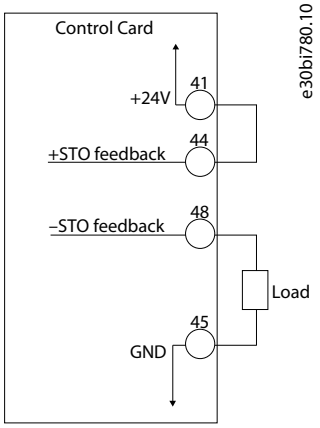


**Illustration 4: Exemple de retour STO (2/2)**

Le retour STO fonctionne comme un contacteur qui se ferme dès que les deux canaux d'entrée STO sont mis hors tension.

# 4 Installation

## 4.1 Installation de la fonction STO pour les variateurs de fréquence avec groupe de sécurité fonctionnelle 1 (STO – non évolutive)

Pour le raccordement du moteur, la connexion au réseau CA et le câblage de commande, suivre les consignes d'installation sûre se trouvant dans la documentation fournie avec le variateur. Tous les câblages associés à la sécurité fonctionnelle doivent être effectués sur les borniers X31 et X32. Voir Illustration 5 pour connaître l'emplacement des bornes.

**REMARQUE**

Si des câbles multibrins sont utilisés au cours de l'installation, des embouts ou d'autres moyens appropriés doivent être utilisés pour éviter qu'un seul brin ne court-circuite les broches voisines.

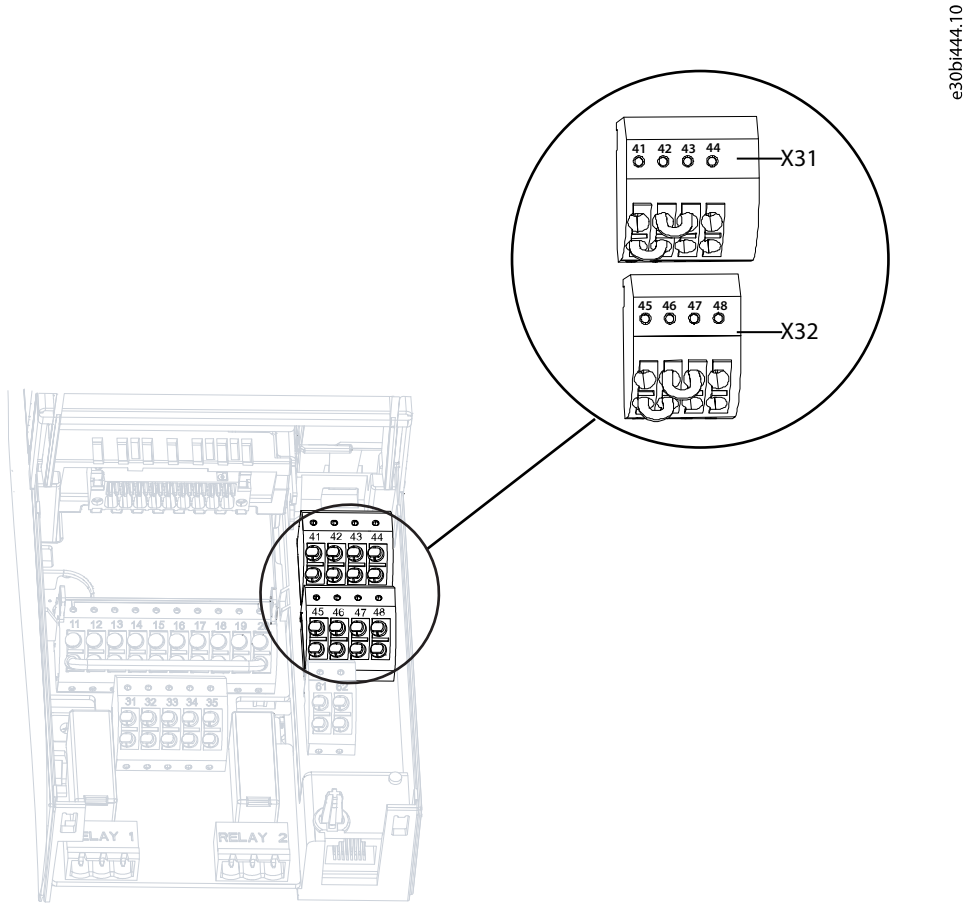


**Illustration 5: Bornes de sécurité fonctionnelle**

**Tableau 5: Bornes d'E/S de sécurité fonctionnelle dans les variateurs de fréquence**

| Borne X31 | | | Borne X32 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Numérotation** | **Nom de la borne** | **Fonctions** | **Numérotation** | **Nom de la borne** | **Fonctions** |
| 41 | 24 V | + Sortie 24 V CC | 45 | GND | 0 V/GND |
| 42 | S.INA+ | + Entrée STO canal A | 46 | S.INA- | - Entrée STO canal A |
| 43 | S.INB+ | + Entrée STO canal B | 47 | S.INB- | - Entrée STO canal B |
| 44 | S.FB+ | + Retour STO | 48 | S.FB- | - Retour STO |

Le variateur de fréquence est livré sans aucun câble aux bornes d'E/S de sécurité fonctionnelle. Par conséquent, toutes les entrées de sécurité sont mises hors tension et la fonction STO est active.

1. Si la fonction de sécurité STO n'est pas nécessaire, câbler le bornier comme indiqué dans Illustration 6, ou utiliser les cavaliers STO du sac d'accessoires et les monter sur X31 et X32. Cela garantit que les deux entrées STO sont alimentées en 24 V CC pour permettre un fonctionnement normal.

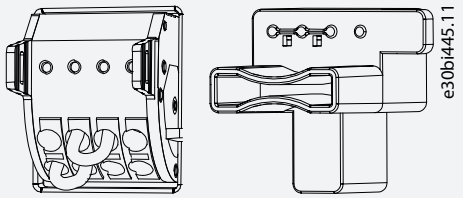


**Illustration 6: Bornier câblé (à gauche) et cavalier STO (à droite)**

## 4.2 Exemples de raccordement

En raison de l'isolation galvanique des entrées STO, divers raccordements et différentes polarités sont possibles dans le câblage.

Par exemple, raccorder un actionneur de sécurité aux bornes d'entrée STO, et définir les références de tension comme indiqué dans Illustration 7 et Illustration 8. Les process présentant le même niveau de tension sur les deux canaux (+24 V) sont pris en charge, tout comme les process présentant des niveaux de tension différents (+24 V et GND).

**REMARQUE**

Pour éviter l'accumulation et le décalage des tensions à un niveau dangereux, la PELV GND du variateur et le dispositif de sécurité externe doivent être interconnectés.

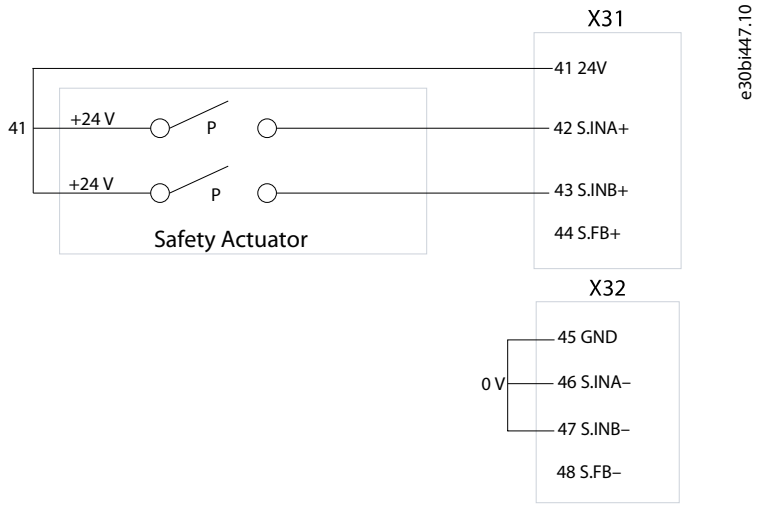


**Illustration 7: Exemple de raccordement STO en cas d'utilisation des mêmes polarités (canal A et canal B = 24 V)**

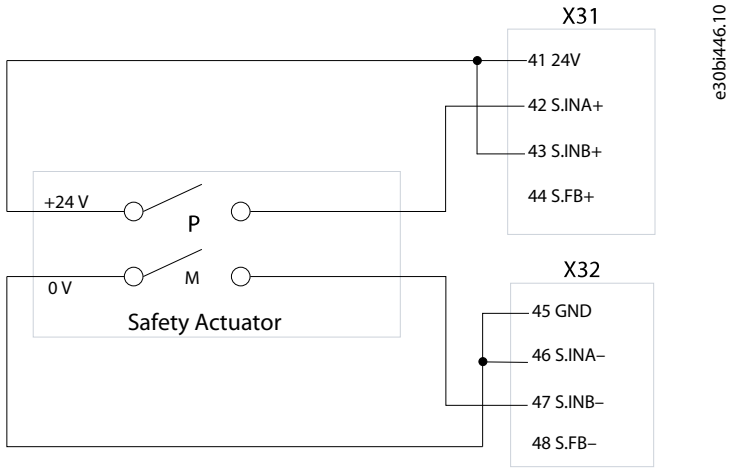


**Illustration 8: Exemple de raccordement STO en cas d'utilisation de polarités différentes**

Pour d'autres exemples de câblage, se reporter à la documentation de l'application logicielle.

# 5 Mise en service

## 5.1 Consignes de sécurité pour la mise en service

Voir 2 Sécurité et se reporter aux guides d'utilisation des variateurs correspondants pour plus d'informations sur la sécurité. Toujours respecter les consignes fournies par le fabricant du moteur.

**⚠ AVERTISSEMENT ⚠**

**ROTATION RÉSIDUELLE**

La fonction STO peut être utilisée pour les moteurs synchrones, asynchrones et les moteurs à magnétisation permanente. Deux défauts peuvent survenir dans le semi-conducteur de puissance du variateur. Lorsque des moteurs synchrones ou des moteurs à magnétisation permanente sont utilisés, une rotation résiduelle peut provenir de défaillances. La rotation peut être calculée comme suit : angle = 360/(nombre de pôles). L'application utilisant des moteurs synchrones ou à magnétisation permanente doit tenir compte de cette rotation résiduelle et veiller à ce qu'il n'y ait pas de risque en termes de sécurité. Cette situation ne concerne pas les moteurs asynchrones.

## 5.2 Test de mise en service

Après l'installation et avant le premier fonctionnement, un test de mise en service faisant usage de la fonction STO est requis. Le test de mise en service est également requis après chaque modification de l'installation ou de l'application relative à la STO.

**REMARQUE**

Après avoir installé les fonctions de sécurité, effectuer un test de mise en service.

Un test de mise en service réussi est nécessaire après l'installation initiale et après chaque modification de l'installation ou de l'application associée à la sécurité fonctionnelle.

– Si le test de mise en service échoue, il n'est pas possible de garantir un fonctionnement sûr.

Pour réaliser un test de mise en service :

- Voir 5.2.1 Test de mise en service des applications STO en mode de redémarrage manuel si la fonction STO est réglée sur le mode de redémarrage manuel (paramètre **7.2.1 Réponse STO** réglé sur le réglage par défaut **Défaut, reset requis**) (reset manuel).
- Voir 5.2.2 Test de mise en service des applications STO en mode de redémarrage automatique si la fonction STO est réglée sur le mode de redémarrage automatique (paramètre **7.2.1 Réponse STO** réglé sur **Avertissement, aucun reset requis**) (reset automatique).

### 5.2.1 Test de mise en service des applications STO en mode de redémarrage manuel

**Tableau 6: Test de mise en service en mode de redémarrage manuel**

| Procédure de test | | Approuvé |
|---|---|---|
| 1 | Mettre le variateur de fréquence sous tension. | ☐ |
| 2 | Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité. | ☐ |
| 3 | Démarrer le moteur. | ☐ |
| 4 | Couper l'alimentation 24 V CC des deux bornes d'entrée STO à l'aide du dispositif de sécurité, pendant que le moteur est entraîné par le variateur de fréquence (c.-à-d. que l'alimentation réseau n'est pas interrompue). | ☐ |
| 5 | Vérifier que le moteur tourne en roue libre.<br>Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête. | ☐ |
| 6 | Si un panneau de commande est installé, vérifier si **STO activée** s'affiche sur le panneau de commande. | ☐ |
| | Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si **STO activée** est répertorié dans le journal des événements. | |

| Procédure de test | | Approuvé |
|---|---|---|
| 7 | Si le retour STO est utilisé, vérifier que la fonction STO est activée en vérifiant l'état du retour STO. Voir Illustration 4. | ☐ |
| 8 | Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO. | ☐ |
| 9 | S'assurer que le moteur demeure en état de roue libre et que tous les relais raccordés restent activés. | ☐ |
| 10 | Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S numérique ou le panneau de commande. | ☐ |
| 11 | S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine. | ☐ |

### 5.2.2 Test de mise en service des applications STO en mode de redémarrage automatique

**Tableau 7: Test de mise en service en mode de redémarrage automatique**

| Procédure de test | | Approuvé |
|---|---|---|
| 1 | Mettre le variateur de fréquence sous tension. | ☐ |
| 2 | Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité. | ☐ |
| 3 | Démarrer le moteur. | ☐ |
| 4 | Couper l'alimentation 24 V CC des deux bornes d'entrée STO à l'aide du dispositif de sécurité, pendant que le moteur est entraîné par le variateur de fréquence (c.-à-d. que l'alimentation réseau n'est pas interrompue). | ☐ |
| 5 | Vérifier que le moteur tourne en roue libre.<br>Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête. | ☐ |
| 6 | Si un panneau de commande est installé, vérifier si **STO activée** s'affiche sur le panneau de commande. | ☐ |
| | Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si **STO activée** est répertorié dans le journal des événements. | |
| 7 | Si le retour STO est utilisé, vérifier que la fonction STO est activée en vérifiant l'état du retour STO. Voir Illustration 4. | ☐ |
| 8 | Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO. | ☐ |
| 9 | S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine. | ☐ |

# 6 Fonctionnement et maintenance

## 6.1 Tests fonctionnels

- Il est **obligatoire** pour PL e ou SIL 3 de réaliser un test fonctionnel tous les 3 mois afin de détecter toute panne ou tout dysfonctionnement de la fonction STO.
- Il est **obligatoire** pour PL d ou SIL 2 de réaliser un test fonctionnel tous les 12 mois afin de détecter toute panne ou tout dysfonctionnement de la fonction STO.
- Il est **recommandé**, mais pas obligatoire, pour PL c ou SIL 1 de réaliser un test fonctionnel tous les 12 mois afin de détecter toute panne ou tout dysfonctionnement de la fonction STO.

**REMARQUE**

Si le test fonctionnel échoue, un fonctionnement sûr ne peut pas être garanti.

1. Effectuer le test fonctionnel en suivant les étapes décrites dans 6.1.1 Test fonctionnel utilisant le signal de retour STO ou 6.1.2 Test fonctionnel sans utiliser le signal de retour STO.

### 6.1.1 Test fonctionnel utilisant le signal de retour STO

Le signal de retour (c.-à-d. Référence) est actif chaque fois que la fonction STO est activée en interne par les deux canaux STO redondants (A+B). Il permet d'indiquer facilement que les deux canaux fonctionnent.

**Tableau 8: Test fonctionnel utilisant le signal de retour STO**

| Procédure de test | | Approuvé |
|---|---|---|
| 1 | Mettre le variateur de fréquence sous tension. | ☐ |
| 2 | Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité. | ☐ |
| 3 | Démarrer le moteur. | ☐ |
| 4 | Vérifier que la sortie de retour STO n'indique pas une STO active. | ☐ |
| 5 | Activer la fonction STO en coupant simultanément l'alimentation 24 V CC des **canaux d'entrée STO A et B** tandis que le moteur est entraîné par le variateur de fréquence (c.-à-d. que l'alimentation réseau n'est pas interrompue). | ☐ |
| 6 | Vérifier que le moteur tourne en roue libre.<br>Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête. | ☐ |
| 7 | Vérifier que la sortie de retour STO indique une STO active. La sortie indique une STO complète uniquement lorsque les deux canaux sont appelés. | ☐ |
| 8 | Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer. | ☐ |
| 9 | Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO. | ☐ |
| 10 | **Étape optionnelle, uniquement avec le réglage du mode reset manuel :**<br>Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande. | ☐ |
| 11 | S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine. | ☐ |

### 6.1.2 Test fonctionnel sans utiliser le signal de retour STO

Il est également possible de vérifier la fonction STO sans signal de retour. Dans ce cas, les deux canaux doivent être testés séparément.

**Tableau 9: Test fonctionnel sans utiliser le signal de retour STO**

| Procédure de test | | Approuvé |
|---|---|---|
| 1 | Mettre le variateur de fréquence sous tension. | ☐ |
| 2 | Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité. | ☐ |
| 3 | Démarrer le moteur. | ☐ |
| 4 | Couper l'alimentation 24 V CC des bornes du **canal d'entrée STO A** tandis que le moteur est entraîné par le variateur de fréquence (c.-à-d. que l'alimentation réseau n'est pas interrompue). | ☐ |
| 5 | Vérifier que le moteur tourne en roue libre.<br>Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête. | ☐ |
| 6 | Si un panneau de commande est installé, vérifier si **STO – Défaut canal A** s'affiche sur le panneau de commande. | ☐ |
| 7 | Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si **STO – Défaut canal A** est répertorié dans le journal des événements. | ☐ |
| 8 | Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer. | ☐ |
| 9 | Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO. | ☐ |
| 10 | Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande. | ☐ |
| 11 | S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine. | ☐ |
| 12 | Couper l'alimentation 24 V CC des bornes du **canal d'entrée STO B** tandis que le moteur est entraîné par le variateur de fréquence (c.-à-d. que l'alimentation réseau n'est pas interrompue). | ☐ |
| 13 | Vérifier que le moteur tourne en roue libre.<br>Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête. | ☐ |
| 14 | Si un panneau de commande est installé, vérifier si **STO – Défaut canal B** s'affiche sur le panneau de commande. | ☐ |
| 15 | Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si **STO – Défaut canal B** est répertorié dans le journal des événements. | ☐ |
| 16 | Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer. | ☐ |
| 17 | Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO. | ☐ |
| 18 | Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande. | ☐ |
| 19 | S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine. | ☐ |

## 6.2 Tests de diagnostic

Si le signal de retour STO est utilisé, effectuer un test supplémentaire pour SIL3 tous les 24 mois afin de détecter d'éventuelles pannes de la fonctionnalité de retour STO.

**Tableau 10: Test de diagnostic du signal de retour STO**

| Procédure de test | | Approuvé |
|---|---|---|
| 1 | Mettre le variateur de fréquence sous tension. | ☐ |
| 2 | Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité. | ☐ |
| 3 | Démarrer le moteur. | ☐ |

| Procédure de test | | Approuvé |
|---|---|---|
| 4 | Vérifier que la sortie de retour STO n'indique pas une STO active. | ☐ |
| 5 | Couper l'alimentation 24 V CC des bornes du **canal d'entrée STO A** tandis que le moteur est entraîné par le variateur de fréquence (c.-à-d. que l'alimentation réseau n'est pas interrompue). | ☐ |
| 6 | Vérifier que le moteur tourne en roue libre.<br>Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête. | ☐ |
| 7 | Si un panneau de commande est installé, vérifier si **STO – Défaut canal A** s'affiche sur le panneau de commande. | ☐ |
| 8 | Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si **STO – Défaut canal A** est répertorié dans le journal des événements. | ☐ |
| 9 | Vérifier que la sortie de retour STO n'indique pas une STO active. (La sortie indique une STO complète uniquement lorsque les deux canaux sont appelés.) | ☐ |
| 10 | Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer. | ☐ |
| 11 | Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO. | ☐ |
| 12 | Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande. | ☐ |
| 13 | S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine. | ☐ |
| 14 | Couper l'alimentation 24 V CC des bornes du **canal d'entrée STO B** tandis que le moteur est entraîné par le variateur de fréquence (c.-à-d. que l'alimentation réseau n'est pas interrompue). | ☐ |
| 15 | Vérifier que le moteur tourne en roue libre.<br>Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête. | ☐ |
| 16 | Si un panneau de commande est installé, vérifier si **STO – Défaut canal B** s'affiche sur le panneau de commande. | ☐ |
| 17 | Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si **STO – Défaut canal B** est répertorié dans le journal des événements. | ☐ |
| 18 | Vérifier que la sortie de retour STO n'indique pas une STO active. (La sortie indique une STO complète uniquement lorsque les deux canaux sont appelés.) | ☐ |
| 19 | Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer | ☐ |
| 20 | Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO. | ☐ |
| 21 | Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande. | ☐ |
| 22 | S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine. | ☐ |

# 7 Spécifications

## 7.1 Normes et performances de sécurité fonctionnelle

Toutes les fonctions de sécurité des variateurs iC7 répondent aux exigences des normes énumérées dans ce chapitre.

**Tableau 11: Normes et performances de sécurité fonctionnelle**

| Directive ou norme | | Version |
|---|---|---|
| **Directives européennes** | Directive machine (2006/42/CE) | EN ISO 13849-1:2015,<br>EN ISO 13849-2:2012 |
| | | EN CEI 61800-5-2:2007 |
| | Directive CEM (2014/30/UE) | EN CEI 61800-3:2018 – second environnement |
| | | EN CEI 61326-3-1:2017 |
| | Directive Basse Tension (2014/35/UE) | EN CEI 61800-5-1:2017 |
| **Normes de sécurité** | Sécurité des machines | EN ISO 13849-1:2015, CEI 60204-1:2018 |
| | Sécurité fonctionnelle | CEI 61508-1:2010, CEI 61508-2:2010,<br>EN CEI 61800-5-2:2017 |
| **Fonction de sécurité** | | EN CEI 61800-5-2:2017 Safe Torque Off (STO) |
| | | CEI 60204-1:2018 Catégorie d'arrêt 0 |
| **Performance de sécurité** | **EN ISO 13849-1:2015** | |
| | Catégorie | Cat. 3 |
| | Couverture du test (fonctionnel) de diagnostic | > 90 % (moyen) |
| | Niveau de performance | Jusqu'à PL e |
| | Intervalle maximal des tests de diagnostic pour le niveau de performance associé | PL e : 3 mois |
| | | PL d : 12 mois |
| | Durée moyenne de fonctionnement avant une panne dangereuse | Élevée (100 ans par canal) |
| | **CEI 61508:2010** | |
| | Niveau d'intégrité de sécurité | Jusqu'à SIL 3 |
| | Intervalle maximal des test de diagnostic pour le niveau d'intégrité de sécurité associé | SIL 3 : 3 mois |
| | | SIL 2 : 12 mois |
| | Probabilité de panne dangereuse par heure | PFH : < 8 FIT |
| | Probabilité de panne dangereuse sur demande | PFD : $< 5 \cdot 10^{-4}$ |
| | HFT | Tolérance aux anomalies de matériel = 1 |
| | Classement du sous-système | Type A |
| | Intervalle des tests de validité T1 | 20 ans |
| | Durée de mission TM | 20 ans |

| Directive ou norme | | Version |
|---|---|---|
| Temps de réaction | Temps de réponse de l'entrée à la sortie | < 30 ms[1] |
| | Temps de réaction en cas de défaut | < 30 ms |
| Mode de fonctionnement | Forte demande, faible demande et continu | |

[1] Temps de réponse entre l'entrée et la sortie avec des câbles blindés. Sinon, un maximum de 20 ms peut être ajouté à cette valeur dans les conditions CEM les plus défavorables.

## 7.2 Caractéristiques techniques

L'entrée et les sorties de commande sont isolées galvaniquement de la tension d'alimentation (PELV) et d'autres bornes haute tension, sauf indication contraire.

**Tableau 12: Entrée digitale 24 V pour entrée STO (Groupe de sécurité fonctionnelle 1, +BEF1)**

| Fonction | Données |
|---|---|
| Type d'entrée | Point Commun/flottante |
| Logique | PNP |
| Niveau de tension | 0-24 V CC |
| Niveau de tension, logique 0 PNP | <5 V |
| Niveau de tension, logique 1 PNP | >11 V |
| Tension max. sur l'entrée fonctionnelle | 30 V |
| Tension max. sur l'entrée état de sécurité | 60 V |
| Courant d'entrée | 8 mA > $I_c$ > 5 mA à 24 V |
| Résistance interne équivalente | 3 kΩ < Ri < 4,7 kΩ à 24 V |
| Isolation | Fonctionnel |
| Protection contre l'inversion de polarité | Oui |
| Courant d'entrée max à l'état arrêt. | 0,1 mA |

**Tableau 13: Sorties digitales 24 V pour retour STO**

| Fonction | Données |
|---|---|
| Type de sortie | Sink/source |
| Tension nominale | Collecteur ouvert 24 V CC/60 V max. |
| Courant nominal | 50 mA |
| Isolation | Oui |
| Protection surcharge | Oui |
| Protection contre l'inversion de polarité | Oui |
| Tension à l'état ON | >17,4 V |
| Courant de fuite dans l'état OFF | 0,1 mA |

**Tableau 14: Tensions auxiliaires**

| Fonction | | Données |
|---|---|---|
| Sortie 24 V, sécurité fonctionnelle (X31, X32) | Tension de sortie | 24 V ±15 % |
| | Charge max. | 100 mA |

## 7.3 Conditions de fonctionnement

**Tableau 15: Conditions de fonctionnement pour la sécurité fonctionnelle**

| Fonction | Données |
|---|---|
| Température de fonctionnement | Selon les spécifications du variateur de fréquence. |
| Température de stockage | -40 °C...+80 °C (-40 °F...+176 °F) |
| Humidité relative de l'air | Selon les spécifications du variateur de fréquence (sans condensation). |
| Altitude de fonctionnement | Selon les spécifications du variateur de fréquence. |
| Conditions environnementales | Le produit doit être installé dans un environnement conforme à la norme EN CEI 61800-5-1:2017 Degré de pollution 2 – sans condensation.<br>Pour les environnements de degré de pollution 2 avec condensation, le produit doit être installé dans une armoire IP54/NEMA 12 conformément à la norme EN CEI 60529 AMD 2:2013 ou similaire. |

Vérifier les conditions de fonctionnement de chaque variateur dans le manuel de configuration ou le manuel d'utilisation spécifique au produit. Les dernières versions des manuels de produit Danfoss peuvent être téléchargées sur http://drives.danfoss.com/downloads/portal/.

## 7.4 Spécifications du câble

**Tableau 16: Dimensionnement des câbles pour connecteurs X31, X32**

| Type de câble | Section de câble [$mm^2$ (AWG)] | Longueur de dénudage [mm (po)] |
|---|---|---|
| Solide | 0,5-1,5 (24-16) | 10 (0,4) |
| Souple | 0,5-1,5 (24-16) | 10 (0,4) |
| Souple avec embout sans manchon en plastique | 0,5-1,5 (24-16) | 10 (0,4) |
| Souple avec embout avec manchon en plastique | 0,5 (24) | 10 (0,4) |

# Index

+
+BEF1 ..... 9

A
Abréviations ..... 5

C
Considérations de sécurité ..... 7

D
Documentation complémentaire ..... 5

E
E/S de sécurité fonctionnelle ..... 21, 21
Entrées de sécurité fonctionnelle ..... 21, 21

H
Historique des versions ..... 5

I
Informations produit ..... 5

J
Journal des modifications ..... 5

M
Matériel de support ..... 5

N
Normes
    Sécurité fonctionnelle ..... 20
Normes et directives
    ISO 13849-1 ..... 5
    CEI 61508 ..... 5
    CEI 61800-5-2 ..... 5
    EN 60204-1 ..... 7

O
Objet de ce manuel ..... 5

P
Personnel qualifié ..... 7
Précautions de sécurité ..... 7

S
Safe Torque Off ..... 8
STO ..... 8

ENGINEERING
TOMORROW

**Danfoss A/S**
Ulsnaes 1
DK-6300 Graasten
drives.danfoss.com

Toutes les informations, incluant sans s'y limiter, les informations sur la sélection du produit, son application ou son utilisation, son design, son poids, ses dimensions, sa capacité ou toute autre donnée technique mentionnée dans les manuels du produit, les catalogues, les descriptions, les publicités, etc., qu'elles soient diffusées par écrit, oralement, électroniquement, sur internet ou par téléchargement, sont considérées comme purement indicatives et ne sont contraignantes que si et dans la mesure où elles font explicitement référence à un devis ou une confirmation de commande. Danfoss n'assume aucune responsabilité quant aux erreurs qui se seraient glissées dans les catalogues, brochures, vidéos et autres documentations.Danfoss se réserve le droit d'apporter sans préavis toutes modifications à ses produits. Cela s'applique également aux produits commandés mais non livrés, si ces modifications n'affectent pas la forme, l'adéquation ou le fonctionnement du produit.Toutes les marques commerciales citées dans ce document sont la propriété de Danfoss A/S ou des sociétés du groupe Danfoss. Danfoss et le logo Danfoss sont des marques déposées de Danfoss A/S. Tous droits réservés.