

DIGISTART **D2** et **D3** Guide de référence

Sommaire

	Page	
1	Introduction	5
1.1	Généralités	5
1.2	Avantages des démarreurs progressifs	5
1.3	Applications typiques	6
1.4	Différentes méthodes de démarrage de moteurs	7
1.5	Quel est le courant de démarrage minimal avec un démarreur progressif ?	10
1.6	Tous les démarreurs triphasés sont-ils identiques ?	11
2	Méthodes de démarrage progressif et d'arrêt progressif	12
2.1	Méthodes de démarrage	12
2.2	Méthodes d'arrêt	16
2.3	Mode de marche par impulsions	18
3	Conception d'un système avec démarreurs progressifs	19
3.1	Un contacteur principal est-il nécessaire ?	19
3.2	Que sont les contacteurs bypass ?	20
3.3	Qu'est-ce qu'une connexion triangle (6 fils) ?	21
3.4	Comment remplacer un démarreur étoile/triangle par un démarreur progressif ?	22
3.5	Comment utiliser la correction du facteur de puissance avec un démarreur progressif ?	22
3.6	Comment assurer une protection de circuit de type 1 ?	23
3.7	Comment assurer une protection de circuit de type 2 ?	23
3.8	Comment sélectionner les câbles lors de l'installation d'un démarreur progressif ?	24
3.9	Quelle est la longueur maximale des câbles entre un démarreur progressif et le moteur ?	24
3.10	Comment fonctionnent les moteurs à deux vitesses et peut-on utiliser un démarreur progressif pour les contrôler ?	24
3.11	Un démarreur progressif peut-il contrôler séparément plusieurs moteurs pour un démarrage séquentiel ?	25
3.12	Un démarreur progressif peut-il contrôler plusieurs moteurs pour un démarrage en parallèle ?	25
3.13	Les moteurs à bague peuvent-ils être démarrés avec un démarreur progressif ?	25

	Page
3.14 Les démarreurs progressifs peuvent-ils inverser le sens de rotation du moteur ?	27
3.15 Comment s'installent des démarreurs progressifs dans une armoire de type IP54 ?	27
3.16 Les démarreurs progressifs peuvent-ils contrôler un moteur déjà en rotation (reprise à la volée) ?	27
3.17 Freinage	28
3.18 Qu'est ce que le freinage progressif et comment est-il utilisé ?	28
4 Choix des démarreurs progressifs	29
4.1 Sélection de l'application	29
4.2 Dimensionnement du moteur	30
4.3 Codes d'utilisation	30
4.4 Courants nominaux typiques des moteurs	33
4.5 Utilisation des démarreurs progressifs avec des moteurs de forte puissance	34
5 Sélection des démarreurs progressifs Digistart D2 et D3	35
5.1 Processus en trois étapes	35
5.2 Sélection du démarreur	35
5.3 Sélection de l'application	37
5.4 Dimensionnement du démarreur progressif	37

1. Introduction

1.1 Généralités

Des études ont montré qu'une majorité des moteurs utilisés dans les applications industrielles, sont contrôlés par une simple commutation électromécanique. Cela se traduit par une usure accrue des machines puisqu'une accélération rapide produit des transitoires de couple dangereux et des pics de courant élevés. Les démarreurs progressifs résolvent ce problème en contrôlant le niveau de courant pendant l'accélération et la décélération.

Dans des applications où la vitesse du moteur varie, des économies d'énergie importantes peuvent être réalisées en utilisant des variateurs de vitesse. En revanche, dans des applications à vitesse fixe, les démarreurs progressifs constituent encore la solution la plus économique.

L'objectif de ce guide est de souligner les principaux avantages de l'utilisation des démarreurs progressifs en comparaison avec les autres méthodes électromécaniques de démarrage, et de décrire les avantages et les inconvénients de ces diverses méthodes. Ce guide décrit également certaines des fonctionnalités avancées que l'on peut trouver sur les démarreurs progressifs modernes, ainsi que les conditions à prendre en compte lors du choix et du dimensionnement des démarreurs progressifs.

1.2 Avantages des démarreurs progressifs

Un démarrage progressif améliore les performances de démarrage des moteurs de nombreuses manières, comme :

- ▶ l'accélération progressive sans les transitoires de couple des démarreurs électromécaniques à tension réduite,
- ▶ la tension ou le courant est appliqué progressivement, sans les transitoires de tension et de courant des démarreurs électromécaniques à tension réduite,
- ▶ des courants de démarrage plus faibles et/ou des temps de démarrage plus courts, car le contrôle par courant constant fournit un couple plus important à mesure que la vitesse moteur augmente,
- ▶ le réglage simple des performances de démarrage pour s'adapter à un moteur et à une charge spécifiques,
- ▶ le contrôle précis de la limitation du courant,
- ▶ des performances cohérentes même avec des démarrages fréquents,
- ▶ des performances fiables même si les caractéristiques de la charge varient entre les démarrages (par ex. démarrages en charge ou à vide).

En plus des performances de démarrage supérieures, les démarreurs progressifs offrent aussi des fonctionnalités non disponibles sur les autres démarreurs à tension réduite, comme :

- ▶ l'arrêt progressif (qui contribue à éliminer les coups de bélier),
- ▶ le freinage,
- ▶ la protection du moteur et du système,
- ▶ la mesure et la surveillance,
- ▶ l'historique du fonctionnement et les journaux d'événements,
- ▶ l'intégration à un réseau de communication.

1.3 Applications typiques

Les démarreurs progressifs peuvent offrir des avantages pour presque toutes les applications de démarrage de moteur. Les avantages les plus courants sont décrits ci-dessous.

Table 1-1 Applications typiques de démarrage progressif

Pompes



- ▶ Coups de bélier réduits dans les oléoducs pendant le démarrage et l'arrêt.
- ▶ Courant de démarrage réduit.
- ▶ Contrainte mécanique réduite sur l'arbre du moteur.
- ▶ La protection contre l'inversion de phases évite les dommages dus au fonctionnement de la pompe en sens inverse.

Convoyeurs à bande



- ▶ Démarrage contrôlé sans à-coup mécanique, par ex. les bouteilles ne se renverseront pas lors du démarrage, étirement réduit de la bande, déséquilibre réduit.
- ▶ Arrêt contrôlé sans à-coup mécanique (arrêt progressif).
- ▶ Performances de démarrage optimales même en cas de charges variables au démarrage (par ex. démarrage de transporteurs de charbon chargés ou à vide).
- ▶ Durée de vie prolongée des machines.
- ▶ Pas d'entretien.

Centrifugeuses



- ▶ L'application progressive du couple évite les contraintes mécaniques.
- ▶ Temps de démarrage réduits par rapport à un démarrage étoile/triangle.

Remonte-pentes



- ▶ L'accélération sans secousse améliore le confort des skieurs et évite le basculement de la barre de sécurité, etc...
- ▶ Le courant de démarrage réduit permet le démarrage de gros moteurs sous une alimentation faible.
- ▶ Accélération douce et progressive que le remonte-pente soit légèrement ou lourdement chargé.
- ▶ La protection contre l'inversion de phases empêche le fonctionnement en sens inverse.

Compresseurs



- ▶ La réduction des chocs mécaniques prolonge la durée de vie du compresseur, des accouplements et du moteur.
- ▶ Le courant de démarrage limité permet de démarrer de gros compresseurs lorsque la réserve de puissance maximale est limitée.
- ▶ La protection contre l'inversion de phases empêche le fonctionnement en sens inverse.

Ventilateurs



- ▶ Allongement de la durée de vie des accouplements grâce à la réduction des chocs mécaniques.
- ▶ Le courant de démarrage réduit permet de démarrer de gros ventilateurs lorsque la réserve de puissance maximale est limitée.
- ▶ La protection contre l'inversion de phases empêche le fonctionnement en sens inverse.

Mélangeurs



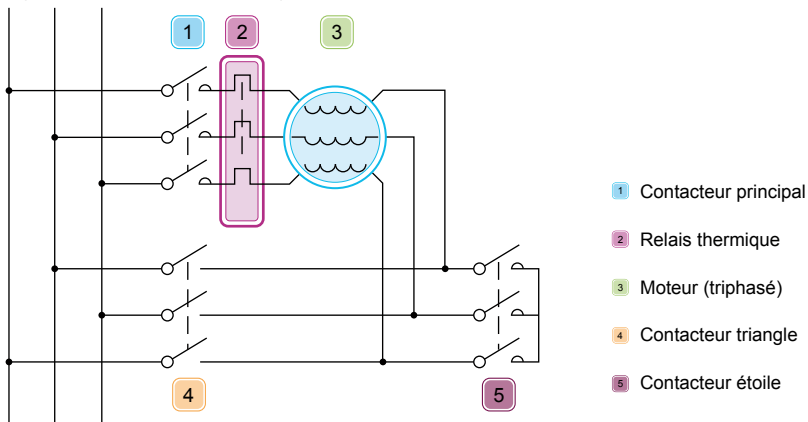
- ▶ La rotation progressive lors du démarrage réduit les contraintes mécaniques.
- ▶ Courant de démarrage réduit.

1.4 Différentes méthodes de démarrage de moteurs

1.4.1 Configuration étoile/triangle

Pour une configuration étoile/triangle, le moteur doit posséder 6 bornes et être bobiné en triangle. Le démarreur étoile/triangle emploie trois contacteurs pour démarrer initialement le moteur dans une configuration étoile, puis après un certain laps de temps, pour reconnecter le moteur en configuration triangle. Pendant la connexion étoile, la tension aux bornes de chaque enroulement est divisée par un facteur égal à la racine carrée de 3. Il en résulte que le courant et le couple sont égaux au tiers du courant et du couple correspondant à un démarrage direct dans ce cas. Si le couple disponible en configuration étoile est insuffisant, le moteur accélérera jusqu'à une vitesse réduite. Lorsque la temporisation se déclenche (réglée normalement entre 5 et 10 secondes), le moteur est déconnecté de l'alimentation et reconnecté en configuration triangle, ce qui se traduit par un courant et un couple de démarrage à tension nominale.

Figure 1-1 Connexion étoile/triangle



Comparés aux démarreurs étoile/triangle, les démarreurs progressifs sont beaucoup plus souples et offrent un démarrage sans risque de transitoires.

Les démarreurs étoile/triangle offrent des performances limitées car :

- ▶ le couple de démarrage ne peut pas se régler pour tenir compte des caractéristiques du moteur et de la charge,
- ▶ il existe une transition entre la connexion étoile et triangle qui se traduit par des transitoires de couple et de courant dangereux,
- ▶ ils ne peuvent pas s'adapter aux conditions de charge variable (par ex. démarrages en charge et à vide),
- ▶ ils ne permettent pas d'arrêt progressif.

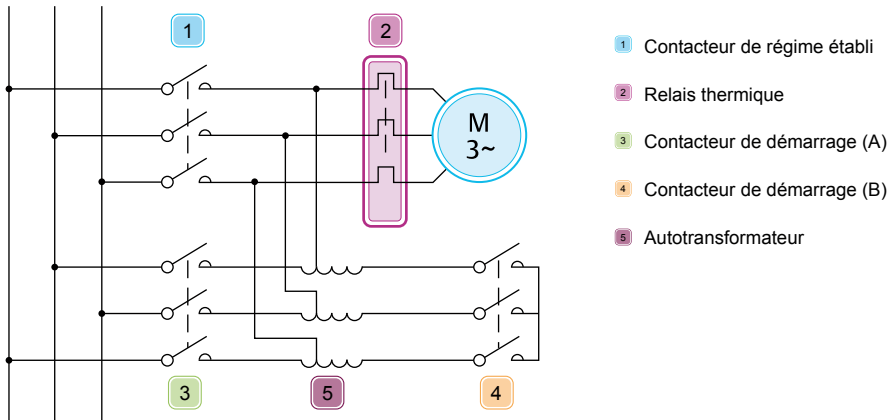
Les principaux avantages des démarreurs étoile/triangle :

- ▶ ils peuvent être moins chers qu'un démarreur progressif,
- ▶ lorsqu'ils sont utilisés pour démarrer une charge extrêmement légère, ils peuvent limiter le courant de démarrage à une valeur plus faible que celle d'un démarreur progressif. En revanche, des transitoires de courant et de couple importants peuvent encore se produire.

1.4.2 Autotransformateur

Les démarreurs à autotransformateur peuvent utiliser ce dernier pour réduire la tension pendant la phase de démarrage. Le transformateur comporte diverses prises de tension de sortie utilisables pour régler la tension de démarrage. Le courant moteur est réduit par réduction de la tension de démarrage, et plus encore par l'action du transformateur, ce qui se traduit par un courant de ligne inférieur au courant réel du moteur. La tension de démarrage initiale se règle par la sélection de la prise, et le temps de démarrage est contrôlé par une temporisation. Si la tension de démarrage est insuffisante, ou si le temps de démarrage n'est pas réglé correctement, la transition vers la tension nominale se produira alors que le moteur n'a pas encore atteint sa vitesse nominale, ce qui provoquera un courant élevé et un à-coup de couple.

Figure 1-2 Connexion de l'autotransformateur



Comparés aux démarreurs à autotransformateur, les démarreurs progressifs sont beaucoup plus souples et offrent un démarrage beaucoup plus doux.

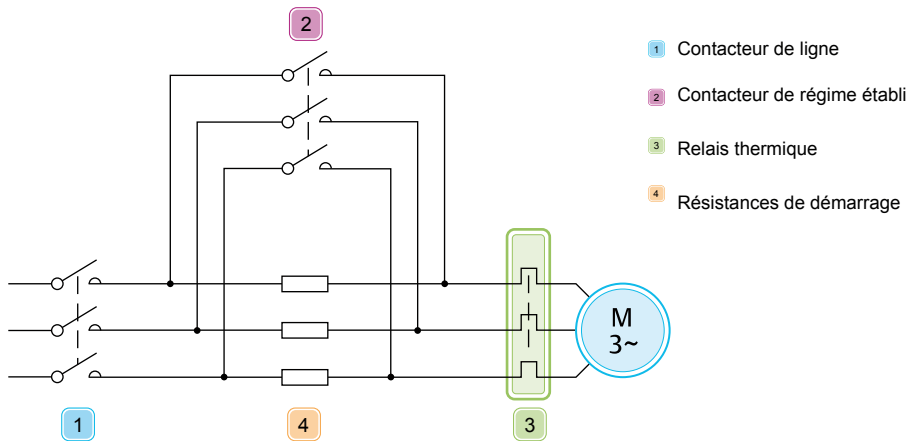
Les démarreurs à autotransformateur offrent des performances limitées car :

- ▶ ils n'offrent qu'une possibilité limitée de réglage du couple de démarrage pour s'adapter aux caractéristiques du moteur et de la charge,
- ▶ il existe toujours des transitoires de courant et de couple liés aux paliers entre les tensions,
- ▶ ils sont gros et coûteux,
- ▶ ils sont particulièrement coûteux si une fréquence de démarrage élevée est requise,
- ▶ ils ne peuvent pas s'adapter aux conditions de charge variable. par ex. démarrages en charge ou à vide,
- ▶ ils ne permettent pas d'arrêt progressif.

1.4.3 Démarreurs à résistances primaires

Pour un démarrage à résistances primaires, des résistances sont connectées en série sur chaque phase, entre le contacteur d'isolement et le moteur. La chute de tension aux bornes des résistances engendre une tension réduite appliquée au moteur, réduisant ainsi le courant et le couple de démarrage. Le temps de démarrage à tension réduite est contrôlé par une temporisation pré-réglée. Si le temps est trop court, le moteur n'aura pas atteint sa vitesse nominale avant que les résistances ne soient court-circuitées. La tension de démarrage est déterminée par les résistances utilisées. Si les résistances sont trop élevées, le couple sera insuffisant pour accélérer le moteur jusqu'à sa vitesse nominale.

Figure 1-3 Connexion des résistances primaires



Comparés aux démarreurs à résistances primaires, les démarreurs progressifs sont plus souples et plus fiables.

Les démarreurs à résistances primaires offrent des performances limitées car :

- ▶ le couple de démarrage ne peut pas se régler finement pour s'adapter aux caractéristiques du moteur et de la charge,
- ▶ des transitoires de courant et de couple se produisent à chaque palier de tension,
- ▶ ils sont gros et coûteux,
- ▶ les versions à résistances liquides exigent un entretien fréquent,
- ▶ les performances de démarrage varient lorsque la résistance chauffe, et donc les conditions de démarrages multiples ou de redémarrage ne sont pas bien contrôlées,
- ▶ ils ne peuvent pas s'adapter aux conditions de charge variable (par ex. démarrages en charge et à vide),
- ▶ ils ne permettent pas d'arrêt progressif.

1.4.4 Variateurs de vitesse

Un variateur de vitesse est un dispositif qui asservit la vitesse d'un moteur électrique en contrôlant la fréquence et la tension de son alimentation électrique. Lorsque le variateur démarre un moteur, il applique initialement une fréquence et une tension faibles au moteur, évitant ainsi un courant d'appel trop important.

Comme les variateurs peuvent être utilisés pour contrôler la vitesse du moteur, des économies d'énergie appréciables sont possibles lorsque le moteur peut fonctionner à vitesse réduite.

Si l'application ne peut pas fonctionner à vitesse réduite, dans ce cas un démarreur progressif constituera une solution énergétique plus efficace comparée à un variateur, du moins lorsqu'un contacteur est utilisé pour bypasser le démarreur dès que le moteur tourne à sa vitesse nominale. Dans de telles applications, un démarreur progressif nécessitera moins de dépenses qu'un variateur.

1.5 Quel est le courant de démarrage minimal avec un démarreur progressif ?

Les démarreurs progressifs peuvent limiter le courant de démarrage à n'importe quelle valeur désirée. En revanche, la valeur minimale du courant pour un démarrage réussi dépend du moteur et de la charge.

Pour démarrer avec succès, le moteur doit produire plus de couple d'accélération que la charge ne l'exige, tout au long du démarrage.

Réduire le courant de démarrage réduit aussi le couple produit par le moteur. Le courant de démarrage ne peut être abaissé que jusqu'au point où le couple demeure juste supérieur au couple exigé par la charge.

Le courant de démarrage probable peut être estimé par l'expérience, mais des prévisions plus précises exigent une analyse des courbes vitesse/couple du moteur et de la charge.

Figure 1-4 Démarrage réussi

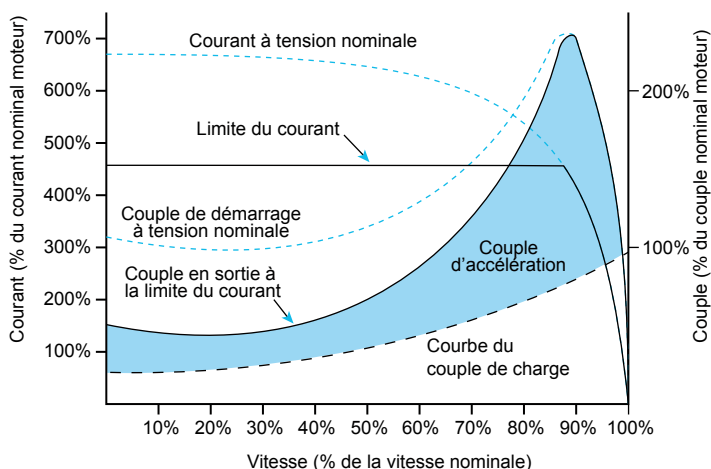
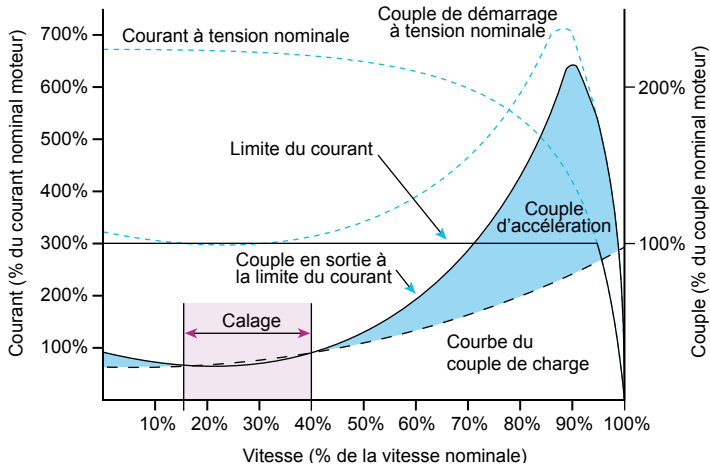


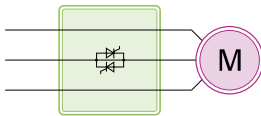
Figure 1-5 Echec du démarrage



1.6 Tous les démarreurs triphasés sont-ils identiques ?

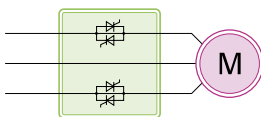
Non. Il existe différents types de démarreurs progressifs qui contrôlent le moteur de différentes manières et qui offrent différentes fonctionnalités.

Contrôle sur une phase



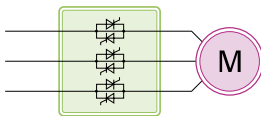
Ces appareils réduisent le transitoire de couple au démarrage mais ne réduisent pas le courant de démarrage. Aussi connu sous le nom de régulateurs de couple, ces appareils doivent être utilisés en association avec un démarreur en ligne directe.

Contrôle sur deux phases



Ces appareils éliminent les transitoires de couple et réduisent le courant de démarrage du moteur. La phase non contrôlée présente un courant légèrement supérieur à celui des deux phases contrôlées pendant le démarrage du moteur. Ils s'adaptent bien à toutes les situations sauf aux charges à forte inertie. C'est la configuration du Digistart D2.

Contrôle sur trois phases



Ces appareils contrôlent les trois phases et offrent un contrôle optimal du démarrage progressif. Le contrôle sur trois phases doit être utilisé pour les situations de démarrage difficiles. C'est la configuration du Digistart D3.

2. Méthodes de démarrage et d'arrêt progressifs

2.1 Méthodes de démarrage

Les démarreurs progressifs proposent diverses méthodes pour contrôler le démarrage des moteurs. Chaque méthode de démarrage progressif utilise un paramètre de contrôle principal différent.

Table 2-1 Méthodes de démarrage progressif

Méthode de démarrage	Paramètre contrôlé	Paramètres de performances impactés
Rampe de tension	Tension	Courant de démarrage, couple de démarrage, accélération
Courant constant	Courant	Couple de démarrage, accélération
Contrôle de couple	Couple	Courant de démarrage, accélération
Contrôle progressif d'accélération	Accélération	Courant de démarrage, couple de démarrage

Les meilleurs résultats sont obtenus en sélectionnant la méthode de démarrage progressif qui contrôle directement le paramètre le plus important pour l'application. D'ordinaire, les démarreurs progressifs sont utilisés pour limiter le courant de démarrage des moteurs ou pour contrôler l'accélération et/ou la décélération de leur charge.

2.1.1 Démarrage par rampe de tension

La rampe de tension (TVR) est la méthode la plus ancienne de démarrage progressif. La rampe de tension diminue l'application de la tension, ce qui réduit le courant de démarrage. Cela réduit le couple de démarrage et ralentit le niveau d'accélération du moteur.

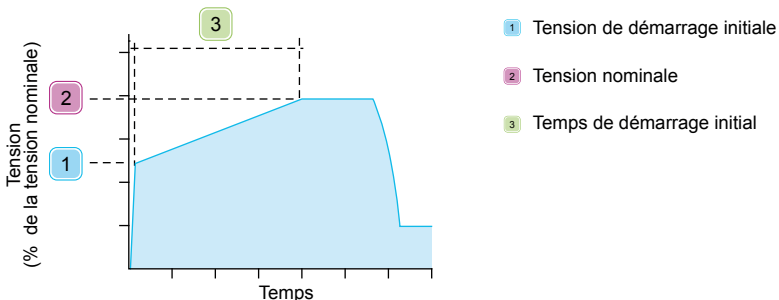
Les principaux avantages de la régulation de tension sont :

- ▶ courant et couple de démarrage réduits,
- ▶ élimination des transitoires mécaniques et électriques.

Le démarrage progressif par rampe de tension n'est pas adapté aux charges à forte inertie (comme les ventilateurs), qui exigent un niveau de tension élevé pour accélérer la charge.

Les démarrages par rampe de tension (TVR) sont largement utilisés dans les démarreurs progressifs en boucle ouverte (régulation de tension). Les démarrages par rampe de tension ne se trouvent pas couramment dans les démarreurs progressifs en boucle fermée, qui surveillent et régulent le courant.

Figure 2-1 Démarrage par rampe de tension



2.1.2 Démarrage avec limitation de courant

Dans le cas d'un démarrage avec limitation de courant, le démarreur progressif délivre une tension au moteur jusqu'à ce qu'il atteigne la valeur du courant spécifié, puis marque une pause sur la rampe de tension. Lorsque le courant chute, la rampe de tension continue. Cela maintient le courant de démarrage dans la limite requise, bien que la valeur réelle du courant du moteur varie tout au long du démarrage.

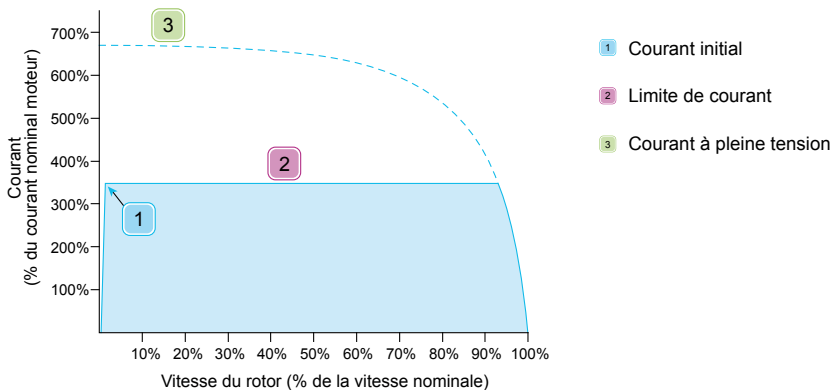
Cela peut être utile pour des applications telles que les groupes turbo-alternateurs lorsque l'alimentation est limitée.

2.1.3 Courant constant

Dans le cas d'un démarrage à courant constant, le courant augmente de zéro à un niveau défini puis se stabilise jusqu'à ce que le moteur ait accéléré.

Le démarrage à courant constant est idéal pour les applications où le courant de démarrage doit être maintenu en dessous d'un niveau particulier.

Figure 2-2 Démarrage progressif par courant constant



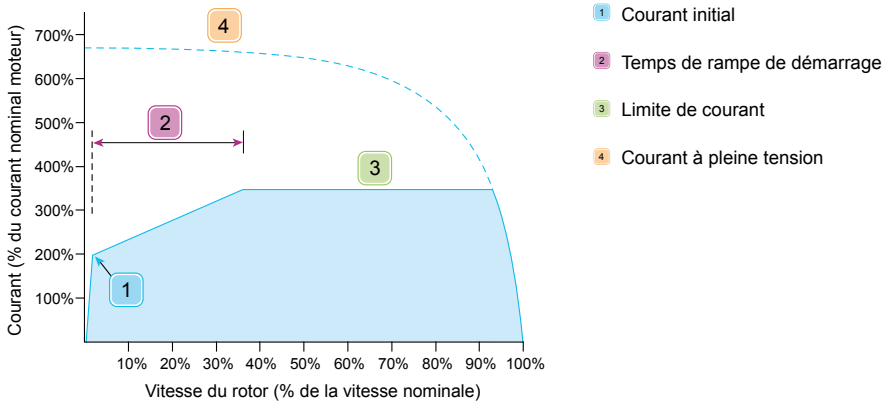
2.1.4 Rampe de courant

Le démarrage progressif par rampe de courant augmente le courant depuis un niveau de démarrage spécifié (1) jusqu'à une limite maximale (3), sur une certaine durée (2).

Le démarrage par rampe de courant peut être utile pour des applications où :

- ▶ la charge peut varier entre les démarrages (par exemple un convoyeur pouvant démarrer en charge ou à vide). Régler le courant initial à un niveau qui démarrera le moteur avec une charge légère, et la limite de courant à un niveau qui démarrera le moteur avec une charge lourde,
- ▶ la charge peut être entraînée facilement, mais le temps de démarrage doit être prolongé (par exemple pour une pompe centrifuge d'un oléoduc, la pression doit s'accroître lentement),
- ▶ l'alimentation électrique est limitée (cas d'un générateur autonome par exemple), et une application à faible charge demandera un temps de réponse plus important.

Figure 2-3 Démarrage progressif par rampe de courant



2.1.5 Régulation de couple

La régulation de couple est une méthode recommandée pour obtenir une rampe de vitesse plus linéaire par les démarreurs progressifs. En fournissant un couple d'accélération constant, la régulation de couple permettra au moteur d'accélérer ou de ralentir d'une manière linéaire.

La régulation de couple détermine le courant et le facteur de puissance, et règle la puissance de sortie du moteur afin que la différence de couple entre le moteur et la charge soit aussi constante que possible.

La régulation de couple est souhaitable pour les applications où :

- ▶ le couple de charge est constant (linéaire) tout au long du démarrage,
- ▶ le couple de charge est constant entre les démarrages.

2.1.6 Contrôle progressif de démarrage

Le Contrôle progressif d'accélération est une nouvelle méthode intelligente pour contrôler un moteur. Lors d'un démarrage par contrôle progressif, le démarreur progressif contrôle le courant afin de démarrer le moteur dans un laps de temps spécifié et en utilisant le profil d'accélération sélectionné.

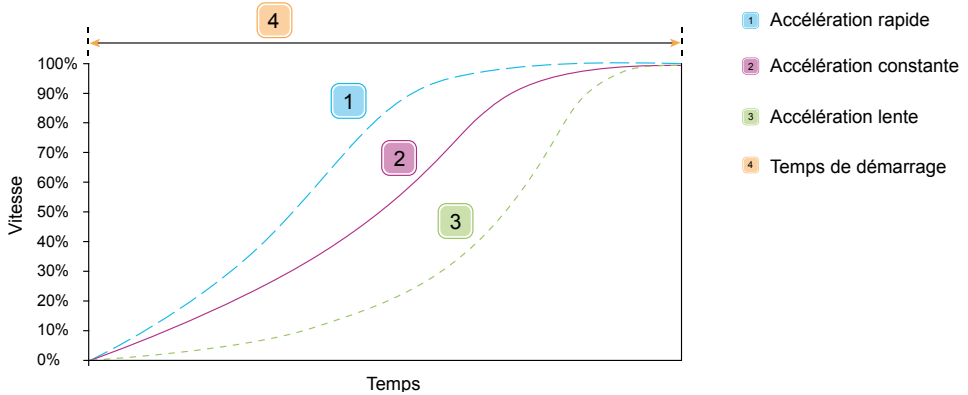
Chaque application a un profil de démarrage particulier, fondé sur les caractéristiques de la charge et du moteur. Le Contrôle progressif d'accélération propose trois profils de démarrage différents afin de s'adapter aux exigences des différentes applications. Le choix d'un profil adapté au profil inhérent à l'application peut contribuer à adoucir l'accélération sur toute la durée du démarrage. Le choix d'un profil de contrôle progressif totalement différent va plutôt neutraliser le profil de l'application.

Le démarreur progressif surveille les performances du moteur pendant chaque démarrage pour améliorer le contrôle des démarrages ultérieurs.

Note :

Le contrôle progressif règle le profil de vitesse du moteur, dans la limite de temps programmée. Il peut en résulter un niveau de courant supérieur à celui des méthodes de commande traditionnelles.

Figure 2-4 Démarrage par contrôle progressif



Comment sélectionner le profil de démarrage à contrôle progressif d'accélération

Le meilleur profil dépendra des caractéristiques exactes de chaque application.

Certaines charges ne doivent pas fonctionner à faible vitesse, comme avec les pompes immergées. Un profil d'accélération rapide fera augmenter la vitesse rapidement, puis contrôlera l'accélération sur la durée restante du démarrage.

Table 2-2 Profils de contrôle progressif pour les applications courantes

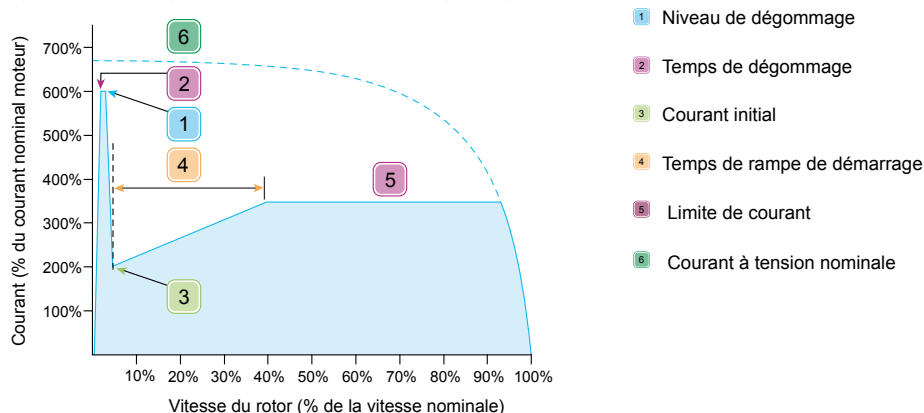
Application	Paramètre	Valeur suggérée
Pompe centrifuge	Profil de démarrage progressif Profil d'arrêt progressif	Accélération rapide Décélération lente
Pompe immergée	Profil de démarrage progressif Profil d'arrêt progressif	Accélération rapide Décélération lente
Ventilateur non régulé	Profil de démarrage progressif	Accélération constante
Convoyeur	Mode de démarrage progressif Limite de courant Profil d'arrêt progressif	Courant constant 400% Décélération constante

2.1.7 Impulsion de dégomme

L'impulsion de dégomme applique un boost de couple supplémentaire de courte durée au début du démarrage, et peut être utilisée en association avec le démarrage à courant constant ou par rampe de courant.

Il peut être utile pour aider au démarrage des charges qui exigent un couple élevé au démarrage mais qui vont accélérer ensuite facilement (par exemple, des charges inertielles comme des presses).

Figure 2-5 Démarrage par rampe de courant avec dégomme



2.2 Méthodes d'arrêt

Les démarreurs progressifs proposent diverses méthodes de contrôle pour arrêter des moteurs.

Table 2-3 Méthodes d'arrêt progressif

Méthode d'arrêt	Résultats des performances
Arrêt roue libre	Ralentissement naturel de la charge
Arrêt par rampe de tension	Temps de ralentissement rallongé
Contrôle progressif de décélération	Temps de ralentissement rallongé selon le profil de décélération sélectionné
Freinage	Temps de ralentissement réduit

Les démarreurs progressifs sont souvent utilisés dans les applications de pompage pour éliminer les effets nuisibles du coup de bélier. Le contrôle progressif doit être la méthode préférée pour ces applications.

2.2.1 Arrêt roue libre

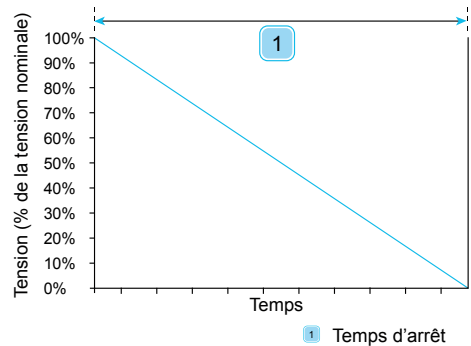
L'arrêt roue libre laisse le moteur s'arrêter naturellement, sans aucun contrôle du démarreur progressif. Le temps requis pour s'arrêter dépendra du type de la charge.

2.2.2 Arrêt par rampe de tension

La rampe de tension réduit la tension progressivement sur un laps de temps défini. Il se peut que la charge continue à être entraînée après la fin de la rampe d'arrêt.

L'arrêt par rampe de tension peut être utile pour des applications où le temps d'arrêt doit être prolongé, ou pour éviter des transitoires sur des générateurs autonomes.

Figure 2-6 Arrêt progressif par rampe de tension



2.2.3 Arrêt en contrôle progressif

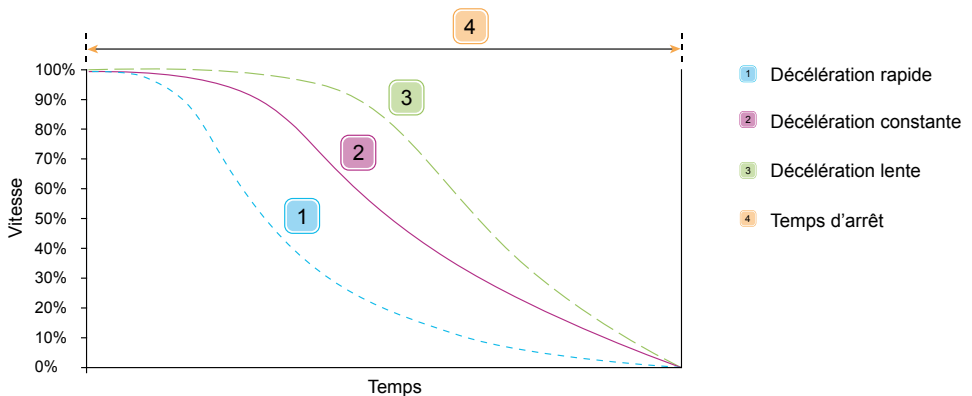
Lors d'un arrêt par contrôle progressif, le démarreur progressif contrôle le courant afin d'arrêter le moteur dans un laps de temps spécifié en utilisant le profil de décélération sélectionné. Le contrôle progressif de décélération peut être utile pour prolonger le temps d'arrêt des charges à faible inertie.

Note :

Le contrôle progressif ne ralentit pas activement le moteur et ne l'arrêtera pas plus vite qu'un arrêt en roue libre. Pour raccourcir le temps d'arrêt de charges à inertie élevée, utilisez le freinage.

Chaque application a un profil d'arrêt particulier, fondé sur les caractéristiques de la charge et du moteur. Le Contrôle progressif de décélération propose trois profils d'arrêt différents. Choisir le profil de contrôle progressif qui correspond le mieux aux exigences de l'application.

Figure 2-7 Arrêt par contrôle progressif de décélération



L'avantage du contrôle progressif a permis de résoudre facilement le problème du coup de bélier puisque le profil de décélération le mieux adapté peut être sélectionné pour cette application.

Table 2-4 Profils d'arrêt par contrôle progressif de décélération

Profil d'arrêt progressif	Application
Décélération lente	Les systèmes haute pression où même une petite réduction de la vitesse du moteur ou de la pompe se traduit par une transition rapide entre le débit direct et le débit inverse.
Décélération constante	Les applications à basse et à moyenne pression, à flux élevé où le fluide présente un débit élevé.
Décélération rapide	Système de pompe ouverte où le fluide doit retourner à la réserve sans entraîner la pompe en sens inverse.

Note :

Arrêt d'une pompe : les caractéristiques hydrauliques des systèmes de pompage varient considérablement. Cette variation signifie que le profil de décélération et le temps d'arrêt varieront d'une application à l'autre. La table 2-4 fournit des indications pour sélectionner des profils de contrôle progressif de décélération, mais nous recommandons de tester les trois profils pour identifier le meilleur pour l'application.

Comment sélectionner le profil d'arrêt à contrôle progressif de décélération

Le meilleur profil dépendra des caractéristiques exactes de chaque application. En cas d'exigences opérationnelles particulières, en faire part au distributeur local.

Note :

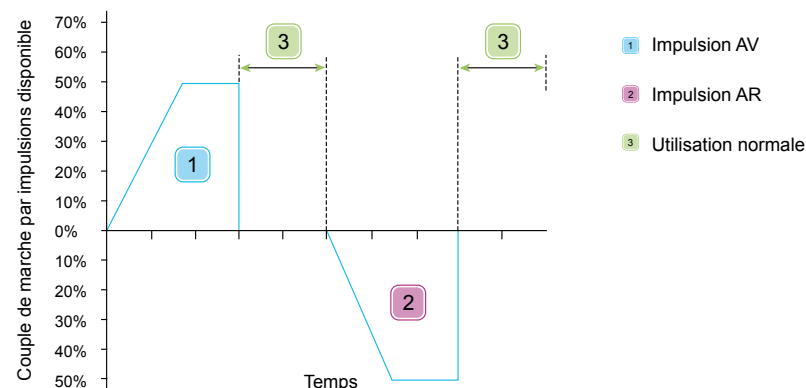
Le contrôle progressif règle le profil de vitesse du moteur, dans la limite de temps programmée. Il peut en résulter un niveau de courant supérieur à celui des méthodes de commande traditionnelles.

2.3 Mode de marche par impulsions

Le mode de marche par impulsions fait tourner le moteur à vitesse réduite pour permettre le positionnement de la charge ou pour aider à la maintenance. Le moteur peut être entraîné en marche par impulsions dans un sens ou dans l'autre.

Le couple maximal disponible dépend du démarreur progressif. Consulter le Guide de mise en service du démarreur progressif pour de plus amples informations.

Figure 2-8 Mode de marche par impulsions



3. Conception d'un système avec démarreurs progressifs

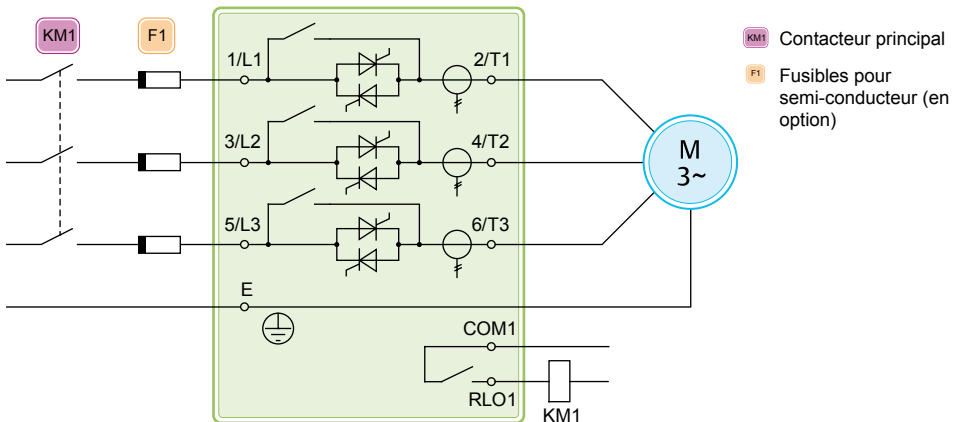
3.1 Un contacteur principal est-il nécessaire ?

Les démarreurs progressifs peuvent être installés avec ou sans contacteur principal, mais nous recommandons de l'utiliser pour les raisons suivantes :

- ▶ il peut être nécessaire pour rendre l'installation conforme aux réglementations électriques locales,
- ▶ il fournit un isolement physique lorsque le démarreur n'est pas utilisé et dans l'éventualité de sa mise en sécurité,
- ▶ même à l'état non passant, les thyristors ne présentent pas un haut degré d'isolement en raison des courants de fuite présents dans les thyristors et dans les protections du réseau.

Les contacteurs principaux doivent être de type AC3 dimensionnés pour le courant nominal du moteur.

Figure 3-1 Installation d'un démarreur avec bypass interne et contacteur principal



3.2 Que sont les contacteurs bypass ?

Les contacteurs bypass court-circuitent les thyristors d'un démarreur progressif lorsque le moteur tourne à vitesse nominale. La dissipation thermique des thyristors est ainsi éliminée lors de la rotation du moteur en régime établi. Les thyristors dissipent environ 4,5 watts par ampères en régime établi s'ils ne sont pas bypassés.

Certains démarreurs progressifs comportent des contacteurs de bypass intégrés, d'autres nécessitent des contacteurs bypass externes.

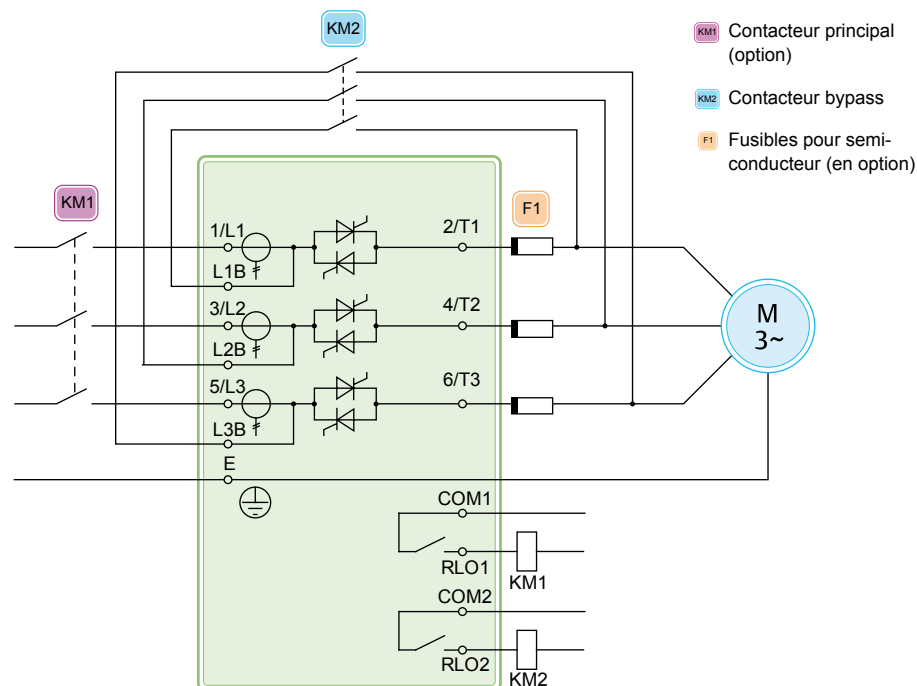
Les contacteurs de bypass :

- ▶ permettent d'installer les démarreurs progressifs dans des armoires hermétiques,
- ▶ éliminent le coût imputable à une ventilation forcée de l'armoire,
- ▶ économisent l'énergie en éliminant les pertes dans les thyristors pendant le régime établi.

Les contacteurs de bypass doivent être de type AC1 dimensionnés pour le courant nominal du moteur. Ce type AC1 est suffisant parce que le contacteur de bypass ne supporte pas le courant de démarrage ni le courant de défaut de commutation.

Les modèles sans circuit bypass interne ont des bornes bypass dédiées, qui permettent au démarreur progressif de continuer à assurer la protection et de surveiller les fonctions même lorsqu'ils sont en mode bypass via un contacteur bypass externe. Le contacteur de bypass doit être connecté aux bornes bypass et contrôlé par la sortie de régime établi "Run" du démarreur progressif (bornes COM2, RLO2).

Figure 3-2 Installation avec contacteur de bypass externe (démarreur sans bypass interne)



3.3 Qu'est ce qu'une connexion triangle (6 fils) ?

La connexion triangle (connexion 6 fils) connecte les thyristors du démarreur progressif en série avec chaque enroulement du moteur. Cela signifie que le démarreur progressif ne supporte que le courant de phase et non le courant réseau. Cela permet au démarreur progressif de contrôler un moteur de courant nominal plus important que la normale.

Lors de l'utilisation d'une connexion 6 fils, un contacteur principal ou un disjoncteur doit aussi être utilisé pour déconnecter le moteur et le démarreur progressif de l'alimentation en cas de mise en sécurité.

La connexion en 6 fils :

- ▶ simplifie le remplacement des démarreurs étoile/triangle parce que le câblage existant peut être utilisé,
- ▶ peut réduire le coût d'installation. Le coût du démarreur progressif sera réduit, mais il existe les coûts de câblage supplémentaire et le coût du contacteur principal. Le coût total doit être considéré au cas par cas.

Seuls les moteurs permettant de connecter séparément chaque extrémité de leurs trois enroulements peuvent être contrôlés à l'aide de la méthode de connexion 6 fils.

Les démarreurs progressifs ne permettent pas tous d'être connectés en 6 fils.

Figure 3-3 Installation en connexion 6 fils, bypass interne

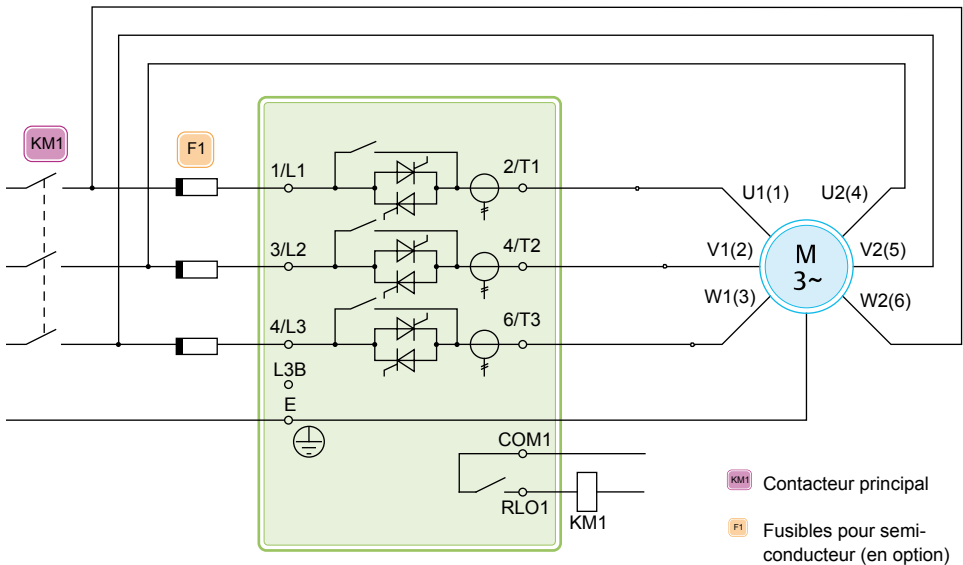
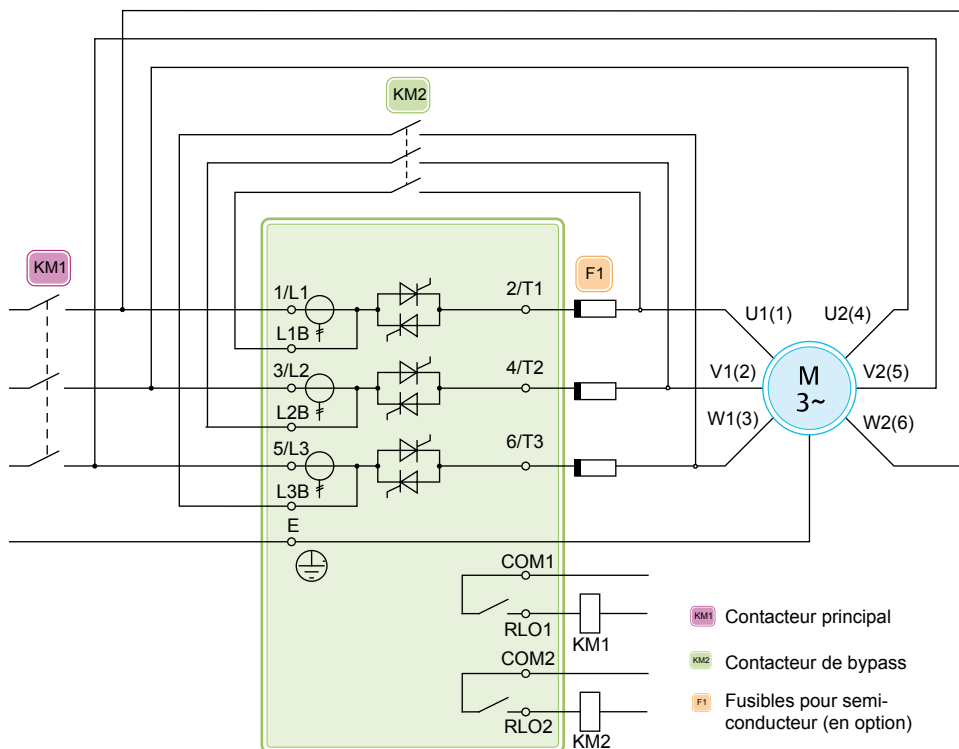


Figure 3-4 Installation en connexion 6 fils, bypass externe



3.4 Comment remplacer un démarreur étoile/triangle par un démarreur progressif ?

Si le démarreur prend en charge la connexion 6 fils, le connecter simplement à la place du démarreur étoile/triangle.

Si le démarreur progressif ne prend pas en charge la connexion 6 fils, raccorder la connexion triangle en sortie du démarreur.

3.5 Comment utiliser la correction du facteur de puissance avec un démarreur progressif?

Des condensateurs individuels de correction du facteur de puissance peuvent être utilisés avec les démarreurs progressifs s'ils sont installés du côté de l'entrée du démarreur et commutés à l'aide d'un contacteur dédié lorsque le moteur tourne à sa vitesse nominale. Le contacteur doit être de type AC6 dimensionné pour le courant nominal du moteur.

La connexion des condensateurs de correction du facteur de puissance en sortie du démarreur progressif endommagera celui-ci en raison d'une surtension importante. Cette surtension est créée par la résonance entre l'inductance du moteur et la capacité de correction du facteur de puissance.

La valeur des condensateurs peut être déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$kVA (Cap) = \sqrt{3} \times V_{\text{alimentation}} \times 0,8 \times \text{courant moteur à vide}$$

3.6 Comment assurer une protection de circuit de type 1 ?

La protection de type 1 exige que dans l'éventualité d'un court-circuit en sortie du démarreur progressif, le défaut soit écarté sans risque pour le personnel. Il n'est pas nécessaire que le démarreur progressif doive rester opérationnel après le défaut.

La protection de type 1 est assurée par des fusibles à haut pouvoir de coupure ou par un disjoncteur constituant une partie du circuit du moteur.

Au minimum, la méthode de protection doit pouvoir supporter le courant nominal du moteur. Les critères de sélection typiques sont indiqués ci-dessous.

Table 3-1 Protection de type 1

Type de démarreur	Type de protection	Valeur nominale du fusible (% Courant nominal moteur)	
		< 350% I_{nom} 15 secondes	> 350% I_{nom} 15 secondes
Démarreur progressif compact	Fusible (non retardé)	175%	200%
	Fusible (retardé)	150%	175%
	Disjoncteur*	150- 200%	
Démarreur progressif évolué	Fusible (non retardé)	150%	
	Fusible (retardé)	125%	
	Disjoncteur*	150- 200%	

* Consulter les caractéristiques techniques éditées par le fabricant

Les valeurs nominales maximums pour une protection de moteur de type 1 sont définies dans les normes UL et CEI.

Fusible	Courant nominal (% I_{nom})
Fusible (non retardé)	300%
Fusible (retardé)	175%

3.7 Comment assurer une protection de circuit de type 2 ?

La protection de type 2 exige que dans l'éventualité d'un court-circuit en sortie du démarreur progressif, le défaut soit écarté sans risque pour le personnel et pour le démarreur progressif.

La protection de type 2 est obtenue à l'aide de fusibles pour semi-conducteur. Ces fusibles doivent être capables de supporter le courant de démarrage du moteur et avoir un I^2t coupure < au I^2t des thyristors du démarreur progressif.

Les fusibles pour semi-conducteur pour une protection de circuit de type 2 sont complémentaires aux fusibles à haut pouvoir de coupure ou aux disjoncteurs qui constituent une partie de la protection du circuit du moteur.

Se reporter au Guide de mise en service du démarreur progressif pour les recommandations concernant les fusibles pour semi-conducteur.

3.8 Comment sélectionner les câbles lors de l'installation d'un démarreur progressif ?

Les critères de sélection des câbles varient en fonction de la nature du circuit et de la situation du démarreur progressif dans le circuit. Généralement:

- ▶ Dimensionnement des câbles d'alimentation
 - > courant nominal des fusibles/disjoncteurs
 - > courant nominal moteur x 1,2
- ▶ Dimensionnement des câbles d'alimentation en connexion 6 fils
 - > courant nominal moteur x 0,7

Note :

Les courants nominaux dans les câbles peuvent être déclassés pour tenir compte de divers facteurs d'installation (y compris le regroupement de câbles, la température ambiante et le câblage simple ou parallèle). Suivre toujours les instructions du fabricant.

3.9 Quelle est la longueur maximale des câbles entre un démarreur progressif et le moteur ?

La distance maximale entre le démarreur et le moteur est déterminée par la chute de tension et la capacité des câbles.

La chute de tension aux bornes du moteur ne doit pas dépasser la limite fixée par la réglementation locale en vigueur lorsque le moteur est en régime établi à pleine charge. Le câblage doit être dimensionné en conséquence.

La capacité des câbles est un facteur important pour de grandes longueurs de câbles. Consulter le fabricant du démarreur pour tout conseil ; les informations concernant la tension et la fréquence réseau ainsi que le modèle du démarreur progressif seront nécessaires.

3.10 Comment fonctionnent les moteurs à deux vitesses et peut-on utiliser un démarreur progressif pour les contrôler ?

Des démarreurs progressifs peuvent fonctionner avec les deux types les plus courants de moteurs à deux vitesses. Dans les deux cas, une protection distincte du moteur doit être fournie pour le fonctionnement à petite et à grande vitesse.

Les moteurs Dahlander sont des moteurs à usages spéciaux souvent dédiés aux compresseurs ou aux ventilateurs à deux vitesses. Les enroulements du moteur sont couplés extérieurement à l'aide de contacteurs pour un fonctionnement à grande vitesse (étoile double) et à petite vitesse (triangle). Le schéma de raccordement complet est disponible au §10 du guide de mise en service Digistart D3, réf.4259.

Les moteurs à double enroulement ont deux configurations de pôles distinctes (par ex. 4 pôles / 8 pôles) sur un arbre commun. Chaque configuration de pôles (vitesse) est sélectionnée à l'aide d'un contacteur externe de type AC3.

Les moteurs PAM (Pole amplitude modulated) modifient la vitesse en modifiant la fréquence du stator à l'aide d'une configuration d'enroulements externes. Les démarreurs progressifs ne sont pas adaptés à ce type de moteurs à deux vitesses.

3.11 Un démarreur progressif peut-il contrôler séparément plusieurs moteurs pour un démarrage séquentiel ?

Oui, un démarreur progressif peut contrôler deux moteurs séquentiellement. En revanche, le contrôle et le câblage sont complexes et chers et le gain réalisé sur le démarreur progressif est souvent remplacé par des coûts supplémentaires de composants et de mise en oeuvre.

Afin d'utiliser un démarreur progressif dans une situation de démarrage séquentiel, chaque moteur doit avoir un contacteur principal, un contacteur bypass et une protection contre les surcharges distincts

Le démarreur progressif doit pouvoir supporter la charge de démarrage totale.

3.12 Un démarreur progressif peut-il contrôler plusieurs moteurs pour un démarrage en parallèle ?

Oui. La configuration du circuit et la sélection du démarreur progressif dépendent de l'application.

Chaque moteur doit avoir sa propre protection contre les surcharges.

Si les moteurs sont de même dimension et sont couplés mécaniquement, un démarreur progressif à courant constant peut être utilisé.

Si les moteurs sont de dimensions différentes et/ou si les charges ne sont pas couplées mécaniquement, un démarreur progressif avec un profil de démarrage par rampe de tension doit être utilisé.

Le total des courants nominaux des moteurs ne doit pas dépasser le courant nominal du démarreur progressif.

3.13 Les moteurs à bague peuvent-ils être démarrés avec un démarreur progressif ?

Oui, pourvu que le couple disponible du moteur dans la nouvelle configuration soit suffisant pour accélérer la charge. Il se peut qu'il soit difficile à déterminer et un essai peut être nécessaire.

Le démarrage progressif n'est pas adapté aux applications pour lesquelles :

- ▶ le moteur à bague a été installé pour permettre une régulation de vitesse,
- ▶ la charge nécessite un fort couple de démarrage.

Pour développer le couple de démarrage, une résistance doit rester dans le circuit du rotor pendant le démarrage du moteur. Cette résistance doit être court-circuitée à l'aide d'un contacteur (de type AC2 pour le courant du rotor) dès que le moteur tourne à une vitesse proche de sa vitesse nominale.

$$R \text{ (par phase)} = 0,2 \times \frac{V_R}{\sqrt{3} \times I_R}$$

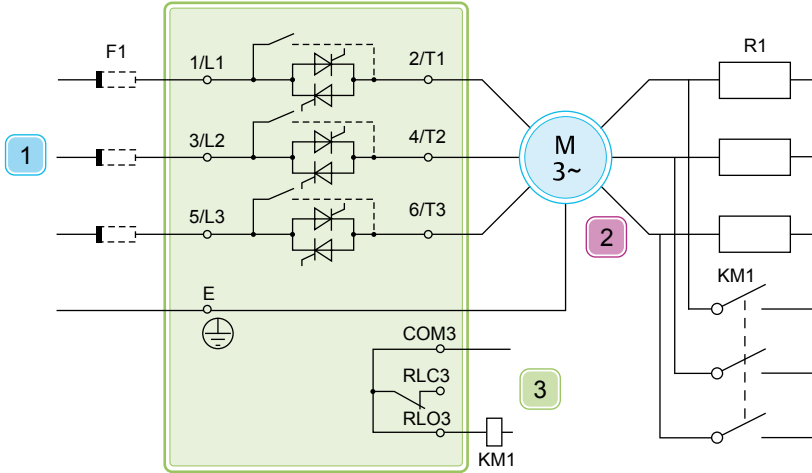
La résistance du rotor (R) peut être dimensionnée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Puissance (par phase)} = \frac{20\% \times \text{kW moteur}}{3}$$

Où V_R = tension du rotor en circuit ouvert

I_R = courant nominal du rotor

Figure 3-5 Moteur à bague



- 1 Alimentation triphasée
- 2 Moteur asynchrone à bague
- 3 Sortie de relais

KM1 Commutation des résistances rotoriques

F1 Fusibles pour semi-conducteur (en option)

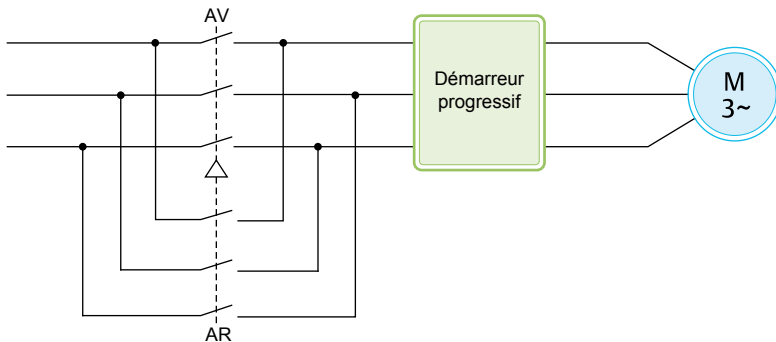
R1 Résistance du rotor (externe)

3.14 Les démarreurs progressifs peuvent-ils inverser le sens de rotation moteur ?

Pour leur part, les démarreurs progressifs ne peuvent pas faire tourner les moteurs en marche arrière à vitesse nominale. En revanche, le fonctionnement en marche avant et arrière est possible à l'aide d'un montage de contacteurs de marche avant et arrière.

Certains démarreurs progressifs (comme le Digistart D3) permettent aussi un fonctionnement à petite vitesse en marche avant ou arrière, sans contacteur d'inversion. Toutefois, le fonctionnement en marche arrière est limité à de courtes périodes à petite vitesse fixe.

Figure 3-6 Installation avec contacteurs de marche avant et arrière



3.15 Comment s'installent des démarreurs progressifs dans une armoire de type IP54 ?

Les démarreurs progressifs peuvent s'installer dans des armoires IP54 à condition que la température ambiante à l'intérieur de l'armoire ne dépasse pas la température prévue pour le démarreur progressif.

La chaleur produite à l'intérieur de l'armoire doit être dissipée soit à travers les parois de l'armoire, soit par ventilation. Lors du calcul de la chaleur produite dans l'armoire, toutes les sources de chaleur doivent être prises en compte (par ex. le démarreur progressif, les fusibles, le câblage et les appareillages de commutation). L'armoire doit être protégée du rayonnement solaire direct pour éviter l'échauffement externe.

Pour réduire l'échauffement, il est préférable que les démarreurs progressifs soient installés avec une configuration bypass.

3.16 Les démarreurs progressifs peuvent-ils contrôler un moteur déjà en rotation (reprise à la volée) ?

Oui, les démarreurs progressifs peuvent contrôler des moteurs déjà en rotation.

En général, plus le moteur tourne vite en marche avant, plus le temps de démarrage sera court.

Si le moteur tourne en marche arrière, il ralentira jusqu'à l'arrêt et accélérera ensuite en marche avant. Prévoir un temps de démarrage prolongé lors du réglage du démarreur progressif.

Aucun câblage particulier ni configuration spéciale du démarreur progressif ne sont nécessaires.

3.17 Freinage

Lorsque le freinage est sélectionné, le démarreur progressif utilise une injection DC pour ralentir le moteur.

Le freinage par le démarreur progressif :

- ▶ ne nécessite pas l'utilisation d'un contacteur de freinage DC,
- ▶ contrôle l'ensemble des trois phases de sorte que les courants de freinage et la chaleur associée sont répartis uniformément à travers le moteur.

Le freinage s'effectue en deux phases :

1. Pré-freinage : fournit un niveau de freinage intermédiaire pour ralentir la vitesse du moteur de façon à pouvoir exercer le freinage complet avec succès (environ 70% de la vitesse nominale).
2. Freinage complet : fournit un couple de freinage maximal mais reste inefficace à des vitesses supérieures à environ 70% de la vitesse nominale.



Si le couple de freinage est réglé trop haut, le moteur s'arrêtera avant la fin du temps de freinage et le moteur subira un échauffement inutile qui pourrait l'endommager. Une configuration rigoureuse est requise pour assurer un fonctionnement sûr du démarreur et du moteur.

3.18 Qu'est ce que le freinage progressif et comment est-il utilisé ?

Le freinage progressif est l'une des deux méthodes utilisées par les démarreurs progressifs pour raccourcir le temps d'arrêt des moteurs. L'autre méthode est le freinage par injection DC.

Le freinage progressif utilise des contacteurs d'inversion en entrée ou en sortie du démarreur progressif. Lorsque le démarreur progressif reçoit une commande d'arrêt, il fait fonctionner les contacteurs d'inversion et le moteur est effectivement arrêté progressivement en marche arrière. Cela applique un couple de freinage à la charge.

Comparé au freinage par injection DC, le freinage progressif :

- ▶ diminue l'échauffement du moteur,
- ▶ produit plus de couple de freinage pour un courant donné.

Le freinage progressif est meilleur pour les charges à très forte inertie.

Le schéma de raccordement complet est disponible au §10 du guide de mise en service Digistart D3, réf.4259.

4. Choix des démarreurs progressifs

4.1 Sélection de l'application

Des applications différentes exigent des niveaux de courant de démarrage adaptés.

Le niveau du courant de démarrage affecte le nombre de démarrages que le démarreur progressif peut effectuer par heure. Certains démarreurs progressifs peuvent ne pas délivrer un courant de démarrage suffisant pour des applications extrêmes.

Table 4-1 Courants de démarrage typiques

Application	300%	350%	400%	450%	Application	300%	350%	400%	450%
Agitateur			x		Ventilateur haute pression				x
Atomiseur - Injecteur			x		Broyeur	x			
Machine à laver les bouteilles	x				Groupe hydraulique	x			
Centrifugeuse				x	Moulin				x
Machine à faire des copeaux				x	Broyeur à billes (boulets ou galets)				x
Compresseur à piston (démarrage en charge)				x	Broyeur à marteaux				x
Compresseur à piston (démarrage à vide)			x		Broyeur à cylindres				x
Compresseur à vis (démarrage en charge)			x		Mélangeur				x
Compresseur à vis (démarrage à vide)		x			Presses à granulés				x
Convoyeur à bande				x	Raboteuse		x		
Convoyeur à rouleaux	x				Presse		x		
Convoyeur à vis			x		Pompe immergée	x			
Concasseur à cône	x				Pompe centrifuge		x		
Concasseur à mâchoires				x	Pompe volumétrique			x	
Concasseur rotatif	x				Pompe - liquides chargés				x
Concasseur à choc vertical		x			Triturateur (préparation de la pâte à papier)				x
Ecorceuse	x				Plateau tournant			x	
Sécheur				x	Sableuse			x	
Dépoussiéreur	x				Scie à bande				x
Déligneuse	x				Scie circulaire		x		
Ventilateur axial (à ventelles)	x				Séparateur				x
Ventilateur axial (sans ventelles)				x	Déchiquteuse				x
Ventilateur centrifuge (à ventelles)	x				Trancheuse	x			
Ventilateur centrifuge (sans ventelles)				x	Basculeur			x	

4.2 Dimensionnement du moteur

Le démarreur progressif doit être correctement calibré pour le moteur et pour l'application. Sélectionner un démarreur progressif dont le courant nominal est au moins égal à celui du moteur (voir la plaque signalétique ou le catalogue technique), lors de la phase de démarrage.

4.3 Codes d'utilisation

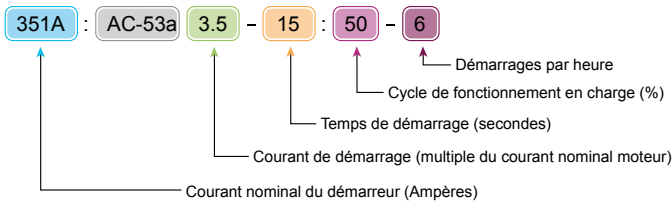
4.3.1 Code d'utilisation AC53a

Le code d'utilisation AC53a (selon la norme CEI 947-4-2) définit le courant nominal et les conditions d'utilisation standard pour un démarreur progressif sans circuit bypass.

Le courant nominal du démarreur progressif détermine le dimensionnement maximal du moteur avec lequel il peut être utilisé. Cette valeur dépend du nombre de démarrages par heure, de la durée et du niveau de courant du démarrage et du pourcentage du cycle de fonctionnement où le démarreur progressif est actif (passage de courant).

Le courant nominal du démarreur progressif n'est valable que lorsque ce démarreur est utilisé dans les conditions définies par le code d'utilisation. Le démarreur progressif peut avoir un courant nominal supérieur ou inférieur dans des conditions d'utilisation différentes.

Figure 4-1 Code d'utilisation AC53a



Courant nominal du démarreur : courant nominal à pleine charge du démarreur progressif, établi à partir des valeurs des autres composantes du code d'utilisation.

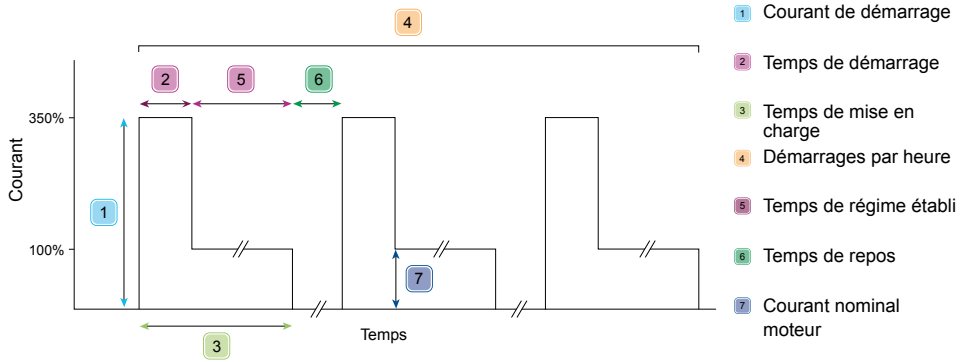
Courant de démarrage : courant de démarrage maximal disponible.

Temps de démarrage : temps de démarrage maximal admissible.

Cycle de fonctionnement en charge (%) : pourcentage maximal de fonctionnement du démarreur progressif pour chaque cycle.

Nombre de démarrages par heure : nombre de démarrages par heure maximal admissible.

Figure 4-2 Cycle de fonctionnement AC53a



$$\text{Cycle de fonctionnement} = \frac{\text{Temps de démarrage} + \text{Temps de régime établi}}{\text{Durée du démarrage} + \text{Temps de régime établi} + \text{Temps de repos}}$$

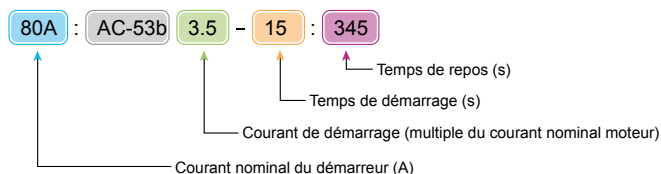
4.3.2 Code d'utilisation AC53b

Le code d'utilisation AC53b (selon la norme CEI 947-4-2) définit le courant nominal et les conditions d'utilisation standard pour un démarreur progressif doté d'un dispositif bypass (interne ou installé avec un contacteur bypass externe).

Le courant nominal du démarreur progressif détermine le dimensionnement maximal du moteur avec lequel il peut être utilisé. Cette valeur dépend du nombre de démarrages par heure, de la durée et du niveau de courant du démarrage et de la durée pendant laquelle le démarreur est au repos (pas de passage de courant) entre les démarrages.

Le courant nominal du démarreur progressif n'est valable que lorsque ce démarreur est utilisé dans les conditions définies par le code d'utilisation. Le démarreur progressif peut avoir un courant nominal supérieur ou inférieur dans des conditions d'utilisation différentes.

Figure 4-3 Code d'utilisation AC53b



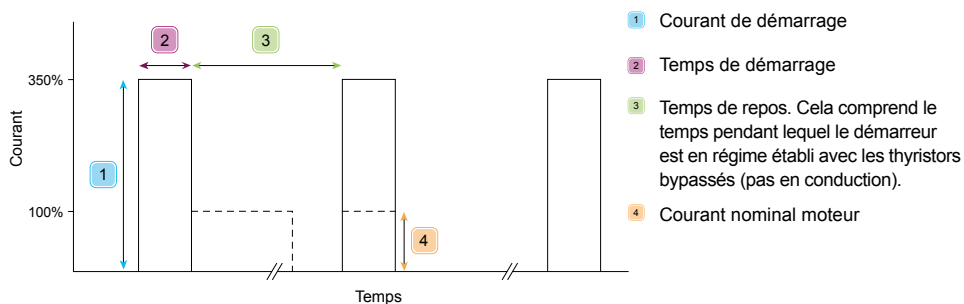
Courant nominal du démarreur : courant nominal à pleine charge du démarreur progressif, obtenu à partir des valeurs des autres composantes du code d'utilisation.

Courant de démarrage : courant de démarrage maximal disponible.

Temps de démarrage : temps de démarrage maximal admissible.

Temps de repos : temps minimal admissible entre la fin d'un démarrage et le début du démarrage suivant.

Figure 4-4 Cycle de fonctionnement AC53b



4.4 Courants nominaux typiques des moteurs

Si aucune information précise concernant les caractéristiques de courant de démarrage du moteur n'est à disposition, le tableau ci-dessous peut permettre d'estimer le courant nominal probable en fonction du dimensionnement du moteur. Cette information peut aider à choisir un démarreur progressif, mais ne constitue pas une solution idéale parce que les caractéristiques peuvent varier considérablement d'un moteur à l'autre.

Table 4-2 Courants nominaux typiques des moteurs

Puissance du moteur		Courant nominal pour différentes tensions				
kW	HP	220-230 V	380-400 V	440 V	500 V	660-690 V
7,5	10	27	15,5	13,7	12	8,9
11	15	39	22	20,1	18,4	14
15	20	52	30	26,5	23	17,3
18,5	25	64	37	32,8	28,5	21,3
22	30	75	44	39	33	25,4
25	35	85	52	45,3	39,4	30,3
30	40	103	60	51,5	45	34,6
37	50	126	72	64	55	42
45	60	150	85	76	65	49
55	75	182	105	90	80	61
75	100	240	138	125	105	82
90	125	295	170	146	129	98
110	150	356	205	178	156	118
132	180	425	245	215	187	140
140	190	450	260	227	200	145
147	200	472	273	236	207	152
150	205	483	280	246	210	159
160	220	520	300	256	220	170
185	250	595	342	295	263	200
200	270	626	370	321	281	215
220	300	700	408	353	310	235
250	340	800	460	401	360	274
257	350	826	475	412	365	280
280	380	900	510	450	400	305
295	400	948	546	473	416	320
300	410	980	565	481	420	325
315	430	990	584	505	445	337
335	450	1100	620	518	472	355
355	480	1150	636	549	500	370
375	500	1180	670	575	527	395
400	545	1250	710	611	540	410
425	580	1330	760	650	574	445
445	600	1400	790	680	595	455
450	610	1410	800	690	608	460
475	645	1490	850	730	645	485
500	680	1570	900	780	680	515
560	760	1750	1000	860	760	570
600	800	1875	1085	937	825	625
650	870	2031	1176	1015	894	677
700	940	2187	1266	1093	962	729
750	1000	2343	1357	1172	1031	781
800	1070	2499	1447	1250	1100	833
850	1140	2656	1537	1328	1168	885
900	1250	2812	1628	1406	1237	937
950	1275	2968	1718	1484	1306	989
1000	1340	3124	1809	1562	1375	1041

4.5 Utilisation des démarreurs progressifs avec des moteurs de forte puissance

Il existe plusieurs facteurs à prendre en compte lors de la planification d'utilisation d'un démarreur progressif avec un moteur de forte puissance (> 300 kW).

- ▶ Les moteurs les plus puissants ont des barres de rotor en cuivre et non en aluminium. Cela réduit le couple de démarrage réel et peut augmenter l'inertie du rotor.
- ▶ L'augmentation de l'inertie du rotor peut exiger un temps de démarrage plus long.
- ▶ Le courant de démarrage peut être plus élevé que celui d'un moteur plus petit, de 50% à 100% du courant nominal moteur.
- ▶ Le nombre de démarrages par heure est généralement limité par cycle de fonctionnement du moteur.

5. Sélection des démarreurs progressifs Digistart D2 et D3

5.1 Processus en trois étapes

Pour sélectionner le meilleur démarreur pour votre application, vous pouvez utiliser les tableaux ci-dessous ou utiliser le logiciel de sélection Digistart Size.

1. Identifier les caractéristiques requises. Cela permettra de choisir le démarreur le mieux adapté à l'application.
2. Identifier l'application. Cela déterminera le courant de démarrage nécessaire.
3. Calculer le démarreur correspondant aux besoins.

5.2 Sélection du démarreur

Il est nécessaire de sélectionner un démarreur ayant les caractéristiques requises pour l'application. Cela peut inclure :

- ▶ la meilleure méthode de démarrage pour l'application,
- ▶ des options d'entrées et de sorties pour la connexion avec un équipement externe,
- ▶ le contrôle par communication série,
- ▶ des protections spécifiques.

5.2.1 Caractéristiques clés

Table 5-1 Caractéristiques du Digistart

Caractéristiques	Digistart D2	Digistart D3
Choix de divers profils de démarrage progressif		
Contrôle progressif d'accélération		x
Impulsion de dégommage		x
Courant constant	x	x
Rampe de courant	x	x
Choix de divers profils d'arrêt progressif		
Contrôle progressif de décélération		x
Arrêt progressif par rampe de tension	x	x
Freinage		x
Options d'extension d'entrées/sorties		
Entrées de commande à distance	2 x fixes	3 x fixes, 2 x programmables
Sorties de relais	1 x fixe, 1 x programmable	1 x fixe, 3 x programmables
Sortie analogique		1 x programmable
Entrée RTD/PT100 intégrée		1 x fixe
Ecran facile à lire avec informations intuitives		
Clavier amovible	Clavier amovible en option	x
Informations affichables en plusieurs langues		x
Production de journaux d'événements horodatés		x
Compteurs opérationnels		nombre de démarrages, heures de fonctionnement, kWh
Surveillance des performances	courant	courant, tension, facteur de puissance, kWh

Caractéristiques (suite)	Digistart D2	Digistart D3
Modèles pour toutes les conditions de connexion		
Plage de courant	18 A à 200 A (valeur nominale)	23 A à 1600 A (valeur nominale)
Tension réseau	200 Vac à 440 Vac ou 200 Vac à 575 Vac	200 Vac à 440 Vac ou 380 Vac à 690 Vac
Tension de commande	110 à 240 Vac 380 à 440 Vac	110 à 210 Vac 220 à 440 Vac
Circuit bypass interne	Tous les modèles	Jusqu'à 1000 A
Connexion du moteur	En ligne	En ligne ou 6 fils
Caractéristiques en option pour applications avancées		
Extension des entrées/sorties	x	x
Interfaces de communication DeviceNet, Modbus ou Profibus	x	x
Sondes RTD/PT100		x
Protection totalement personnalisable (voir ci-après)		

5.2.2 Protections

Les démarreurs progressifs peuvent offrir une large gamme de protections pour la charge, le moteur et le système. Cela peut éliminer des dispositifs externes de protection du moteur et réduire l'encombrement sur le panneau de commande, les coûts et le temps d'installation.

Table 5-2 Options de protection du Digistart

Désignation de la mise en sécurité	Digistart D2	Digistart D3
Temps de démarrage trop long	x	x
Surcharge moteur (modèle thermique)	x	x
Sonde thermique moteur	x	x
Déséquilibre de courant	x	x
Fréquence d'alimentation	x	x
Ordre des phases	x	x
Surintensité instantanée		x
Surchauffe radiateur		x
Raccordement moteur incorrect		x
Mise en sécurité d'entrée		x
Courant nominal trop élevé (Courant nominal hors plage)		x
Connexions internes	x	x
Communications réseau (entre le module et le réseau)	x	x
Erreur interne		x
Surtension/Sous-tension (exige la carte de mesure de tension)		x
Défaut terre (nécessite la carte PT100/RTD et de protection contre les défaut de terre)		x

Désignation de la mise en sécurité (suite)	Digistart D2	Digistart D3
Perte de phase		x
Phase en court-circuit		x
Surcharge moteur 2 (modèle thermique)		x
Temps surintensité (Surcharge du circuit bypass)	x	x
Température excessive des RTD/PT100		x
Court-circuit sonde de température		x
Puissance excessive		x
Sous-puissance		x

5.3 Sélection de l'application

Des applications différentes exigent des niveaux de courant de démarrage différents.

Le niveau du courant de démarrage affecte le nombre de démarrages que le démarreur progressif peut effectuer par heure. Certains démarreurs progressifs peuvent ne pas délivrer un courant de démarrage suffisant pour des applications extrêmes. Se reporter au tableau 4-1 Courants de démarrage typiques à la page 29.

5.4 Dimensionnement du démarreur progressif

Le démarreur progressif doit être correctement calibré pour le moteur et pour l'application.

Sélectionner un démarreur progressif dont le courant nominal est au moins égal à celui du moteur (voir la plaque signalétique), lors de la phase de démarrage.

5.4.1 Courants nominaux Digistart

Table 5-3 Courants nominaux Digistart D2

	AC53b 4-6:354 < 1000 mètres		AC53b 20:340 < 1000 mètres	
	40 °C	50 °C	40 °C	50 °C
D2-1x-018	18 A	17 A	17 A	15 A
D2-1x-042	42 A	40 A	36 A	33 A
D2-1x-060	60 A	55 A	49 A	45 A
	AC53b 4-6:594 < 1000 mètres		AC53b 4-20 580 < 1000 mètres	
	40 °C	50 °C	40 °C	50 °C
D2-1x-085	85 A	78 A	73 A	67 A
D2-1x-100	100A	100A	96A	87A
D2-1x-140	140 A	133 A	120 A	110 A
D2-1x-170	170 A	157 A	142 A	130 A
D2-1x-200	200 A	186 A	165 A	152 A

Table 5-4 Courants nominaux Digistart D3 - raccordement en ligne, en mode bypass

Modèle	AC53b 3.0-10:350 40°C <1000 mètres	AC53b 3.5-15:345 40°C <1000 mètres	AC53b 4.0-20:340 40°C <1000 mètres	AC53b 4.5-30:330 40°C <1000 mètres
D3-1x-0023-B	23 A	20 A	17 A	15 A
D3-1x-0043-B	43 A	37 A	31 A	26 A
D3-1x-0053-B	53 A	53 A	46 A	37 A
	AC53b 3.0-10:590 40°C <1000 mètres	AC53b 3.5-15:585 40°C <1000 mètres	AC53b 4.0-20:580 40°C <1000 mètres	AC53b 4.5-30:570 40°C <1000 mètres
D3-1x-0076-B	76 A	64 A	55 A	47 A
D3-1x-0097-B	97 A	82 A	69 A	58 A
D3-1x-0105-B	105 A	105 A	95 A	78 A
D3-1x-0145-B	145 A	123 A	106 A	90 A
D3-1x-0170-B	170 A	145 A	121 A	97 A
D3-1x-0200-B	200 A	189 A	160 A	134 A
D3-1x-0220-B	220 A	210 A	178 A	148 A
D3-1x-0255-N	255 A	231 A	201 A	176 A
D3-1x-0350-B	350 A	306 A	266 A	230 A
D3-1x-0360-N	360 A	360 A	310 A	263 A
D3-1x-0425-B	425 A	371 A	321 A	276 A
D3-1x-0430-N	430 A	430 A	368 A	309 A
D3-1x-0500-B	500 A	445 A	383 A	326 A
D3-1x-0650-N	650 A	650 A	561 A	455 A
D3-1x-0700-B	700 A	592 A	512 A	438 A
D3-1x-0790-N	790 A	790 A	714 A	579 A
D3-1x-0820-B	820 A	705 A	606 A	516 A
D3-1x-0920-B	920 A	804 A	684 A	571 A
D3-1x-0930-N	930 A	930 A	829 A	661 A
D3-1x-1000-B	1000 A	936 A	796 A	664 A
D3-16-1200-N	1200 A	1200 A	1200 A	1071 A
D3-16-1410-N	1410 A	1410 A	1319 A	1114 A
D3-16-1600-N	1600 A	1600 A	1600 A	1353 A

Note :

Les modèles "B" intègrent des contacteurs de bypass internes en standard. Pour les modèles D3-1x-0255-N, D3-1x-0360-N, D3-1x-0430-N, D3-1x-0650-N, D3-1x-0790-N, D3-1x-0930-N, D3-16-1200-N, D3-16-1410-N et D3-16-1600-N, ces valeurs nominales ne sont valides que lorsqu'un circuit bypass externe est utilisé avec un contacteur adapté.

Table 5-5 Courants nominaux Digistart D3 - connexion 6 fils, en mode bypass

Modèle	AC53b 3.0-10:350 40°C <1000 mètres	AC53b 3.5-15:345 40°C <1000 mètres	AC53b 4.0-20:340 40°C <1000 mètres	AC53b 4.5-30:330 40°C <1000 mètres
D3-1x-0023-B	35 A	30 A	26 A	22 A
D3-1x-0043-B	65 A	59 A	51 A	44 A
D3-1x-0053-B	80 A	80 A	69 A	55 A
	AC53b 3.0-10:590 40°C <1000 mètres	AC53b 3.5-15:585 40°C <1000 mètres	AC53b 4.0-20:580 40°C <1000 mètres	AC53b 4.5-30:570 40°C <1000 mètres
D3-1x-0076-B	114 A	96 A	83 A	70 A
D3-1x-0097-B	146 A	123 A	104 A	87 A
D3-1x-0105-B	158 A	158 A	143 A	117 A
D3-1x-0145-B	218 A	184 A	159 A	136 A
D3-1x-0170-B	255 A	217 A	181 A	146 A
D3-1x-0200-B	300 A	283 A	241 A	200 A
D3-1x-0220-B	330 A	315 A	268 A	223 A
D3-1x-0255-N	383 A	346 A	302 A	264 A
D3-1x-0350-B	525 A	459 A	399 A	345 A
D3-1x-0360-N	540 A	540 A	465 A	395 A
D3-1x-0425-B	638 A	557 A	482 A	414 A
D3-1x-0430-N	645 A	645 A	552 A	464 A
D3-1x-0500-B	750 A	668 A	575 A	490 A
D3-1x-0650-N	975 A	975 A	842 A	683 A
D3-1x-0700-B	1050 A	889 A	768 A	658 A
D3-1x-0790-N	1185 A	1185 A	1071 A	868 A
D3-1x-0820-B	1230 A	1058 A	910 A	774 A
D3-1x-0920-B	1380 A	1206 A	1026 A	857 A
D3-1x-0930-N	1395 A	1395 A	1244 A	992 A
D3-1x-1000-B	1500 A	1404 A	1194 A	997 A
D3-16-1200-N	1800 A	1800 A	1800 A	1606 A
D3-16-1410-N	2115 A	2115 A	1979 A	1671 A
D3-16-1600-N	2400 A	2400 A	2400 A	2030 A

Note :

Les modèles "B" intègrent des contacteurs de bypass internes en standard. Pour les modèles D3-1x-0255-N, D3-1x-0360-N, D3-1x-0430-N, D3-1x-0650-N, D3-1x-0790-N, D3-1x-0930-N, D3-16-1200-N, D3-16-1410-N et D3-16-1600-N, ces valeurs nominales ne sont valides que lorsqu'un circuit bypass externe est utilisé avec un contacteur adapté.

Table 5-6 Courants nominaux Digistart D3 - raccordement en ligne, sans bypass

Modèle	AC53a 3-10:50-6 40°C <1000 mètres	AC53a 3.5-15:50-6 40°C <1000 mètres	AC53a 4-20:50-6 40°C <1000 mètres	AC53a 4.5-30:50-6 40°C <1000 mètres
D3-1x-0255-N	255 A	222 A	195 A	171 A
D3-1x-0360-N	360 A	351 A	303 A	259 A
D3-1x-0430-N	430 A	413 A	355 A	301 A
D3-1x-0650-N	650 A	629 A	532 A	437 A
D3-1x-0790-N	790 A	790 A	694 A	567 A
D3-1x-0930-N	930 A	930 A	800 A	644 A
D3-16-1200-N	1200 A	1200 A	1135 A	983 A
D3-16-1410-N	1410 A	1355 A	1187 A	1023 A
D3-16-1600-N	1600 A	1600 A	1433 A	1227 A

Table 5-7 Courants nominaux Digistart D3 - connexion 6 fils, sans bypass

Modèle	AC53a 3-10:50-6 40°C <1000 mètres	AC53a 3.5-15:50-6 40°C <1000 mètres	AC53a 4-20:50-6 40°C <1000 mètres	AC53a 4.5-30:50-6 40°C <1000 mètres
D3-1x-0255-N	383 A	334 A	293 A	257 A
D3-1x-0360-N	540 A	527 A	455 A	388 A
D3-1x-0430-N	645 A	620 A	533 A	451 A
D3-1x-0650-N	975 A	943 A	798 A	656 A
D3-1x-0790-N	1185 A	1185 A	1041 A	850 A
D3-1x-0930-N	1395 A	1395 A	1200 A	966 A
D3-16-1200-N	1800 A	1800 A	1702 A	1474 A
D3-16-1410-N	2115 A	2033 A	1780 A	1535 A
D3-16-1600-N	2400 A	2400 A	2149 A	1840 A

5.4.2 Exemple de sélection

- ▶ application : pompe centrifuge
- ▶ courant nominal : 213 A
- ▶ démarrages et arrêts : requis pour démarrer et arrêter deux fois par jour (réparties sur la journée)
- ▶ autres caractéristiques requises : contrôle du coup de bélier nécessaire

La meilleure méthode d'arrêt pour contrôler le coup de bélier est l'arrêt progressif.

Le courant de démarrage standard pour une pompe centrifuge est 350%.

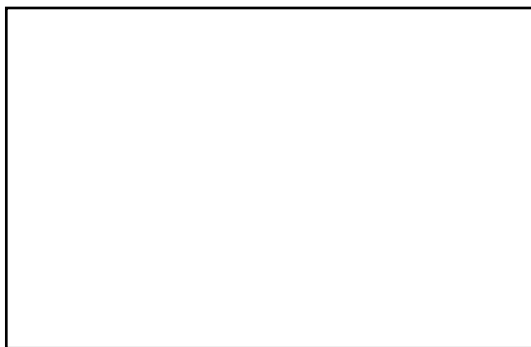
Pour un fonctionnement à 350%, le démarreur progressif est dimensionné selon AC53b 3.5-15:585 en mode bypass.

Le plus petit modèle ayant un courant nominal supérieur à 213 A est le D3-1x-0255-N pour une installation en ligne ou le D3-1x-0170-B pour une installation 6 fils.

Toutefois, en raison de la fréquence de démarrage faible, il est préférable de vérifier le dimensionnement à l'aide du logiciel dédié Digistart Size afin de savoir si un calibre inférieur pourrait être utilisé.

Facteurs pouvant influencer sur le dimensionnement :

- ▶ conditions environnementales (altitude ou température ambiante)
- ▶ installation avec circuit bypass ou non,
- ▶ connexion en ligne ou six fils.



MOTEURS LEROY-SOMER 16015 ANGOULÊME CEDEX - FRANCE

338 567 258 RCS ANGOULÊME
S.A. au capital de 62 779 000 €

www.leroy-somer.com