

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

Manuel d'utilisation

Sécurité fonctionnelle de la série iC7

Frequency Converters, 1.3–1260 A



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. 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. Les informations de cette version sont valables pour les variateurs de fréquence iC7-Automation jusqu'à 106 A.
AQ319741840653, version 0102	Première version. 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

Abrévia-tions	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.

R E M A R Q U E

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.

⚠ A V E R T I S S E M E N T ⚠

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)

R E M A R Q U E

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, disjuncte 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).

R E M A R Q U E

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.

⚠ A T T E N T I O N ⚠

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'invertir 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.

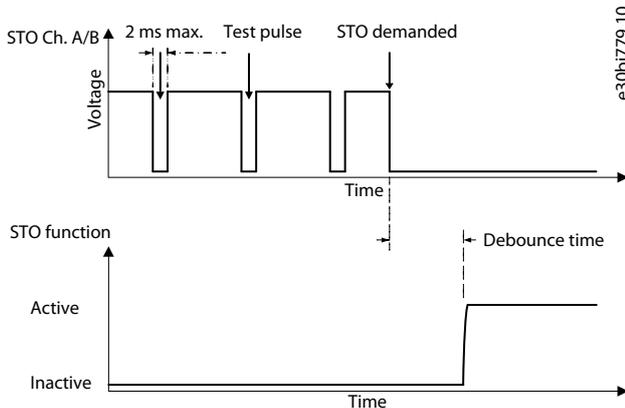


Illustration 1: Filtrage des test d'impulsions

- 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.

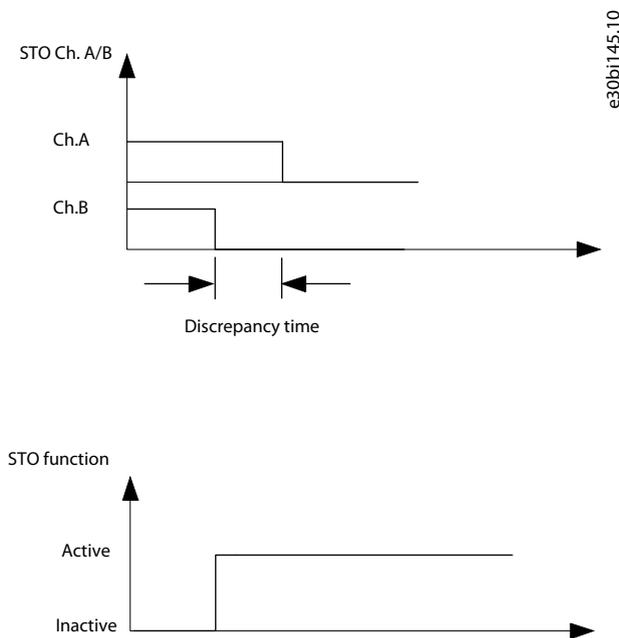


Illustration 2: Durée de l'écart

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.

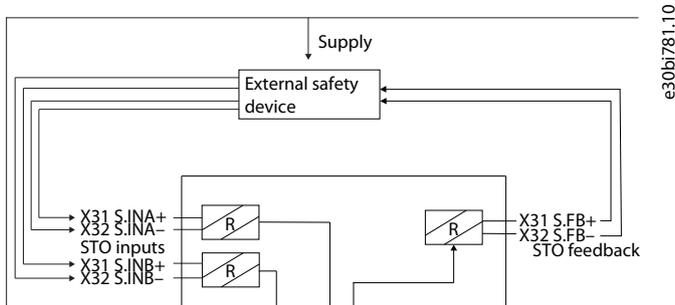


Illustration 3: Exemple de retour STO (1/2)

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.

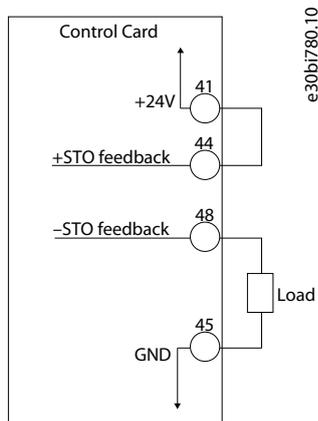


Illustration 4: Exemple de retour STO (2/2)

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.

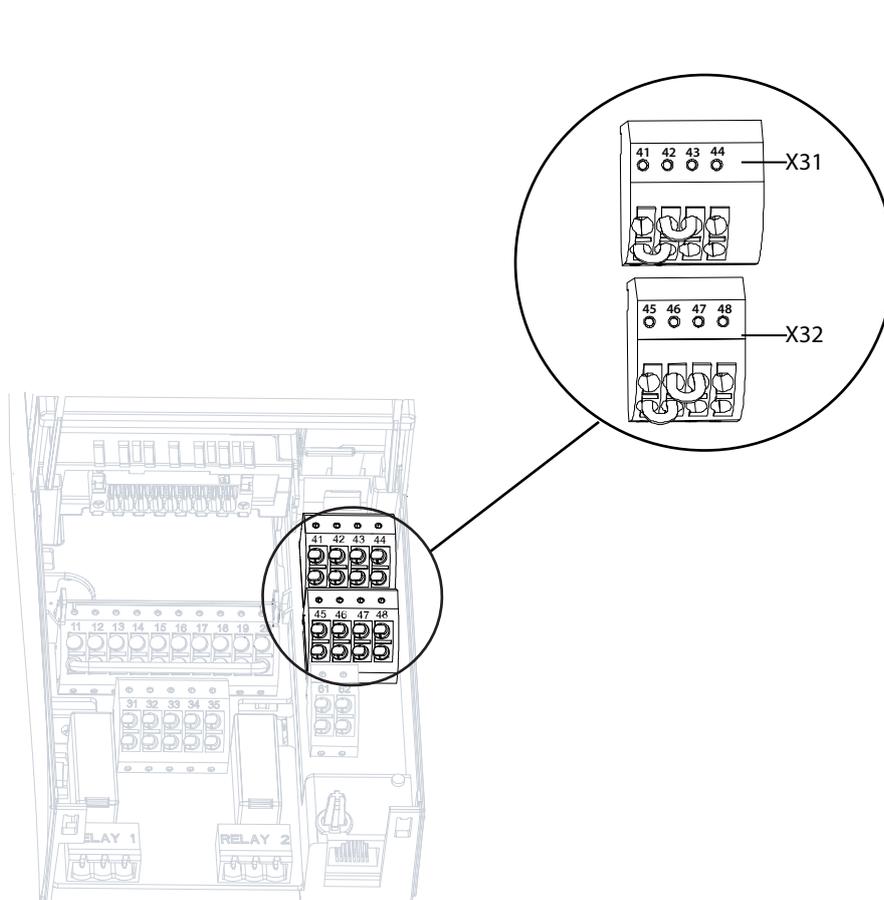


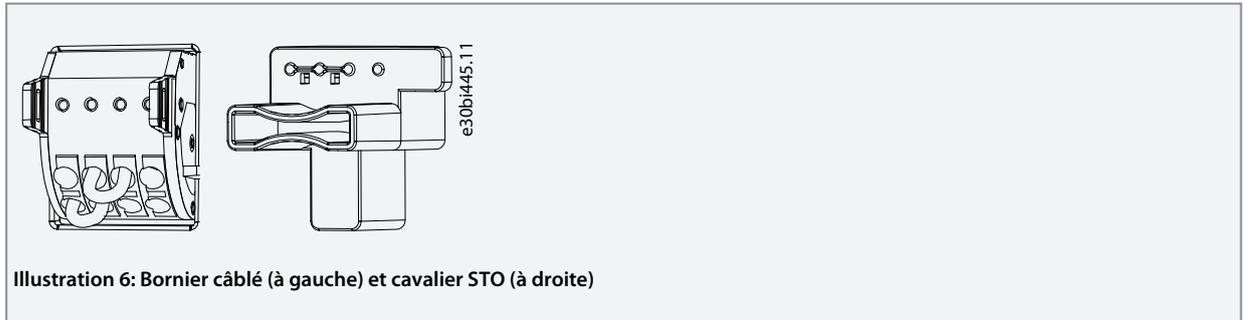
Illustration 5: Bornes de sécurité fonctionnelle

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.



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.

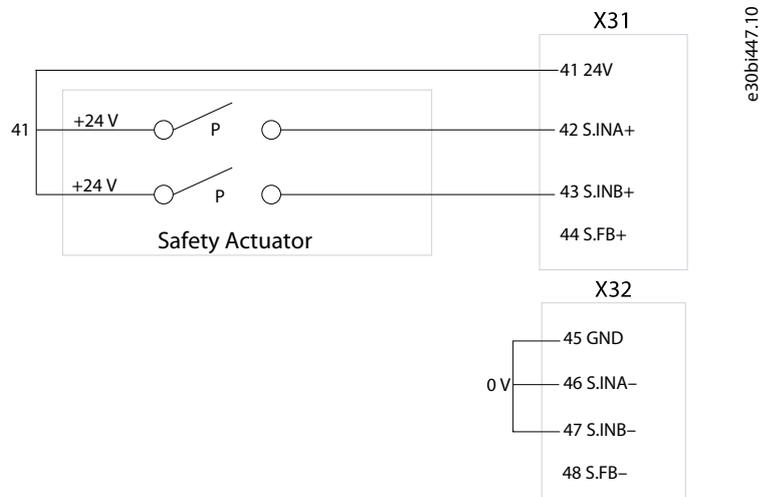


Illustration 7: Exemple de raccordement STO en cas d'utilisation des mêmes polarités (canal A et canal B = 24 V)

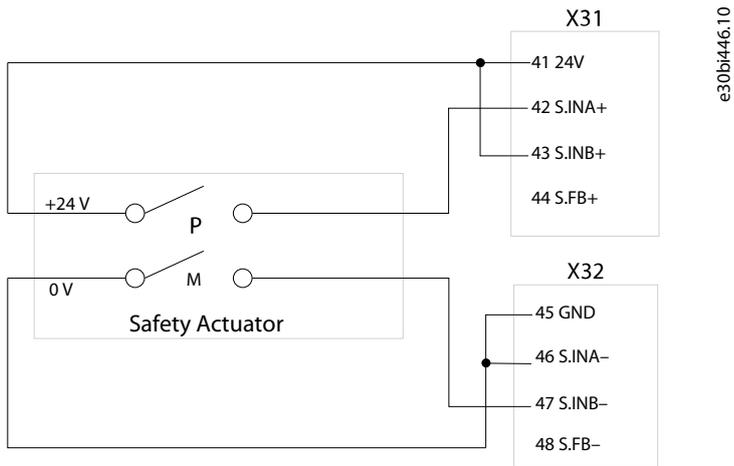


Illustration 8: Exemple de raccordement STO en cas d'utilisation de polarités différentes

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.

! A V E R T I S S E M E N T !

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 : $\text{angle} = 360 / (\text{nombre de pôles})$. 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.

R E M A R Q U E

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.	<input type="checkbox"/>
2	Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité.	<input type="checkbox"/>
3	Démarrer le moteur.	<input type="checkbox"/>
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).	<input type="checkbox"/>
5	Vérifier que le moteur tourne en roue libre. Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête.	<input type="checkbox"/>
6	Si un panneau de commande est installé, vérifier si STO activée s'affiche sur le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
	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 .	<input type="checkbox"/>
8	Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO.	<input type="checkbox"/>
9	S'assurer que le moteur demeure en état de roue libre et que tous les relais raccordés restent activés.	<input type="checkbox"/>
10	Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S numérique ou le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
11	S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine.	<input type="checkbox"/>

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.	<input type="checkbox"/>
2	Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité.	<input type="checkbox"/>
3	Démarrer le moteur.	<input type="checkbox"/>
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).	<input type="checkbox"/>
5	Vérifier que le moteur tourne en roue libre. Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête.	<input type="checkbox"/>
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.	<input type="checkbox"/>
7	Si le retour STO est utilisé, vérifier que la fonction STO est activée en vérifiant l'état du retour STO. Voir Illustration 4 .	<input type="checkbox"/>
8	Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO.	<input type="checkbox"/>
9	S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine.	<input type="checkbox"/>

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.

R E M A R Q U E

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.	<input type="checkbox"/>
2	Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité.	<input type="checkbox"/>
3	Démarrer le moteur.	<input type="checkbox"/>
4	Vérifier que la sortie de retour STO n'indique pas une STO active.	<input type="checkbox"/>
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).	<input type="checkbox"/>
6	Vérifier que le moteur tourne en roue libre. Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête.	<input type="checkbox"/>
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.	<input type="checkbox"/>
8	Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer.	<input type="checkbox"/>
9	Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO.	<input type="checkbox"/>
10	Étape optionnelle, uniquement avec le réglage du mode reset manuel : Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
11	S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine.	<input type="checkbox"/>

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.	<input type="checkbox"/>
2	Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité.	<input type="checkbox"/>
3	Démarrer le moteur.	<input type="checkbox"/>
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).	<input type="checkbox"/>
5	Vérifier que le moteur tourne en roue libre. Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête.	<input type="checkbox"/>
6	Si un panneau de commande est installé, vérifier si STO – Défaut canal A s'affiche sur le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
7	Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si STO – Défaut canal A est répertorié dans le journal des événements.	<input type="checkbox"/>
8	Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer.	<input type="checkbox"/>
9	Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO.	<input type="checkbox"/>
10	Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
11	S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine.	<input type="checkbox"/>
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).	<input type="checkbox"/>
13	Vérifier que le moteur tourne en roue libre. Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête.	<input type="checkbox"/>
14	Si un panneau de commande est installé, vérifier si STO – Défaut canal B s'affiche sur le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
15	Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si STO – Défaut canal B est répertorié dans le journal des événements.	<input type="checkbox"/>
16	Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer.	<input type="checkbox"/>
17	Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO.	<input type="checkbox"/>
18	Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
19	S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine.	<input type="checkbox"/>

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 panes 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.	<input type="checkbox"/>
2	Vérifier qu'il n'y a pas de défaut de sécurité.	<input type="checkbox"/>
3	Démarrer le moteur.	<input type="checkbox"/>

Procédure de test		Approuvé
4	Vérifier que la sortie de retour STO n'indique pas une STO active.	<input type="checkbox"/>
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).	<input type="checkbox"/>
6	Vérifier que le moteur tourne en roue libre. Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête.	<input type="checkbox"/>
7	Si un panneau de commande est installé, vérifier si STO – Défaut canal A s'affiche sur le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
8	Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si STO – Défaut canal A est répertorié dans le journal des événements.	<input type="checkbox"/>
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.)	<input type="checkbox"/>
10	Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer.	<input type="checkbox"/>
11	Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO.	<input type="checkbox"/>
12	Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
13	S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine.	<input type="checkbox"/>
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).	<input type="checkbox"/>
15	Vérifier que le moteur tourne en roue libre. Cela peut prendre beaucoup de temps avant que le moteur s'arrête.	<input type="checkbox"/>
16	Si un panneau de commande est installé, vérifier si STO – Défaut canal B s'affiche sur le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
17	Si le panneau de commande n'est pas installé, vérifier si STO – Défaut canal B est répertorié dans le journal des événements.	<input type="checkbox"/>
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.)	<input type="checkbox"/>
19	Donner une commande de démarrage pour s'assurer que la fonction STO bloque le fonctionnement du variateur. Le moteur ne doit pas démarrer	<input type="checkbox"/>
20	Appliquer à nouveau 24 V CC aux entrées STO.	<input type="checkbox"/>
21	Envoyer un signal de reset via le bus de terrain, l'E/S digitale ou le panneau de commande.	<input type="checkbox"/>
22	S'assurer que le moteur se met à fonctionner, et ce, dans la plage de vitesse d'origine.	<input type="checkbox"/>

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, EN ISO 13849-2:2012 EN CEI 61800-5-2:2007
	Directive CEM (2014/30/UE)	EN CEI 61800-3:2018 – second environ- nement 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, 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 : < 5·10 ⁻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 \pm 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. 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

+		M	
+BEF1.....	9	Matériel de support.....	5
A		N	
Abréviations.....	5	Normes	
C		Sécurité fonctionnelle.....	20
Considérations de sécurité.....	7	Normes et directives	
D		ISO 13849-1.....	5
Documentation complémentaire.....	5	CEI 61508.....	5
E		CEI 61800-5-2.....	5
E/S de sécurité fonctionnelle.....	21, 21	EN 60204-1.....	7
Entrées de sécurité fonctionnelle.....	21, 21	O	
H		Objet de ce manuel.....	5
Historique des versions.....	5	P	
I		Personnel qualifié.....	7
Informations produit.....	5	Précautions de sécurité.....	7
J		S	
Journal des modifications.....	5	Safe Torque Off.....	8
		STO.....	8

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.

