

Nidec
All for dreams



Guide des bonnes pratiques

***Systemes
moto-variateurs***

Référence : 5626 fr - 2018.11 / a

LEROY-SOMER™

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| 1 - PRÉAMBULE | 3 |
| 2 - INTRODUCTION | 3 |
| 2.1 - Rappel du principe de fonctionnement des variateurs électroniques de vitesse | 3 |
| 2.2 - Phénomènes induits par un fonctionnement MLI | 4 |
| 2.2.1 - Courants de mode commun | 4 |
| 2.2.2 - Réflexion des fronts d'onde de tension | 5 |
| 2.3 - Conséquences de l'utilisation de la MLI pour le moteur | 6 |
| 2.3.1 - Émissions électromagnétiques | 6 |
| 2.3.2 - Contraintes sur le bobinage | 6 |
| 2.3.3 - Passage de courant dans les roulements | 7 |
| 2.3.4 - Échauffement du moteur | 8 |
| 2.3.5 - Bruits acoustiques | 8 |
| 3 - SYSTÈMES DE PROTECTION DU BOBINAGE ET DE LA PIVOTERIE DES MOTEURS LEROY-SOMER UTILISÉS AVEC VARIATEUR | 9 |
| 3.1 - Systèmes de protection du bobinage | 9 |
| 3.2 - Systèmes de protection de la pivoterie | 10 |
| 3.3 - Présentation des différentes protections moteur | 11 |
| 3.3.1 - Protection du bobinage : système de sur-isolation renforcé | 11 |
| 3.3.2 - Protections de la pivoterie | 11 |
| 3.3.3 - Protections externes | 11 |
| 4 - RÈGLES DE CÂBLAGE | 14 |
| 4.1 - Généralités | 14 |
| 4.2 - Liaisons équipotentielles | 14 |
| 4.2.1 - Liaisons de masses et mise à la terre | 14 |
| 4.2.2 - Liaisons équipotentielles dans les armoires | 14 |
| 4.3 - Câbles moteur | 14 |
| 4.3.1 - Type de câbles | 14 |
| 4.3.2 - Raccordement type d'un moto-variateur | 16 |
| 4.3.3 - Précautions particulières pour variateur de faible puissance | 17 |
| 4.3.4 - Dimensionnement des câbles | 17 |
| 4.4 - Câblages particuliers | 18 |
| 4.4.1 - Câblage de plusieurs modules onduleurs en parallèle avec un seul moteur | 18 |
| 4.4.2 - Câblage de plusieurs moteurs en parallèle sur un seul variateur | 19 |
| 4.5 - Câbles réseaux | 20 |
| 4.6 - Signaux de contrôle | 20 |
| 4.6.1 - Généralités sur le câblage | 20 |
| 4.6.2 - Raccordement des signaux analogiques et logiques | 21 |
| 4.6.3 - Câblage du retour vitesse | 22 |
| 4.6.4 - Câblage de bus de terrain | 22 |
| 5 - LEXIQUE | 23 |
| ANNEXES | 24 |
| Annexe 1 - Éléments à connaître pour la détermination des protections d'un système moto-variateur | 24 |
| Annexe 2 - Normes liées aux systèmes moto-variateurs | 24 |

1 - PRÉAMBULE

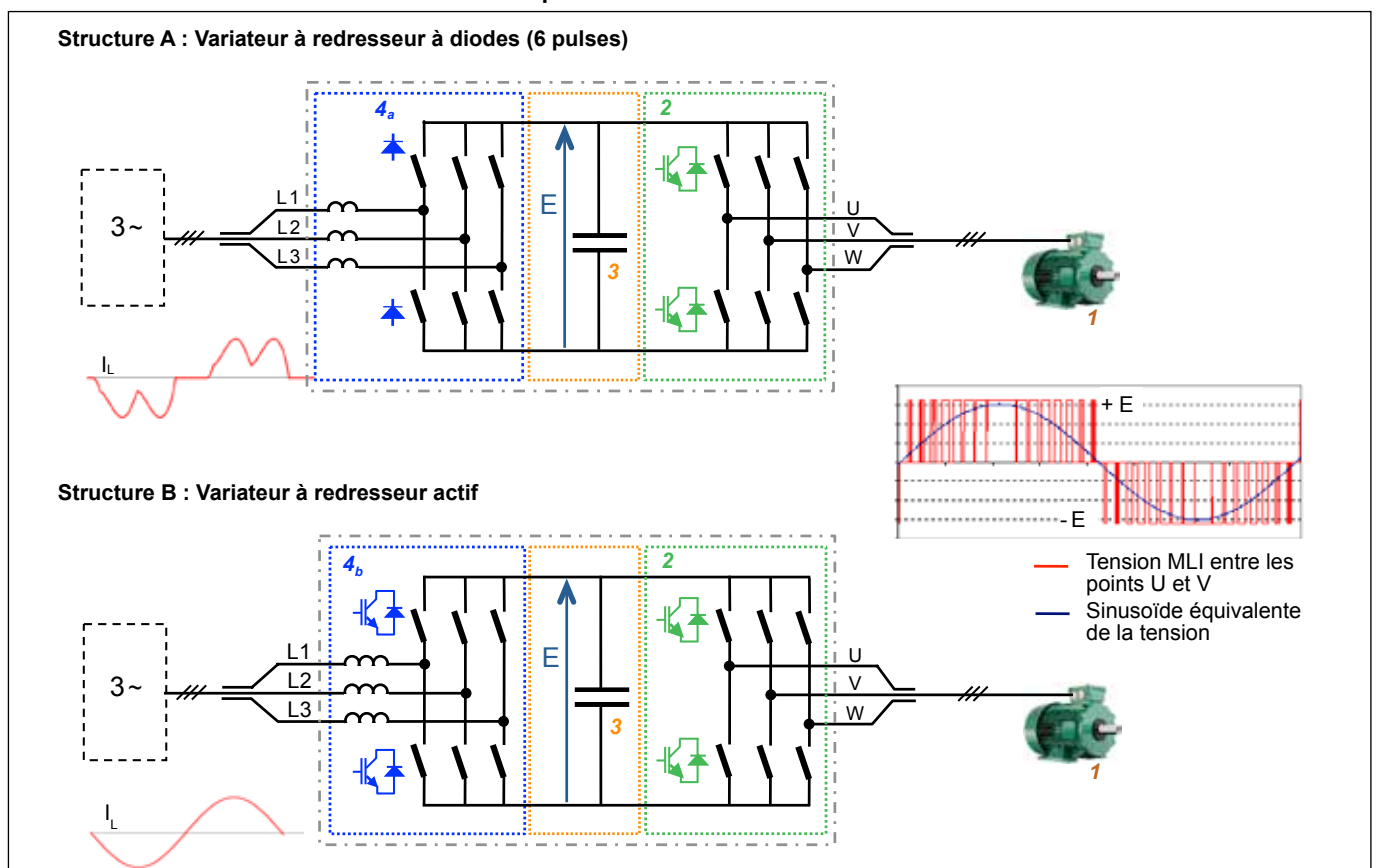
L'évolution continue de l'industrie exige des systèmes d'entraînement toujours plus performants, plus fiables et robustes. Fort d'une longue expérience dans le monde industriel, Leroy-Somer est aujourd'hui reconnu comme un leader dans le domaine des ensembles moteurs et variateurs de vitesse. Leroy-Somer a développé ce guide des bonnes pratiques qui s'adresse principalement aux personnes définissant les installations et le câblage d'ensembles moteurs et variateurs pour un réseau basse tension. Ce document fournit des informations relatives aux règles à respecter pour un fonctionnement correct de l'installation et une durée de vie optimale des équipements.

2 - INTRODUCTION

2.1 - Rappel du principe de fonctionnement des variateurs électroniques de vitesse

Un variateur électronique de vitesse permet d'alimenter un moteur électrique avec une tension et une fréquence variable en prélevant l'énergie sur un réseau électrique à tension et fréquence fixes. L'illustration 1 représente symboliquement les 2 structures de variateur de fréquence (à deux niveaux) couramment utilisées en industrie.

Illustration 1 - Structures des variateurs de fréquence



1 Moteur qui peut être de technologie asynchrone, synchrone, à réluctance ou hybride.

2 Onduleur : convertisseur DC/AC pour lequel les composants de l'étage de sortie (IGBT) se comportent comme des interrupteurs électroniques qui commutent une tension continue E à une fréquence de plusieurs kHz, pour générer une tension alternative entre phases équivalente à une sinusoïde d'amplitude et fréquence variables. Ce mode de fonctionnement par découpage de tension communément appelé MLI (Modulation de Largeur d'Impulsions) présente l'énorme avantage de limiter les pertes du convertisseur à environ 2% de la puissance transmise. En contrepartie, il induit un certain nombre de phénomènes dans l'environnement du convertisseur et au niveau du moteur.

3 Bus DC : étage de filtrage constitué de plusieurs condensateurs associés en montage série parallèle. La valeur de tension du bus DC (E) est liée à la valeur de la tension réseau et à la technologie du redresseur.

4 Redresseur : convertisseur réseau AC/DC. Il est constitué d'un simple redresseur passif à diodes pour les variateurs les plus courants (4a). L'énergie ne peut alors transiter que du réseau vers le moteur. Le courant de ligne du réseau n'est pas sinusoïdal et son taux de distorsion harmonique est élevé. Pour des applications qui requièrent un faible taux de distorsion harmonique coté réseau ou pour les applications où l'énergie doit être renvoyée au réseau, le convertisseur AC/DC est réalisé avec des IGBT (4b).

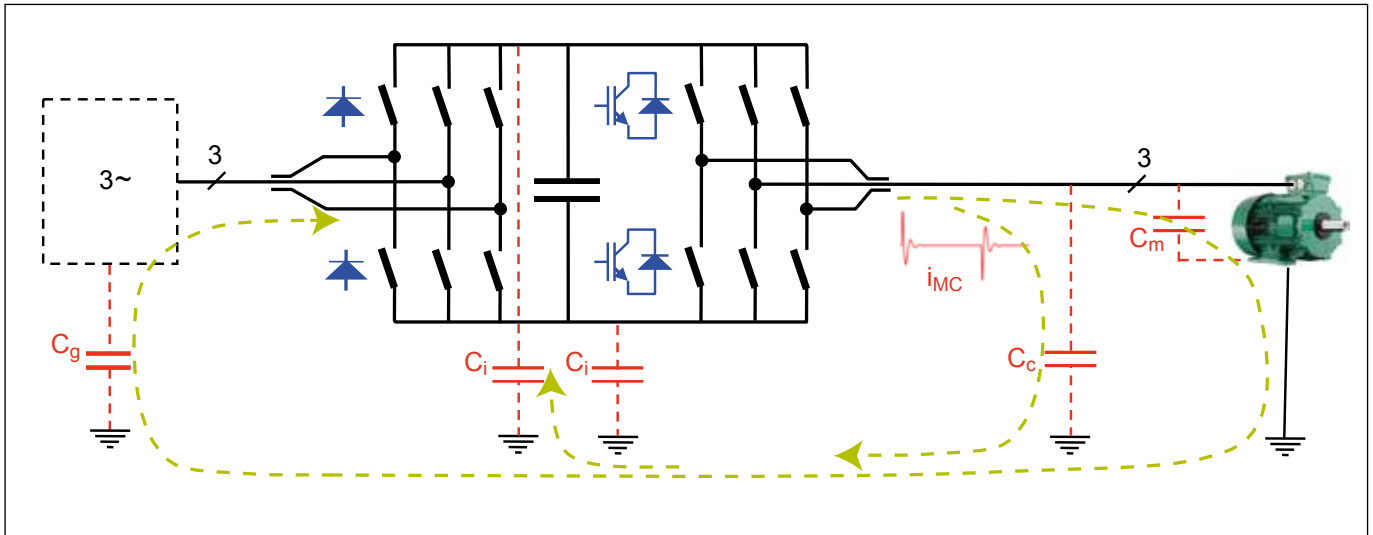
2.2 - Phénomènes induits par un fonctionnement MLI

2.2.1 - Courants de mode commun

Chacune des commutations du pont onduleur fait varier rapidement la différence de potentiel entre les phases de sortie U, V, W et la masse. A chacune de ces variations de tension, un **courant de mode commun**, communément appelé **courant de fuite HF**, circule dans les 3 conducteurs du câble moteur et charge/décharge les **capacités structurelles** des composants : capacité entre bobinage et carcasse du moteur, capacités entre conducteurs et blindage du câble, etc.

Les courants hautes fréquences (quelques MHz) vont revenir au variateur en circulant dans le blindage du câble moteur, les conducteurs de liaisons équipotentielles, les masses de l'installation, la ligne d'alimentation.

Illustration 2 - Courants de mode commun



C_m : Capacité structurelle de mode commun du moteur

C_c : Capacité de mode commun entre le câble et son blindage ou l'environnement

----- : Chemins des courants de fuite HF

C_i : Ensemble des capacités structurelles entre parties actives de l'onduleur et masse

C_g : Capacité structurelle entre l'alimentation et la masse.

Les courants de mode commun sont la source principale des émissions électromagnétiques (voir "2.3.1 - Émissions électromagnétiques", page 6) et peuvent, sous certaines conditions, réduire la durée de vie des roulements ("2.3.3 - Passage de courant dans les roulements", page 7).

2.2.2 - Réflexion des fronts d'onde de tension

Aux fréquences basses 50/60 Hz, le câble moteur se comporte comme une simple résistance. Cependant, au-delà de quelques kHz, le câble doit être représenté par un circuit équivalent plus complexe, constitué d'une association de selfs, de condensateurs et de résistances.

Les fronts de tension imposés par le fonctionnement MLI du variateur étant très rapides ($> 3000 \text{ V}/\mu\text{s}$), leur propagation dans le câble conduit à un phénomène de réflexion d'onde et à l'apparition d'une surtension aux bornes des phases du moteur (Illustration 3). Le câble du moteur influe sur la valeur du pic de tension. Le pic de tension augmente linéairement avec la longueur du câble jusqu'à une **longueur critique L_c** . Au-delà de cette longueur, le pic reste stable ou augmente légèrement pour atteindre un maximum de 2 fois la tension du bus DC. Par exemple, pour un variateur 6 pulses alimenté en 400 V, le bus DC est de 560 V ($\sqrt{2} \times 400 \text{ V}$).

La longueur critique dépend de la valeur des fronts de tension imposés par le variateur. Plus les fronts sont raides, plus la longueur critique est faible.

Illustration 3 - Phénomène de réflexion d'onde de tension

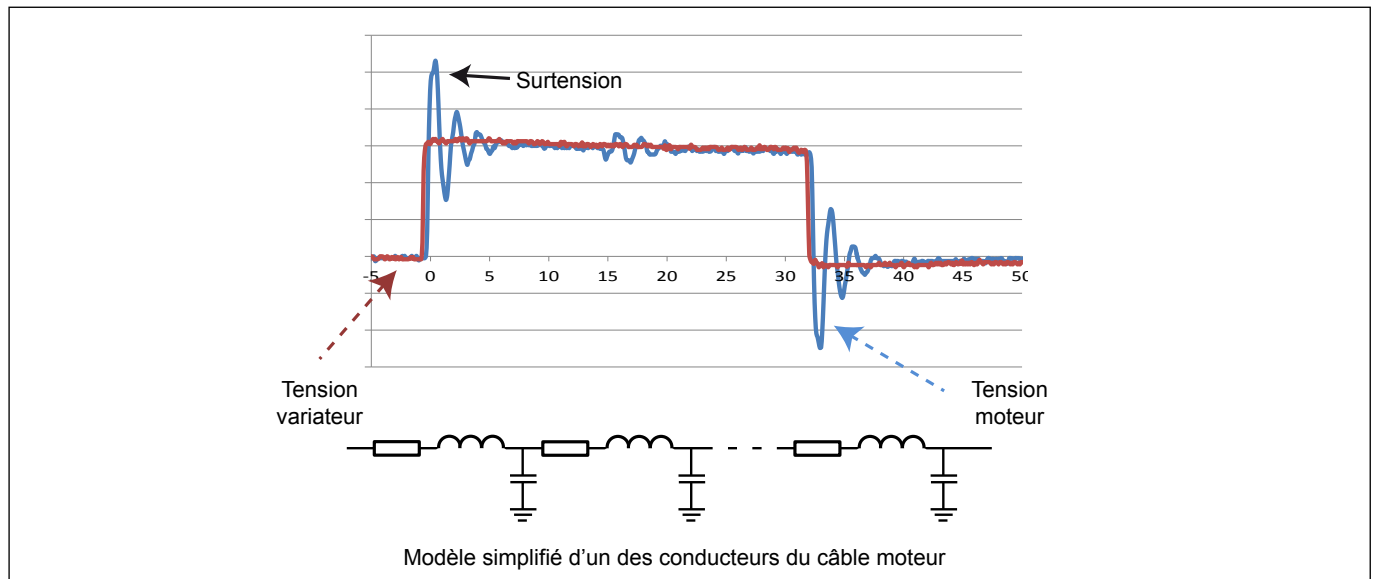
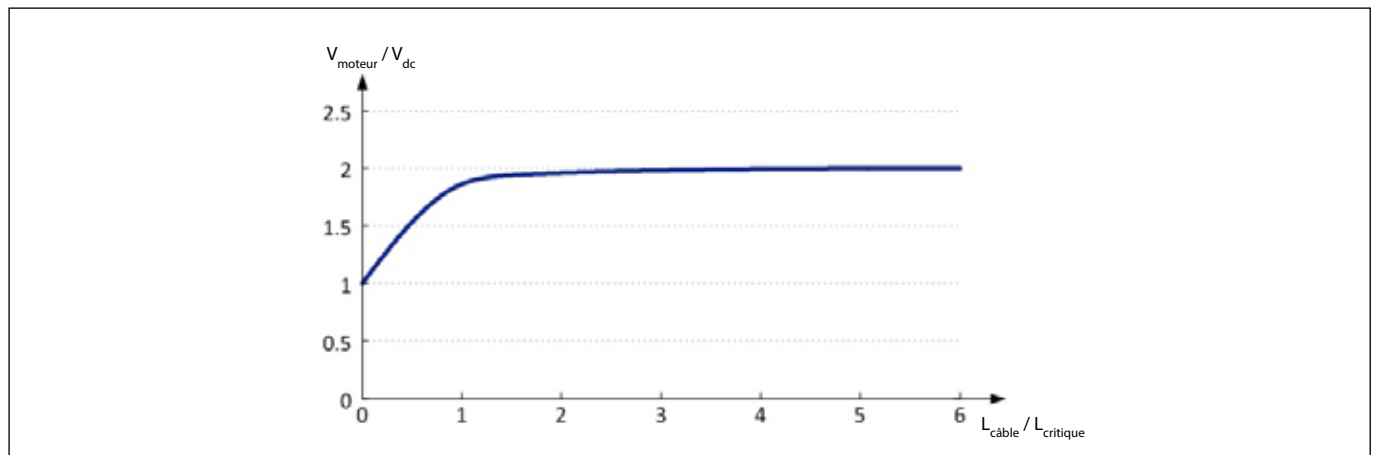


Illustration 4 - Pic de tension en fonction de la longueur du câble



Ordre de grandeur de la longueur critique L_c : environ 15 m pour des câbles blindés, et environ 30 m pour des câbles non blindés.

2.3 - Conséquences de l'utilisation de la MLI pour le moteur

2.3.1 - Émissions électromagnétiques

La compatibilité électromagnétique est un ensemble de mesures et de réglementations qui permet aux appareils électroniques de cohabiter de manière satisfaisante, sans interférer l'un sur l'autre par l'intermédiaire de perturbations électromagnétiques. Pour cela, il faut que le niveau d'émissions de chacun des appareils soit inférieur au niveau de susceptibilité de tous les autres.

Les émissions électromagnétiques ont principalement pour origine les courants de mode commun. Elles interfèrent avec l'environnement par deux voies :

- l'émission de rayonnement électromagnétique
- la transmission d'un signal par conduction

Quel que soit le mode de transmission, les émissions électromagnétiques peuvent nuire au bon fonctionnement des composants sensibles localisés dans l'environnement proche du variateur (capteur ou appareil sensible, réseau de radio communication, etc.). Les limites maximales d'émissions électromagnétiques sont régies par des normes. A défaut de norme particulière liée au produit dans lequel le variateur est installé, la norme CEI 61800-3 s'applique pour les variateurs.

Les limites des différentes normes dépendent de l'environnement où le produit est installé (environnement industriel ou résidentiel), du niveau de compétence requis pour sa mise en œuvre et de critères liés à la valeur de courant ou de la puissance assignée.

De base, les variateurs sont conformes à des normes d'émissions plus ou moins restrictives moyennant une installation réalisée dans les règles de l'art (voir "4 - Règles de câblage", page 14).

Les méthodes de filtrage à mettre en œuvre pour atteindre des niveaux inférieurs à ceux prévus de base sont décrites dans les documentations des variateurs concernés.

2.3.2 - Contraintes sur le bobinage

En utilisation classique sur réseau BT (Basse Tension) 50 Hz / 60 Hz, il existe une marge de sécurité très importante entre le stress électrique appliqué sur l'émail du fil de cuivre du bobinage du moteur et les niveaux qui conduiraient à l'apparition de phénomènes dommageables à ce même bobinage.

Avec une alimentation par variateur, la propagation dans le bobinage du front de tension lié à la MLI conduit à une répartition non uniforme de la tension électrique. En fonction des conditions d'utilisation, le stress électrique vu par les premières spires peut être très supérieur à celui vu par les autres spires du bobinage. Si le stress électrique local entre 2 spires jointives devient trop important et dépasse le seuil acceptable du système d'isolation, des micros décharges électriques apparaissent à l'intérieur de l'isolant des conducteurs. Ces décharges électriques, connues sous le nom de **décharges partielles**, ne mettent pas en court-circuit tout de suite l'isolation, mais diminuent de façon accélérée la durée de vie du bobinage.

Les conditions qui impactent l'apparition des décharges partielles sont :

- la valeur nominale de la tension du réseau électrique (400 V, 480 V, 690 V),
- une tension élevée de bus DC du variateur, due par exemple à la présence de phases de freinage ou à l'utilisation de variateurs à redresseur actif,
- la longueur et le type de câble moteur.

La norme CEI/60034-18-41, «Machines électriques tournantes : systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension - Essais de qualification et de contrôle qualité» publiée en 2014, définit 4 niveaux de tenue aux décharges partielles (classes IVIC) : A (Faible), B (Modéré), C (Sévère), D (Extrême).

La classification dans l'un des niveaux donnés garantit que le bobinage du moteur ne subira pas de vieillissement prématuré si celui-ci est soumis à un niveau de tension ne dépassant pas la tension crête-crête ($V_{pk/pk}$) maximale recommandée.

La norme NEMA MG1 part 31, quant à elle, ne définit pas de niveaux précis et laisse le constructeur définir le système d'isolation en fonction de la tension du réseau.

Pour une protection optimale du moteur, plusieurs niveaux de protection du bobinage sont proposés : se reporter au "3.1 - Systèmes de protection du bobinage", page 9.

2.3.3 - Passage de courant dans les roulements

Les courants dans les roulements des machines électriques ont pour origine une différence de potentiel (tension d'arbre) entre la carcasse et la partie tournante. L'alimentation de la machine en MLI par un variateur de vitesse est une des raisons qui peut être à l'origine de cette différence de potentiel.

Comme vu au "2.2.1 - Courants de mode commun", page 4, le courant haute fréquence de mode commun qui pénètre dans la machine par les câbles du moteur doit revenir au convertisseur en circulant dans les liaisons de masse ou par d'autres chemins.

A l'intérieur même du moteur, ce courant traverse les différentes capacités structurelles.

Lorsque le moteur est mis à la masse dans les règles de l'art, la majorité du courant traverse la capacité structurelle entre le bobinage et la carcasse et s'évacue par la liaison de masse ou par le blindage du câble (**circuit bleu**).

Cependant deux mécanismes conduisent à ce que des courants HF passent au travers des roulements :

- Une partie du courant de mode commun qui pénètre dans le moteur circule par division capacitive via les capacités structurelles de l'entrefer et des roulements (**circuit rouge**).

- Par effet transformateur, le courant principal de mode commun HF génère des courants induits qui se rebouclent via l'arbre, les roulements et la carcasse (**circuit mauve**). Ce phénomène est plus marqué sur les machines de hauteurs d'axe importante.

Les courants qui traversent les roulements génèrent une tension entre leurs bagues extérieure et intérieure. Si cette tension devient supérieure à la tension de claquage du film d'huile, des décharges électriques dans l'interface bille - film d'huile - bague vont se produire conduisant à une usure prématurée ou même à la destruction du roulement.

Les roulements des charges accouplées à la machine ainsi que ceux des codeurs montés sur l'arbre peuvent aussi être affectés par le phénomène (**circuit vert**).

Le niveau de courant de roulement est lié à la taille physique de la machine, allant de peu élevé pour des puissances inférieures à 10 kW à très élevé pour des puissances supérieures à 200 kW. Il est aussi lié à la butée basse de la plage de vitesse d'utilisation.

Illustration 5 - Passage de courants HF dans les roulements du moteur et de la charge

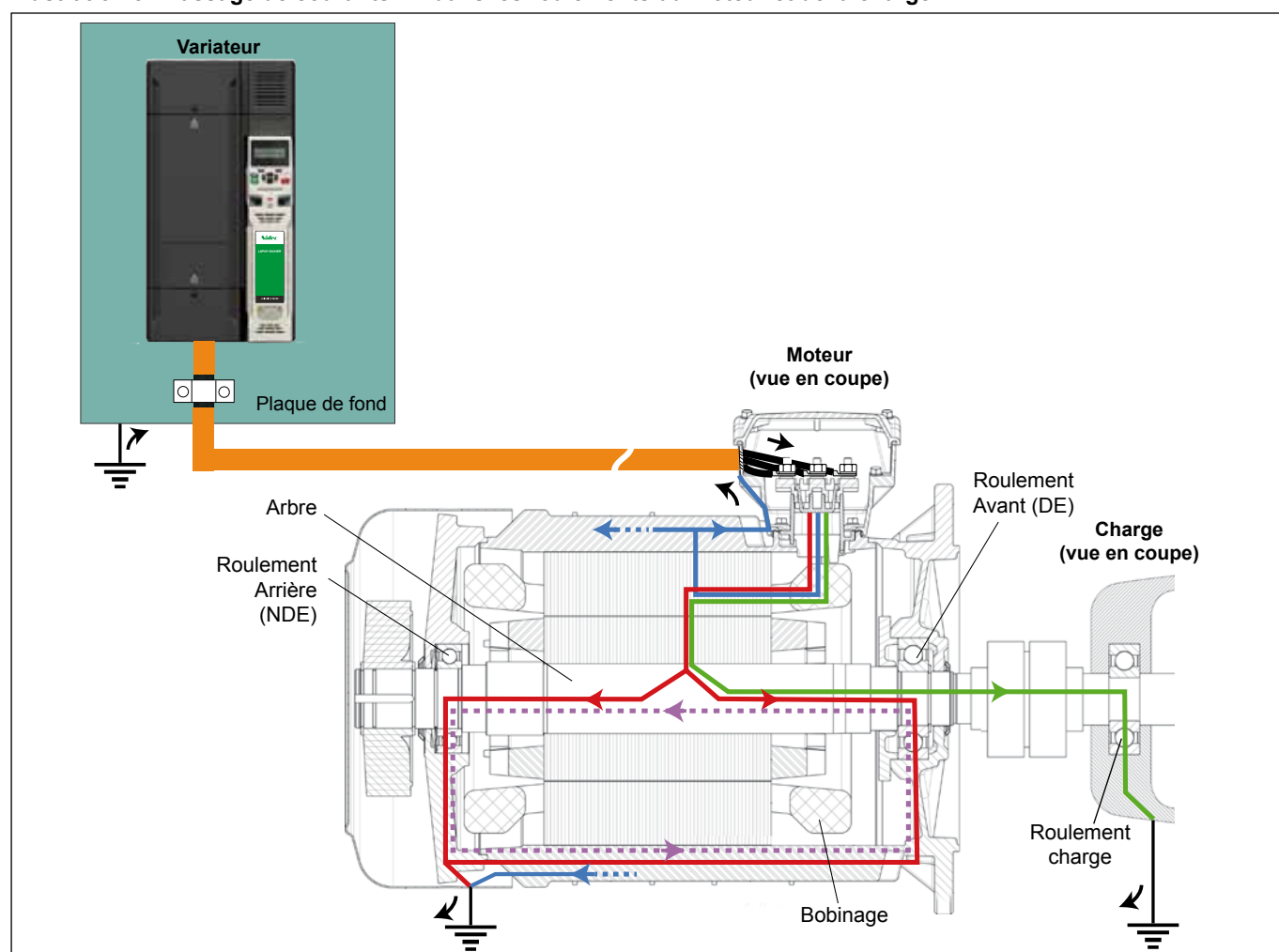


Illustration 6 - Roulement détérioré par les courants de mode commun

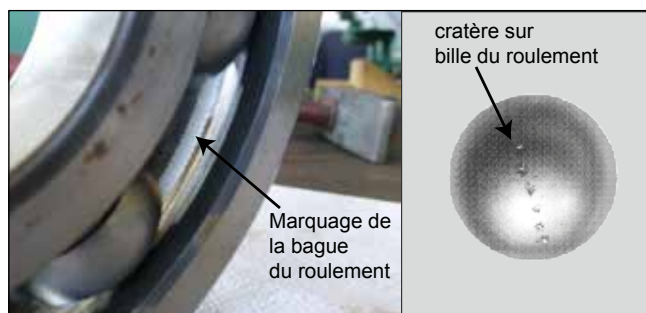


Illustration 7 - Graisse de roulement noircie suite à un échauffement dû à de multiples décharges



Le premier facteur pour limiter le risque de décharges capacitives dans les roulements est le respect des règles de câblage tel que décrit dans "4 - Règles de câblage", page 14 et en particulier la qualité des liaisons de masse entre variateur, moteur et réducteur. Grâce à cela, le courant pourra s'évacuer en privilégiant le circuit bleu tel que décrit dans l'illustration 5.

Dans certaines situations, des mesures complémentaires devront être prises : utilisation de roulements à billes isolés (voir "3.3.2.1 - Roulements isolés", page 11), mise à la masse de l'arbre de la machine au travers d'une bague déviatrice (voir "3.3.2.2 - Bague déviatrice de courant", page 11).

Pour plus d'informations sur les différents niveaux de protection de la pivoterie proposés par Leroy-Somer, se reporter au "3.2 - Systèmes de protection de la pivoterie", page 10.

2.3.4 - Échauffement du moteur

L'alimentation par variateur d'un moteur conduit à un échauffement supérieur à celui observé lors d'une utilisation sur réseau :

- aux vitesses proches ou égales à la vitesse nominale, l'échauffement supplémentaire a comme origine une augmentation des pertes joules et fer, due à la forme du signal de tension MLI. Plus la fréquence de découpage du variateur est basse, plus l'augmentation des pertes du moteur est importante.
- pour les moteurs auto-ventilés, le débit d'air de refroidissement dépend de la vitesse de rotation. En conséquence, l'échauffement du moteur peut augmenter lorsque la vitesse de rotation diminue.

Bien que Leroy-Somer porte une attention particulière dès la conception de ses moteurs pour minimiser ce phénomène, il est parfois nécessaire d'utiliser une ventilation forcée optionnelle, qui permet d'apporter un refroidissement optimal à très basse vitesse. Leroy-Somer fournit des courbes de déclassement de couple en fonction de la vitesse de rotation ainsi que les fréquences de découpage minimum à utiliser lors d'une utilisation sur variateur.

Se référer aux catalogues et à la plaque du moteur.

2.3.5 - Bruits acoustiques

Les harmoniques générés par la MLI conduisent à des ondes de pression magnétique qui déforment légèrement le stator et son carter. Ces micro déformations induisent une augmentation du niveau de bruit acoustique qui peut être plus ou moins importante en fonction du type de moteur et de son design.

Lorsque les contraintes de bruit sont critiques, le principal levier pour réduire le niveau global est l'augmentation de la fréquence de découpage du variateur ou l'ajout d'un filtre entre variateur et moteur.

3 - SYSTÈMES DE PROTECTION DU BOBINAGE ET DE LA PIVOTERIE DES MOTEURS LEROY-SOMER UTILISÉS AVEC VARIATEUR

3.1 - Systèmes de protection du bobinage

Pour pouvoir répondre à toutes les situations industrielles d'utilisation sur variateur de vitesse, Leroy-Somer propose plusieurs niveaux de protection, dont 2 niveaux d'isolation de ses moteurs :

- **Système d'isolation standard du bobinage moteur** avec $\hat{U}_{LL} < 1500 V_{pk}$ et $\hat{U}_{LE} < 1100 V_{pk}$.
- **Système d'isolation renforcé (RIS) du bobinage moteur** avec $\hat{U}_{LL} < 1800 V_{pk}$ et $\hat{U}_{LE} < 1300 V_{pk}$.
- **Filtres optionnels : filtre dv/dt ou filtre sinus de mode différentiel** à raccorder en sortie de variateur.

NOTA

- \hat{U}_{LL} : Tension crête entre phases (V_{pk})
- \hat{U}_{LE} : Tension crête entre phase et terre (V_{pk})
- Pour des valeurs \hat{U}_{LL} ou \hat{U}_{LE} supérieures à celles mentionnées ci-dessus, consulter Leroy-Somer.
- Le terme "Isolation standard" comprend les protections intégrées en standard pour certaines gammes de moteur, pour lesquelles aucune protection optionnelle n'est nécessaire.

Le choix de la protection s'effectue en fonction des spécificités de l'installation. Pour plus d'informations sur les avantages et les inconvénients des différentes protections, se référer au "3.3 - Présentation des différentes protections moteur", page 11.

Le tableau ci-contre permet de définir le niveau de protection en fonction de l'application et des conditions d'installation. On distingue deux niveaux d'applications :

- **Application A1** : Toutes les applications qui ne correspondent pas aux critères listés dans "Application A2".
Par exemple, les pompes centrifuges, les ventilateurs, les extrudeuses et les compresseurs, etc.
- **Application A2** : Toutes les applications qui remplissent l'un des critères suivants :
 - le variateur possède un redresseur actif ("Low harmonic", "Regen"),
 - le variateur possède un transistor de freinage dont la durée cumulée de freinage est supérieure à 5% de la durée totale de fonctionnement.
 Par exemple, la manutention, les grues, la production d'énergie, etc.

- **Gammes moteurs asynchrones (LSES, FLSES, PLSES, LC, CPLS, etc.), moteurs à aimants (LSRPM, PLSRPM, LSHRM, FLSHRM, PLSHRM) y compris moteurs ATEX et haute température**

| Tension réseau | ≤ 510Vac | | 510 à 750 Vac |
|-----------------------|--------------------|----|--------------------------------|
| Application | A1 | A2 | |
| Longueur câble moteur | | | |
| 10 m | Isolation standard | | RIS et/ou filtre optionnel (1) |
| 20 m | | | |
| ~ 100 m (2) | | | |

(1) Système d'isolation renforcée RIS, ou option Filtre dv/dt ou filtre sinus de mode différentiel optionnel.

(2) Au-delà de 100 m, des limitations non liées à la protection du bobinage doivent être prises en compte. Ces limitations dépendent principalement de la puissance du moto- variateur. Consulter le paragraphe "3.3.3 - Protections externes", page 11 pour plus de détails.

Conditions de validité du tableau :

- dv/dt maximum < 4000 V/μs aux bornes du variateur
- Durée minimum entre 2 impulsions de MLI du variateur : 5 μs

Les variateurs de la gamme POWERDRIVE ou UNIDRIVE satisfont aux limitations ci-dessus. La sélection d'un ensemble moto-variateur Leroy-Somer respectant les préconisations d'isolation et les règles de bonnes pratiques de l'installation (cf. "4 - Règles de câblage", page 14) offre l'assurance de disposer d'une solution fiable qui garantit la durée de vie du bobinage.

NOTA

- L'association des filtres dv/dt et sinus de mode différentiel avec les moteurs à aimants n'est pas toujours possible. Se référer au "3.3.3.2 - Filtre dV/dt", page 12 et "3.3.3.3 - Filtre sinus de mode différentiel", page 12.
- Consulter "3.3.3.3 - Filtre sinus de mode différentiel", page 12 pour les grandes longueurs de câbles moteur (> 150 m) et "4.3.3 - Précautions particulières pour variateur de faible puissance", page 17 pour les précautions relatives aux variateurs de faible puissance (< 5,5 kW).

3.2 - Systèmes de protection de la pivoterie

Leroy-Somer propose plusieurs niveaux de protection des roulements de ses moteurs :

- **Pivoterie standard**
- **Systèmes de protection renforcée de la pivoterie** pour prévenir les courants de mode commun : **roulements isolés et/ou bague déviatrice de courant**
- **Filtre sinus de mode commun** optionnel à raccorder en sortie de variateur.

NOTA

Le terme "Pivoterie standard" comprend les protections intégrées en standard pour certaines gammes de moteur pour lesquelles aucune protection optionnelle n'est nécessaire.

Pour plus d'informations sur les avantages et les inconvénients des différentes protections, se référer au "3.3 - Présentation des différentes protections moteur", page 11.

Le tableau ci-contre permet de définir le niveau de protection en fonction de l'application et des conditions d'installation. On distingue deux niveaux d'applications :

- **Application B1** : Toutes les applications qui ne correspondent pas aux critères listés dans "Application B2".
Par exemple, les pompes centrifuges, les ventilateurs, les compresseurs, etc.
- **Application B2** : Toutes les applications qui remplissent un ou plusieurs des critères suivants :
 - le variateur possède un redresseur actif ("Low harmonic", "Regen"),
 - le variateur possède un transistor de freinage dont la durée cumulée de freinage est supérieure à 5% de la durée totale de fonctionnement,
 - la butée basse de vitesse de rotation est inférieure à 500 min⁻¹ (exemple : extrudeuses).
 Par exemple, la manutention, les grues, l'extrusion, la production d'énergie, etc.

- **Gammes moteurs asynchrones (LSES, FLSES, PLSES, LC, CPLS, etc.), moteurs à aimants (LSRPM, PLSRPM, LSHRM, FLSHRM, PLSHRM) y compris moteurs ATEX et haute température**

| Application | B1 | | B2 |
|----------------|---------------------------|---------------------------|--|
| Tension réseau | ≤ 510 V _{ac} | 510 à 750 V _{ac} | |
| Hauteur d'axe | Pivoterie standard | | Protection renforcée de la pivoterie ou filtre optionnel ⁽¹⁾ |
| ≤ 160 | | | |
| 180 ≤ HA ≤ 250 | | | |
| ≥ 280 | | | |

(1) Protection renforcée par utilisation de roulements isolés, bagues déviatrice de courant ou filtre sinus de mode commun optionnel.

NOTA

- Pour un fonctionnement du moteur au delà de 3600 min⁻¹, consulter Leroy-Somer.
- La solution de protection renforcée inclut l'utilisation d'un capteur de vitesse et de position isolé (codeurs incrémentaux ou absolus, résolveurs...) lorsqu'il est équipé de roulements au contact de l'arbre moteur. Pour de plus amples d'informations, se reporter au guide technique des capteurs de vitesse et position réf.5664.
- Pour les grandes longueurs de câble moteur, l'utilisation d'un filtre sinus de mode commun est une alternative économique intéressante à la protection renforcée de la pivoterie, voir "3.3.3.4 - Filtre sinus de mode commun", page 13.

3.3 - Présentation des différentes protections moteur

3.3.1 - Protection du bobinage : système de sur-isolation renforcé

Un système de sur-isolation renforcé du moteur est un système d'isolation qui permet d'augmenter le seuil d'apparition des décharges partielles.

3.3.2 - Protections de la pivoterie

3.3.2.1 - Roulements isolés

Un roulement isolé est élaboré avec un revêtement isolant ou des billes céramiques non-conductrices. Il limite voire élimine le passage de courant dans le roulement.

Dans le cas où un seul roulement isolé est utilisé, il doit être installé à l'arrière du moteur et doit être associé à une bague déviatrice de courant, afin de couper le courant de circulation de manière certaine.

3.3.2.2 - Bague déviatrice de courant

Une bague déviatrice est composée d'un (ou deux) ensemble balai et porte-balai monté sur le flasque avant, et d'une bague collecteur fixée sur l'arbre. Elle permet de réacheminer les courants d'arbre pour qu'ils ne passent plus dans les roulements.

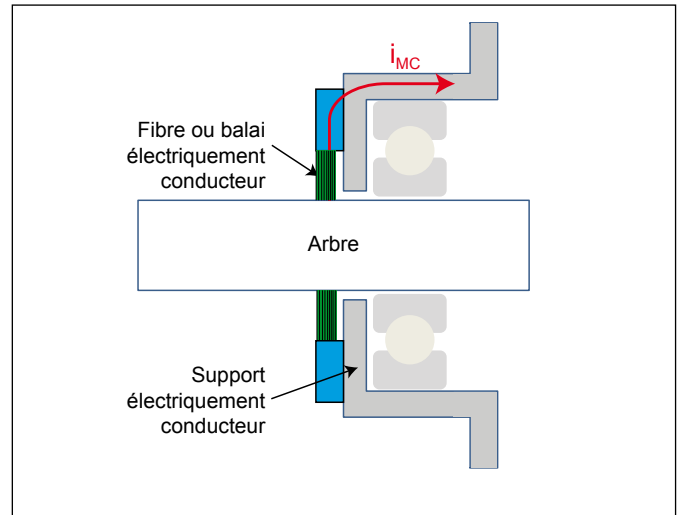
La bague déviatrice doit obligatoirement assurer une bonne liaison haute fréquence avec l'arbre tournant. Il est donc important de s'assurer régulièrement que la portée du balai soit propre pour maintenir une faible impédance de contact.

Une bague déviatrice ne remplace pas une bonne mise à la terre haute fréquence entre le moteur et le variateur ainsi qu'entre le moteur et sa charge. En effet, si la mise à la masse est de mauvaise qualité, les courants de mode commun peuvent circuler via le carter, le balai déviateur, l'arbre de transmission, l'accouplement et les roulements de la charge. Cette situation risquerait donc de déplacer le problème des roulements du moteur vers ceux de la charge.

Illustration 8 - Bagues déviateurs de courant



Illustration 9 - Passage de courant avec bague déviatrice



Les courants de mode communs sont déviés du roulement, et passent du balai déviateur de courant vers la carcasse.

3.3.3 - Protections externes

3.3.3.1 - Selfs dV/dt

Les selfs dV/dt sont généralement des bobines à noyaux magnétiques, de faibles valeurs d'inductance (quelques dizaines ou centaines de μH) et raccordées en sortie du variateur. Elles réduisent les pics de courants liés à la charge et à la décharge des capacités des câbles blindés (voir "4.3.3 - Précautions particulières pour variateur de faible puissance", page 17). Sous certaines conditions, elles limitent aussi les surtensions aux bornes du moteur.

Principaux avantages :

- Diminution des mises en sécurité « surintensités » potentielles des variateurs de faible puissance (<4kW) par la limitation des pics de courant en sortie du variateur.
- Légère diminution au niveau du bruit magnétique en pression acoustique de la machine tournante. Généralement, le gain est de 1 à 3 dB(A) en fonction de la puissance et la polarité du moteur.

Inconvénient :

- Chute de tension additionnelle de 2 % en sortie variateur à prendre en compte lors du dimensionnement.

Illustration 10 - Self dV/dt



3.3.3.2 - Filtre dV/dt

Les filtres dV/dt sont constitués d'une self dV/dt combinée avec un circuit amortisseur RC (composé de résistances et de condensateurs) et raccordés en sortie du variateur. Cette association permet de limiter les fronts de tension de la MLI à des valeurs < 500 V/μs, et par conséquent les surtensions aux bornes du bobinage du moteur. Ils permettent d'utiliser des moteurs standards sans protection particulière du bobinage avec des longueurs de câbles importantes.

NOTA

Au-delà de 200 m, préférer un filtre sinus au filtre dV/dt. L'utilisation des filtres dV/dt est limitée par la longueur du câble moteur et la fréquence de découpage du variateur. Se référer aux notices des filtres concernés.

Principaux avantages :

- Accroissement de la durée de vie du moteur par protection du bobinage.
- Réduction des interférences électromagnétiques avec l'environnement.
- Réduction des courants de charges des capacités des câbles.
- Légère diminution au niveau du bruit magnétique en pression acoustique de la machine tournante. Généralement, le gain est de 1 à 3 dB(A) en fonction de la puissance et la polarité de la machine.

Inconvénients :

- Chute de tension additionnelle de 2 % en sortie variateur à prendre en compte lors du dimensionnement.
- Impossibilité d'utiliser des filtres dV/dt en sortie d'un variateur pilotant un moteur à aimants permanents en mode « Sans Capteur » (ou seulement sous certaines conditions, consulter Leroy-Somer)
- Ne doit pas être utilisé à une fréquence de découpage supérieure à celle pour laquelle il a été dimensionné.

Illustration 11 - Filtre dV/dt



3.3.3.3 - Filtre sinus de mode différentiel

Le filtre sinus, raccordé en sortie du variateur, est un filtre passe-bas qui convertit le signal haché par la MLI du variateur en un signal quasi sinusoïdal entre phases. Il permet d'éliminer totalement le risque de pics de tension aux bornes du bobinage.

Cette solution est particulièrement recommandée pour les installations avec une grande longueur de câble entre variateur et moteur et pour les rétrofits d'installations où le moteur n'est pas adapté à la vitesse variable.

Le filtre sinus agit peu sur les variations de tension entre les conducteurs du câble moteur et la terre et, par conséquent, n'a que peu d'impact sur les courants de mode commun.

Principaux avantages :

- Suppression des pics de surtension aux bornes du moteur.
- Accroissement de la durée de vie du moteur par protection du bobinage
- Réduction du risque de décharge capacitive dans les roulements
- Réduction des interférences électromagnétiques avec l'environnement.
- Réduction importante du niveau de bruit acoustique lié à la MLI.

Inconvénients :

- Chute de tension additionnelle inférieure à 2 % en sortie variateur à prendre en compte lors du dimensionnement.
- Le filtre sinus n'est pas compatible avec le fonctionnement des variateurs en mode de contrôle en courant (moteur à aimants permanents PM en contrôle de courant).

NOTA

L'utilisation des filtres sinus est limitée par la longueur du câble moteur et la fréquence de découpage du variateur. Se référer aux notices des filtres concernés.

Illustration 12 - Filtre sinus de mode différentiel



3.3.3.4 - Filtre sinus de mode commun

Le filtre sinus de mode différentiel, raccordé en sortie du variateur, permet d'éliminer les résidus de modulation MLI et d'obtenir une tension quasi sinusoïdale entre les phases du moteur. Cependant les fronts de tensions de MLI sont toujours présents entre phases et terre.

Les filtres sinus de mode commun sont des filtres complets qui filtrent aussi les fronts de tension entre les phases du moteur et la terre et permettent d'offrir une solution qui ne requière pas de protection locale des roulements du moteur ou de la charge.

Ils sont particulièrement bien adaptés lorsque la longueur du câble moteur est importante (à partir d'environ 100 m pour les moteurs < 10 kW et 250 m pour les moteurs > 200 kW).

Principaux avantages :

- Filtrage des tensions entre phases et des tensions phase/terre du moteur permettant l'utilisation de câbles moteur non blindés.
- Très forte limitation des courants de fuite du moteur par rapport à la terre et suppression du risque de décharge capacitive dans les roulements.
- Réduction des émissions électromagnétiques.
- Élimination totale du bruit lié à la MLI. La machine présente le même spectre de bruit par tiers d'octave en LwA que lorsqu'elle aurait été alimentée par une onde sinusoïdale.

Inconvénients :

- Pour certains filtres, il est nécessaire d'avoir accès au bus DC du variateur.
- Le filtre sinus n'est pas compatible avec le fonctionnement des variateurs en mode de contrôle en courant (moteur à aimants permanents PM en contrôle de courant).
- Son coût est à prendre en considération. Cependant, cette solution n'engendre pas de surcoût lié à l'achat de câbles blindés.

NOTA

L'utilisation des filtres sinus est limitée par la longueur du câble moteur et la fréquence de découpage du variateur. Se référer aux notices des filtres concernés.

3.3.3.5 - Tores de mode commun

Les tores de mode commun sont des anneaux à haute perméabilité qui entourent les 3 conducteurs du câble moteur. Ils sont localisés en sortie du variateur et le conducteur équipotentiel (PE, Protection Earth) ne doit pas les traverser. Les tores de mode commun amortissent les courants haute fréquence liés à la MLI et réduisent leurs amplitudes. Leur utilisation n'a d'intérêt que si les câbles moteur sont non blindés (rétrofit d'installation ou très faible distance entre variateur et moteur), si toutes les règles de mise à la masse sont correctement appliquées et qu'il n'existe pas de risque d'interférence électromagnétique.

Dans les faibles puissances (< quelques kW), des selfs de mode commun peuvent remplacer les tores.

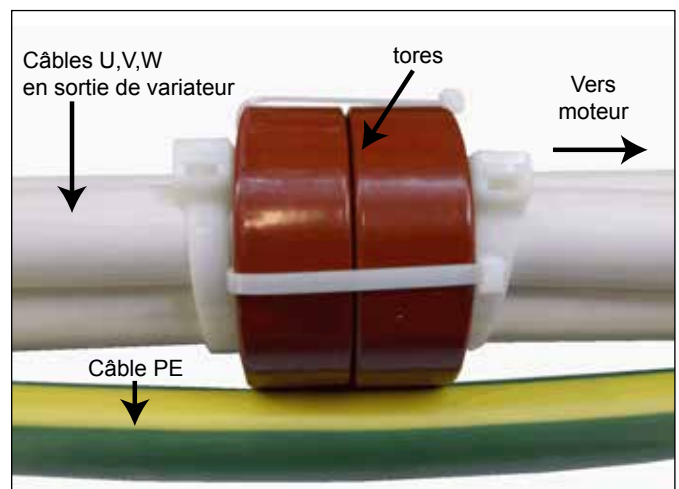
Principaux avantages :

- Limitation du rayonnement électromagnétique des câbles moteur.
- Limitation dans certaines configurations du niveau d'émissions conduites.

Inconvénients :

- Pas ou peu d'effet sur les pics de tension aux bornes du bobinage.
- Le nombre de tores doit être défini en fonction de l'installation.

Illustration 13 - Agencement des tores de mode commun



4 - RÈGLES DE CÂBLAGE

4.1 - Généralités

Il est de la responsabilité de l'utilisateur et / ou de l'installateur d'effectuer le raccordement du système motovariateur en fonction de la législation et des règles en vigueur dans le pays dans lequel il est utilisé. Ceci est particulièrement important pour la taille des câbles et le raccordement des masses et terres. En aucun cas les informations données ci-après ne se substituent aux normes en vigueur ni à la responsabilité de l'installateur.

4.2 - Liaisons équipotentielles

4.2.1 - Liaisons de masses et mise à la terre

Le premier objectif de la mise à la masse des composants et des équipements d'une installation industrielle est d'assurer la protection des personnes et de limiter les risques de dégâts en cas de défaut majeur sur l'alimentation électrique ou consécutifs à un impact de foudre. Un second objectif de la mise à la masse est de créer une référence équipotentielle de tension à basse impédance commune à tous les équipements qui réduit :

- les risques d'interférences entre équipements dans les installations qui intègrent des systèmes électroniques et électriques sensibles et interconnectés,
- le risque de casse de matériel en cas de courants de défaut,
- le risque de passage de courant dans les roulements des machines électriques alimentées par variateur de fréquence,
- le niveau des émissions électromagnétiques conduites ou rayonnées.

Il est indispensable que le réseau de terre soit étudié et mis en œuvre par le responsable de l'installation pour que son impédance soit la plus faible possible afin de répartir les courants de défaut ainsi que les courants hautes fréquences pour que ceux-ci ne circulent pas au travers des équipements électriques. La philosophie de base de toute installation de mise à la terre est de maximiser le maillage des liaisons de masse entre les parties métalliques (châssis de machines, structure de bâtiments, tuyauteries, etc.) et de relier ce maillage à la terre en de multiples points. Les masses métalliques doivent notamment être connectées entre elles mécaniquement avec la plus grande surface de contact électrique possible ou par des tresses de masse. Le carter des moteurs doit être raccordé au châssis de l'équipement par des tresses plates haute fréquence (leur rapport largeur/longueur doit être au minimum de 1/10). La peinture devra être retirée sur la surface de contact avec la tresse.

En aucun cas les liaisons de terre destinées à assurer la protection des personnes en reliant les masses métalliques à la terre par un câble ne peuvent se substituer aux liaisons de masse (voir CEI 61000-5-2).

Notamment la borne de terre du moteur (PE, Protection earth) doit être reliée directement à celle du variateur. Un ou des conducteurs de protection PE (Protection Earth) séparés sont obligatoires si la conductivité du blindage du câble est inférieure à 50% à la conductivité du conducteur de phase.

4.2.2 - Liaisons équipotentielles dans les armoires

Pour assurer une bonne référence équipotentielle dans les armoires il est fortement recommandé de disposer les composants (variateurs, filtres CEM, boîtier d'entrées sorties, etc.) sur une plaque de fond d'armoire conductrice non peinte qui sera reliée au cadre de l'armoire par la plus grande surface de contact possible. Les panneaux latéraux et arrière seront reliés à la barre ou aux plaques PE par des tresses de masse de grande largeur. La peinture des panneaux devra être retirée dans les zones de liaison des tresses.

Si plusieurs cadres d'armoire sont associés côte à côte, les cadres des différentes armoires devront être vissés entre eux en plusieurs endroits régulièrement repartis pour assurer une liaison conductrice (utilisation de rondelles contact) de même les plaques de fond devront aussi être reliées entre elles par plusieurs tresses.

4.3 - Câbles moteur

Le blindage des conducteurs de puissance offre un chemin privilégié permettant aux courants de mode commun de revenir à leur point d'origine sans se disperser dans les autres chemins possibles (conducteurs équipotentiels, tuyauteries, structure des bâtiments, etc.). Il permet de réduire sensiblement les niveaux d'émissions électromagnétiques conduites et rayonnées. Pour cette raison, l'utilisation de câbles blindés entre variateur et moteur est impérative afin d'assurer la conformité avec les normes d'émissions CEM (CEI 61800-3, etc.). Les câbles blindés permettent aussi de limiter la tension d'arbre et les risques de dégradation des roulements.

4.3.1 - Type de câbles

4.3.1.1 - Câbles blindés

Les câbles blindés doivent être obligatoirement des câbles multiconducteurs symétriques à faible capacité de fuite. Les câbles avec un seul conducteur équipotentiel peuvent être utilisés jusqu'à des sections de 10 mm² environ. Pour les sections supérieures, n'utiliser que des câbles avec 3 conducteurs équipotentiels.

Le blindage doit être relié aux 2 extrémités : côté variateur et côté moteur sur 360°. La partie non blindé du câble doit être la plus courte possible, et utiliser des presse étoupes métalliques (serrage sur le blindage du câble) coté moteur, se reporter aux notices d'installation pour la liaison du blindage du coté variateur.

Illustration 14 - Câbles moteur blindés

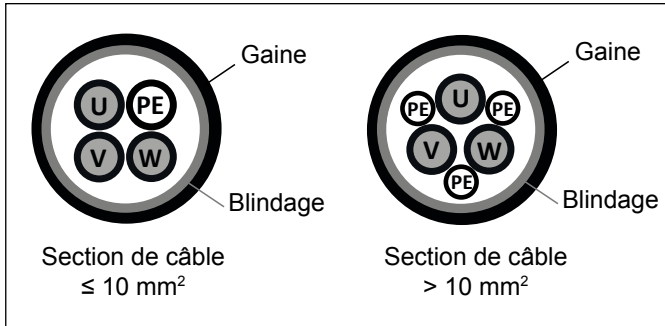
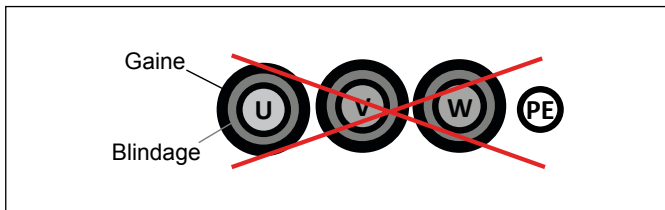


Illustration 15 - Configuration de câbles blindés à ne pas utiliser



⚠ Les câbles mono-conducteurs armés ou blindés ne doivent pas être utilisés.

Pour les applications qui le nécessitent, les câbles blindés peuvent être remplacés par des câbles à conducteur concentrique externe de protection PE.

4.3.1.2 - Câbles non blindés

En second environnement industriel (selon la norme EN 61800-3, environnement comprenant tous les établissements autres que ceux directement raccordés à un réseau d'alimentation basse tension qui alimente les bâtiments utilisés à des fins résidentielles), lorsque le câble d'alimentation du moteur est court (<10 m), le câble blindé peut être remplacé par un câble à 3 conducteurs de phase associés en trèfle + 1 conducteur de terre. L'ensemble des conducteurs doit être placé dans un conduit métallique fermé sur 360° (goulotte métallique par exemple). Ce conduit métallique doit être relié mécaniquement à l'armoire électrique et à la structure supportant le moteur.

Si le conduit comporte plusieurs éléments, ceux-ci doivent être reliés entre eux par des tresses afin d'assurer une continuité de masse. Les câbles doivent être positionnés et maintenus en trèfle dans le conduit.

Illustration 16 - Câbles non blindés dans une conduite

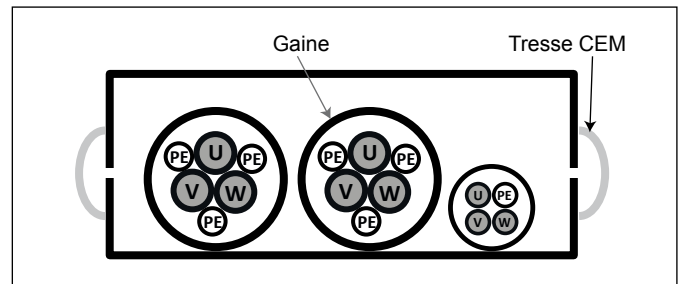


Illustration 17 - Câbles non blindés dans une conduite à plusieurs éléments

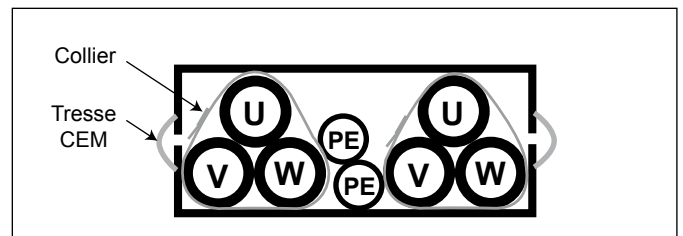
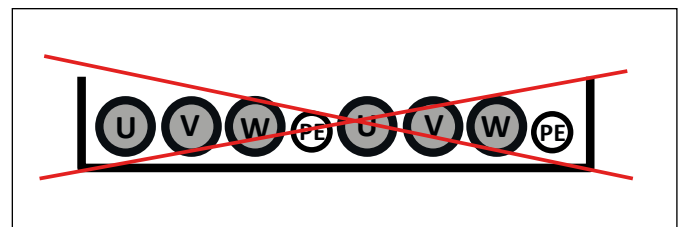


Illustration 18 - Configuration de câbles non blindés à ne pas utiliser



4.3.2 - Raccordement type d'un moto-variateur

Une liaison équipotentielle entre le châssis, le moteur, le variateur, le transformateur et la masse faite dans les règles de l'art contribuera fortement à atténuer la tension entre arbre et carcasse du moteur, réduira le passage de courants haute fréquence via l'arbre et, par conséquent, préviendra du risque de défaillance prématurée des roulements ou des codeurs.

La mise à la terre du moteur est obligatoire et doit être assurée conformément à la réglementation en vigueur (protection des travailleurs).

NOTA

La tresse plate HF qui relie la carcasse moteur au bâti de la machine doit avoir un rapport largeur/longueur minimum de 1/10. La peinture devra être retirée sur la surface de contact avec la tresse.

Illustration 19 - Utilisation d'un presse-étoupe métallique avec ancrage pour le câble moteur

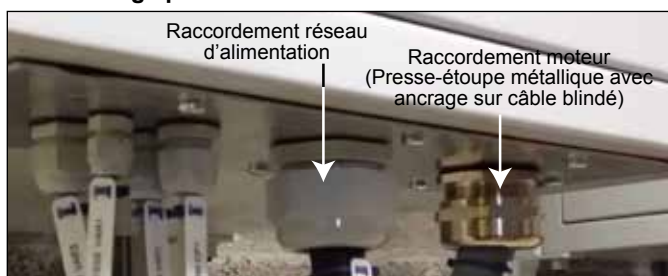


Illustration 20 - Raccordement type d'un motovariateur

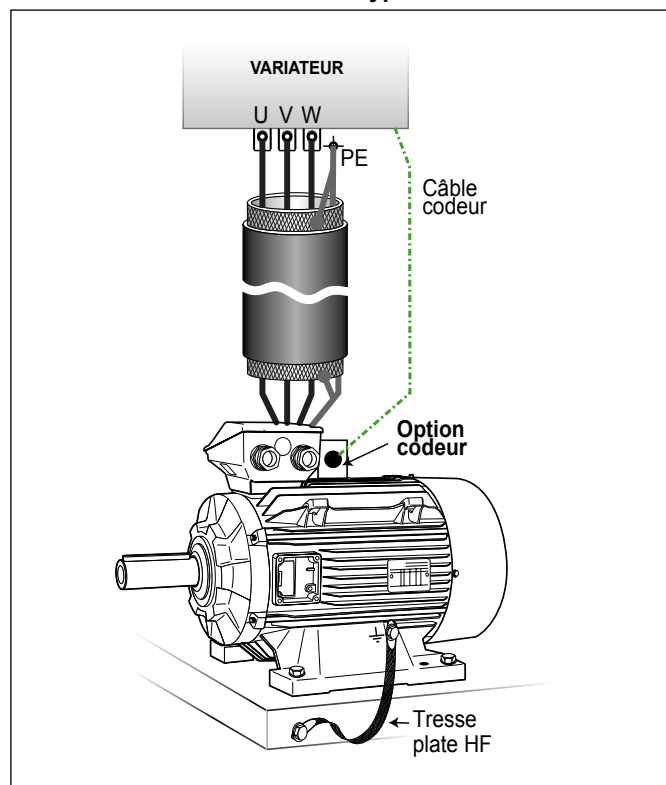
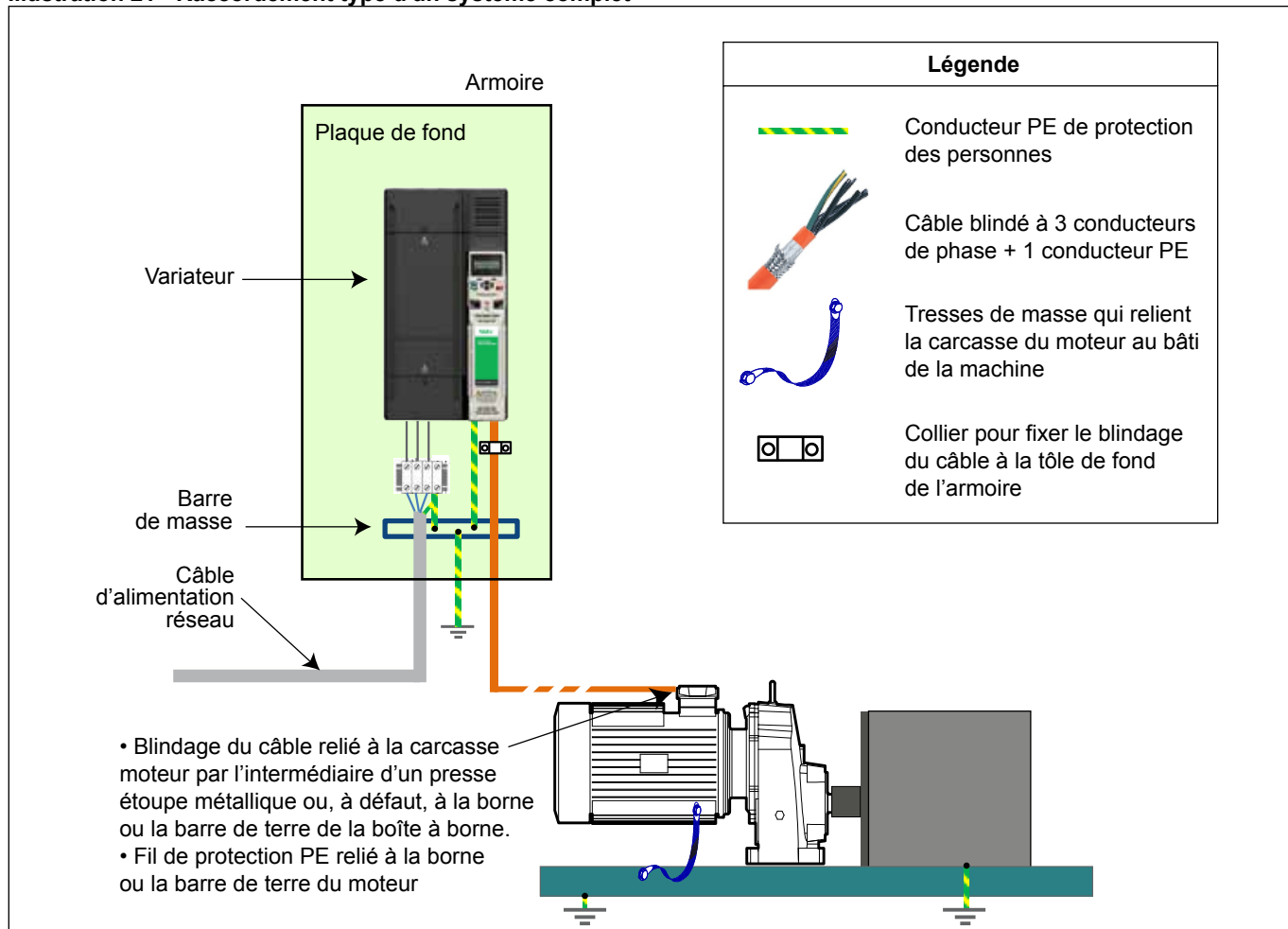


Illustration 21 - Raccordement type d'un système complet



4.3.3 - Précautions particulières pour variateur de faible puissance

A chaque front commutation de tension du variateur la capacité du câble moteur doit être chargée puis déchargée ce qui induit une succession de pics de courants à haute fréquence qui doivent être fournis/absorbés par le variateur. L'amplitude de ces pics de courant est liée à la longueur du câble. Plus les câbles sont longs, plus les pics sont importants.

Pour les variateurs de puissance supérieure à quelques kW, ces pointes de courants capacitifs sont faibles en comparaison du courant moteur et n'ont pas d'effet sur le fonctionnement du variateur.

Sur les variateurs de faible puissance avec des câbles longs, ces pics de courant ne sont pas négligeables et peuvent affecter le fonctionnement du variateur, voire conduire à des mises en sécurité en surintensité.

Ces courants à haute fréquence peuvent aussi induire un échauffement excessif des condensateurs CEM internes au variateur.

Pour prévenir le risque, il est recommandé d'insérer une self ou un filtre dv/dt entre variateur et moteur dès que la longueur de câble excède 20 m pour des calibres de variateur inférieur à 2 kW.

Pour plus d'informations, se reporter au "3.3.3.1 - Selfs dV/dt", page 11 et au "3.3.3.2 - Filtre dV/dt", page 12.

4.3.4 - Dimensionnement des câbles

Les câbles d'alimentation du variateur vers le moteur doivent être dimensionnés en fonction de la norme applicable, et selon le courant d'emploi, indiqué dans la documentation variateur. Les différents facteurs à prendre en compte sont :

- Le mode de pose : dans un conduit, un chemin de câbles, suspendus ...
- Le type de conducteur : cuivre ou aluminium

Une fois la section des câbles déterminée, il faut vérifier la chute de tension aux bornes du moteur. Une chute de tension importante entraîne une augmentation du courant et des pertes supplémentaires dans le moteur (échauffement).

Les sections de conducteurs données ci-après ou dans les notices dédiées des produits Leroy-Somer ne se substituent en aucun cas à la réglementation en vigueur dans chaque pays (NF C15-100 en France).

Exemple d'intensités admissibles pour des câbles blindés multi-conducteurs en cuivre

Conditions :

- Longueur maximum : 50 m
- Fréquence fondamentale maximale : 100 Hz
- Installation en simple couche sur chemin de câbles perforé, échelles, corbeaux
- Température ambiante : 40°C

| Nombre de câbles x section conducteurs | Intensité admissible du câble (A) | |
|--|-----------------------------------|----------|
| | 70°C (1) | 90°C (1) |
| mm ² | | |
| 1 x (3x35+PE) | 108 | 142 |
| 1 x (3x50+PE) | 132 | 174 |
| 1 x (3x70+PE) | 170 | 222 |
| 1 x (3x95+PE) | 206 | 270 |
| 1 x (3x120+PE) | 240 | 314 |
| 1 x (3x150+PE) | 276 | 358 |
| 1 x (3x185+PE) | 316 | 408 |
| 1 x (3x240+PE) | 374 | 488 |
| 2 x (3x50+PE) | 230 | 305 |
| 2 x (3x70+PE) | 300 | 390 |
| 2 x (3x95+PE) | 360 | 475 |

| Nombre de câbles x section conducteurs | Intensité admissible du câble (A) | |
|--|-----------------------------------|----------|
| | 70°C (1) | 90°C (1) |
| mm ² | | |
| 2 x (3x120+PE) | 420 | 550 |
| 2 x (3x150+PE) | 485 | 630 |
| 2 x (3x185+PE) | 555 | 720 |
| 2 x (3x240+PE) | 655 | 860 |
| 4 x (3x50+PE) | 415 | 545 |
| 4 x (3x70+PE) | 530 | 695 |
| 4 x (3x95+PE) | 645 | 845 |
| 4 x (3x120+PE) | 745 | 980 |
| 4 x (3x150+PE) | 865 | 1120 |
| 4 x (3x185+PE) | 985 | 1275 |
| 4 x (3x240+PE) | 1165 | 1525 |

(1) Température maximum admissible du câble (pour 70°C max, type Ölflex SERVO 2YSLCY-JB et pour 90°C max, type TOXFREE ROZ1-K ou RHEYFLEX® Power EMC 2XSLSTCYK-Y).

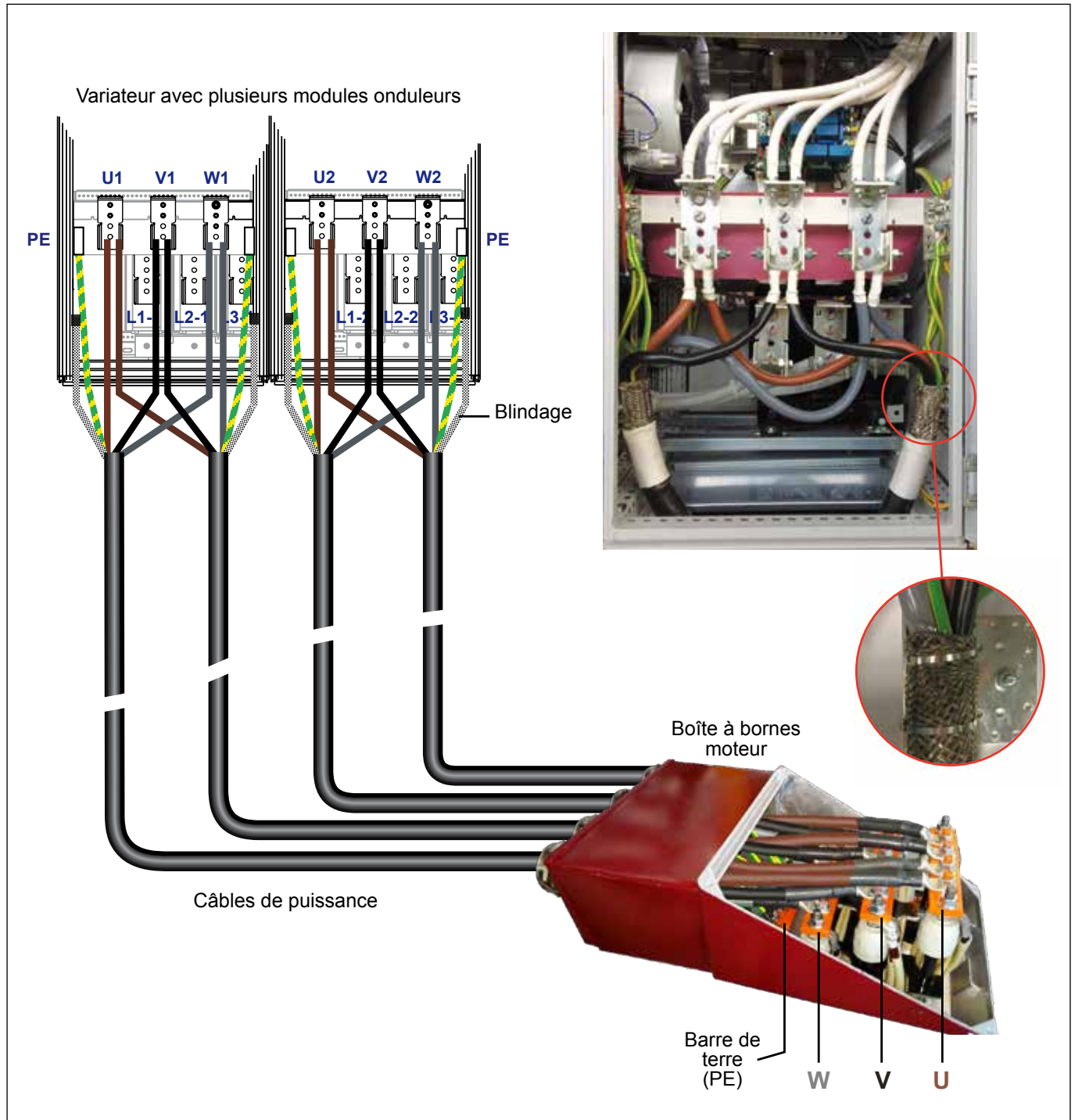
Exemple : 2 x (3x95+PE) correspond à deux câbles comprenant chacun 3 conducteurs de phase de section 95 mm² et 3 conducteurs de terre (PE).

4.4 - Câblages particuliers

4.4.1 - Câblage de plusieurs modules onduleurs en parallèle avec un seul moteur

Dans la situation où plusieurs modules onduleurs sont utilisés en parallèle pour alimenter un seul moteur de forte puissance, si aucune self d'équilibrage n'est ajoutée pour équilibrer les courants, la parallélisation doit s'effectuer dans la boîte à bornes du moteur. Il est impératif que les câbles de chacune des phases U/V/W du moteur soient distribués symétriquement sur les plages des connexions U/V/W des modules onduleurs.

Illustration 22 - Plusieurs modules onduleurs - un moteur



4.4.2 - Câblage de plusieurs moteurs en parallèle sur un seul variateur

Lorsque plusieurs moteurs sont connectés en parallèle sur un seul et même variateur :

- La pointe de courant de charge vue par le variateur est amplifiée car la valeur de la capacité cumulée de tous les câbles est importante,
- Il existe un risque d'avoir des surtensions aux bornes des moteurs qui dépassent le facteur usuel de 2 de par les réflexions multiples des fronts de tension.

Si les moteurs sont câblés en étoile à partir du variateur, une self ou un filtre dv/dt additionnel(le) doit être inséré(e) au plus près du variateur afin d'atténuer les pointes de courant de charge des capacités des câbles.

Si les moteurs sont câblés en chaîne, l'ajout d'une self ou un filtre dv/dt n'est pas indispensable mais est fortement recommandé lorsque les longueurs de câbles deviennent importantes.

Chaque moteur doit être protégé individuellement par un relais thermique.

NOTA

Seul un mode de contrôle de tension en boucle ouverte peut être utilisé lorsque plusieurs moteurs sont connectés en parallèle sur un même variateur. Les procédures d'autocalibrage sont non opérationnelles dans cette configuration.

Illustration 23 - Câblage des moteurs en étoile

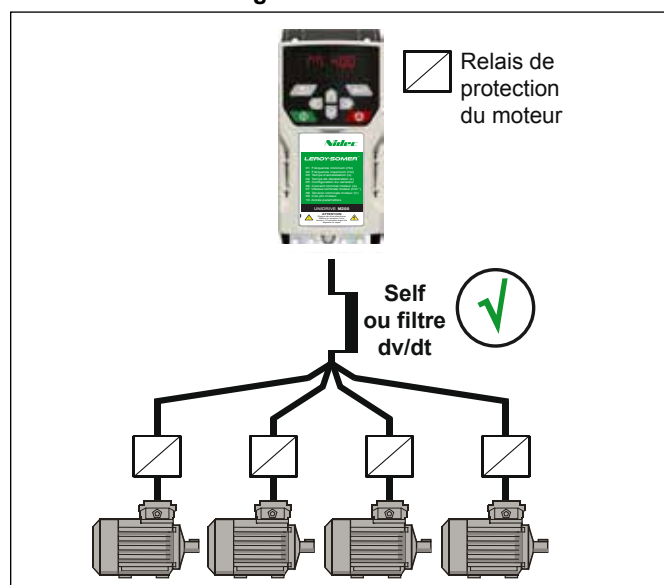


Illustration 24 - Câblage des moteurs en chaîne

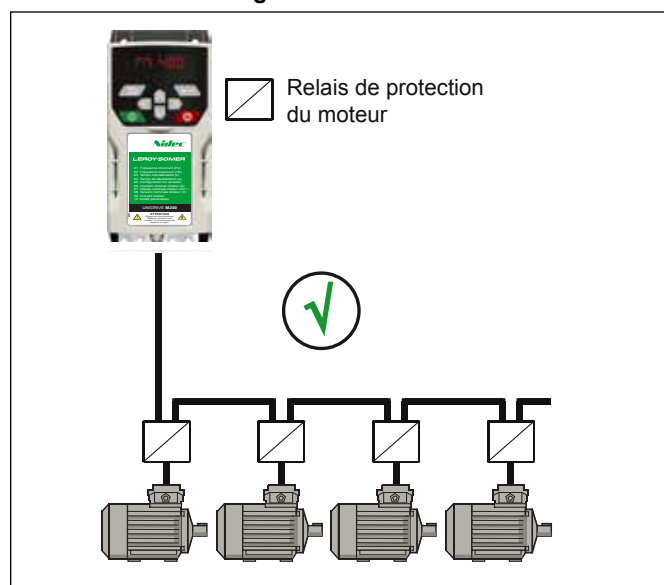
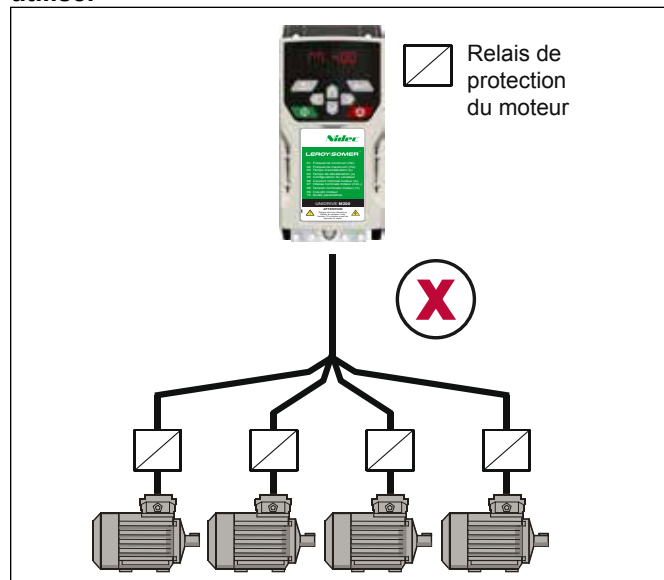


Illustration 25 - Câblage des moteurs en étoile à ne pas utiliser



4.5 - Câbles réseaux

En général, il n'est pas nécessaire de blinder les câbles d'alimentation du variateur. Dans quelques cas particuliers, un blindage peut être nécessaire entre le filtre CEM et le variateur. Se référer aux notices des produits.

4.6 - Signaux de contrôle

4.6.1 - Généralités sur le câblage

Si les câbles doivent être blindés, raccorder les blindages au support de blindage du variateur par l'intermédiaire des étriers de blindages prévus à cet effet.

Éloigner autant que possible les câbles de contrôle des câbles de puissance, afin d'éviter tout couplage par mutuelle inductance.

Les bobines des contacteurs et d'électrovannes, ainsi que les contacts des relais de commande de frein doivent comporter des circuits de protection (RC, varistances) afin de réduire les perturbations lors des commutations.

Les câbles de signaux reliant des composants situés à l'extérieur de la zone d'équipotentialité doivent être munis de blocs de couplage à séparation galvanique.

Illustration 26 - Raccordement d'un câble de contrôle blindé côté variateur

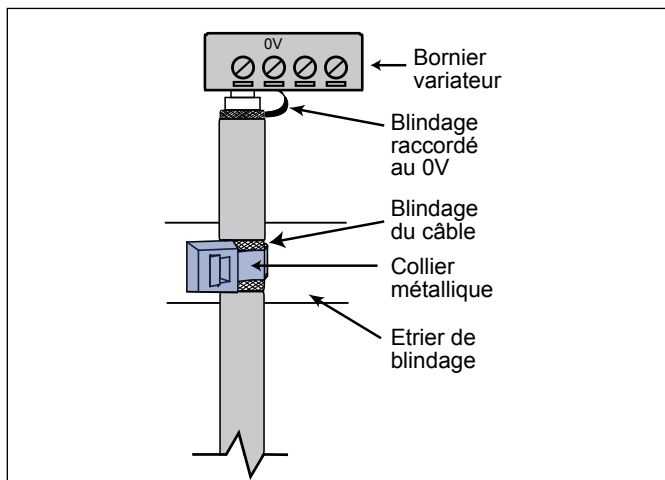
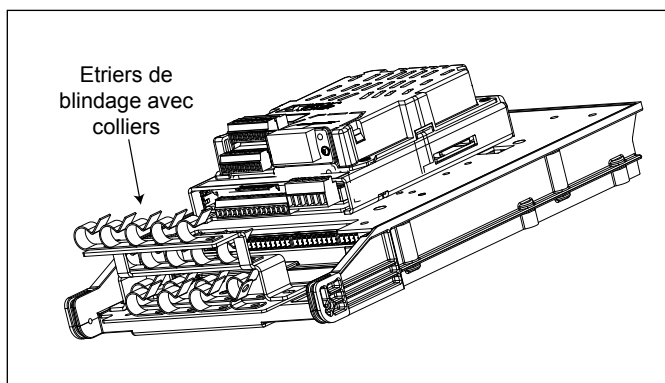


Illustration 27 - Exemple d'étrier de raccordement des câbles de contrôle du variateur

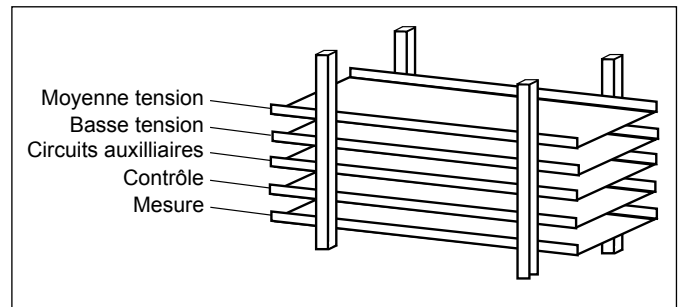


Séparer les câbles par niveau de susceptibilité et les faire cheminer dans des chemins de câbles distincts.

Respecter une distance d'au moins 20 cm entre chemins de câbles ou goulottes comme l'illustration 28.

Placer les câbles les plus sensibles dans les coins des supports métalliques.

Illustration 28 - Agencement d'un chemin de câbles



4.6.2 - Raccordement des signaux analogiques et logiques

4.6.2.1 - Entrées/sorties analogiques et sonde moteur

Blinder systématiquement les signaux analogiques qu'ils soient utilisés dans ou hors de l'armoire.

- Entrées/sorties différentielles

- Elles doivent être connectées avec des paires torsadées pour réduire les couplages inductifs. Le blindage extérieur doit en général être relié à la masse aux deux extrémités pour réduire le couplage HF soit directement, soit au travers de capacités prévues à cet effet.

- Lorsque les câbles de signaux sont doublement blindés (paires torsadées blindées + blindage global), le blindage des paires doit être relié uniquement du côté variateur pour couper les courants de circulation et le blindage extérieur doit être relié aux 2 extrémités.

- Entrées/sorties non différentielles

- Elles doivent être blindées avec un blindage relié au 0V.
- Toujours câbler les 2 conducteurs (aller et retour) d'un même signal côte à côte.
- Ne pas utiliser de retour commun à plusieurs signaux analogiques.

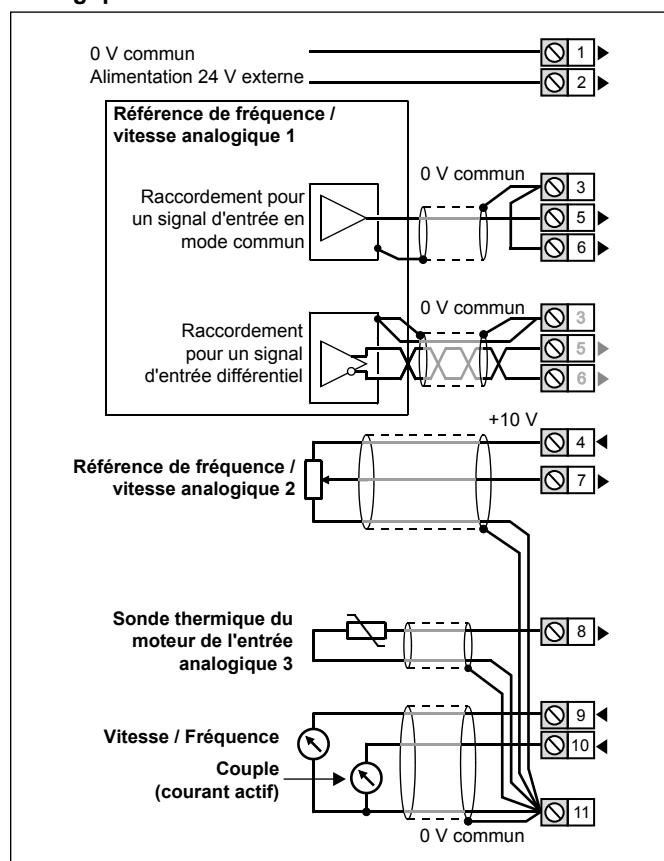
Dans la mesure du possible, ne pas connecter le 0 V commun des signaux analogiques à la même borne que le 0 V des signaux logiques afin d'améliorer la précision de mesure.

L'utilisation de la source 10 V d'alimentation des borniers des variateurs pour commander une entrée analogique doit être limitée à un périmètre proche du variateur (quelques mètres).

Les câbles de signal intégrés au câble moteur (c'est-à-dire, la sonde thermique du moteur, le frein moteur) reçoivent d'importants courants à impulsions via la capacité du câble.

Ils doivent donc posséder leur propre blindage qui doit être coté moteur uniquement.

Illustration 29 - Exemple de raccordement des signaux analogiques



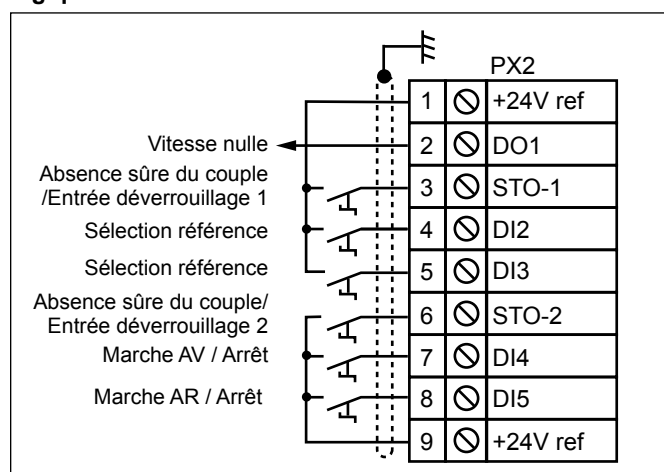
4.6.2.2 - Entrées/sorties logiques

Toujours câbler les 2 conducteurs (aller et retour) d'un même signal côte à côte.

Blinder les câbles lorsqu'ils sont distribués hors de l'armoire.

L'utilisation de la source 24 V d'alimentation des borniers des variateurs pour commander une entrée/sortie logique doit être limitée à un périmètre proche du variateur (quelques mètres). Si les entrées STO (Absence sûre du couple) ou une des entrées/sorties logiques doivent être utilisées dans un environnement éloigné, il est nécessaire de les relayer par un contact sec.

Illustration 30 - Exemple de raccordement des signaux logiques



4.6.3 - Câblage du retour vitesse

Pour de plus amples d'informations, se reporter au guide technique des capteurs de vitesse et position réf.5664.

4.6.3.1 - Généralités

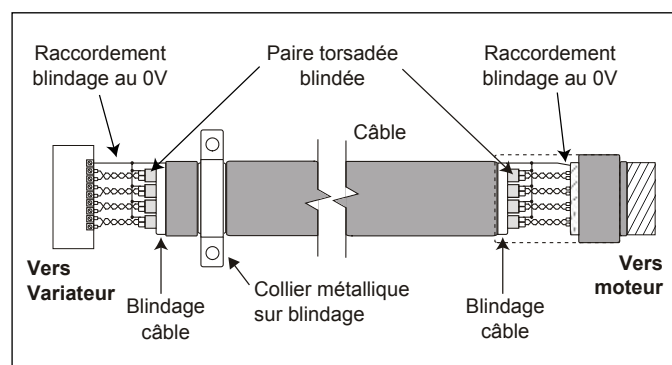
Le câble ne doit pas être interrompu pour bénéficier totalement de la protection du blindage. Si des interruptions sont inévitables, la longueur des câbles de signaux non protégée par le blindage doit être la plus courte possible et la continuité du blindage doit être assurée en reliant par des colliers les 2 extrémités du blindage sur une même surface métallique.

4.6.3.2 - Câblage d'un codeur

Utiliser un câble à multiples paires torsadées avec blindage extérieur. Raccorder le blindage à 360° aux deux extrémités : étrier de blindage coté variateur et presse étoupe métallique coté codeur. Chaque paire doit relier un signal et son complément.

Ce câble doit être disposé à 30 cm minimum de tout câble de puissance.

Illustration 31 - Raccordement câble codeur



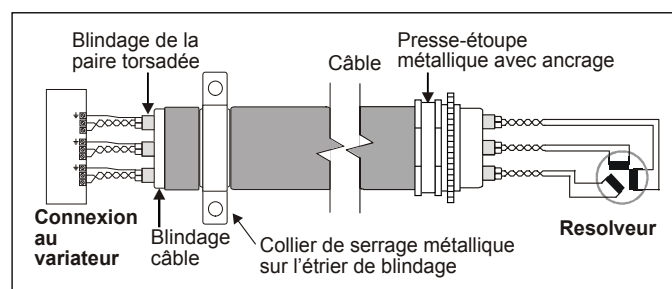
4.6.3.3 - Câblage d'un résolveur

Utiliser un câble avec un blindage extérieur qui intègre au moins trois paires de fils torsadés et blindés (Signaux différentiels « excit », « sin », « cos »).

Raccorder le blindage extérieur à 360° aux deux extrémités : étrier de blindage coté variateur et presse étoupe métallique coté du boîtier résolveur.

Les blindages des paires torsadées doivent être connectés au 0 V coté variateur comme indiqué sur le schéma. Ne pas les connecter coté du résolveur.

Illustration 32 - Raccordement câble résolveur



5 - LEXIQUE

Compatibilité électromagnétique : Ensemble de mesures et de réglementations qui permet aux appareils électroniques de cohabiter de manière satisfaisante, sans interférer l'un sur l'autre.

Courant de mode commun : Courant qui circule dans le même sens sur 2 ou plusieurs conducteurs et qui se reboucle par les liaisons de masse ou par la terre.

Courant de mode différentiel : Courant qui se reboucle dans 2 ou plusieurs conducteurs. Dans le cas d'un circuit simple à deux conducteurs, le courant de mode différentiel circule dans un sens par le conducteur "aller" et dans le sens opposé dans le conducteur "retour". Dans le cas d'un système triphasé à 3 conducteurs, la somme des courants circulant dans chaque conducteur sera nulle.

Décharge partielle (DP) : Décharge électrique qui court-circuite partiellement le mur isolant entre conducteurs. Elle peut se produire à l'intérieur de l'isolant ou être adjacente à un conducteur.

Émission électromagnétique : Propriété d'un appareil à émettre des radiations électromagnétiques ou des courants de mode commun qui sont susceptibles de perturber d'autres appareils localisés dans son environnement proche ou lointain.

MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion) : Succession rapide d'impulsion de tension permettant de synthétiser une tension continue variable à partir d'une source de tension continue fixe (voir illustration 1, au "2 - Introduction", page 3)

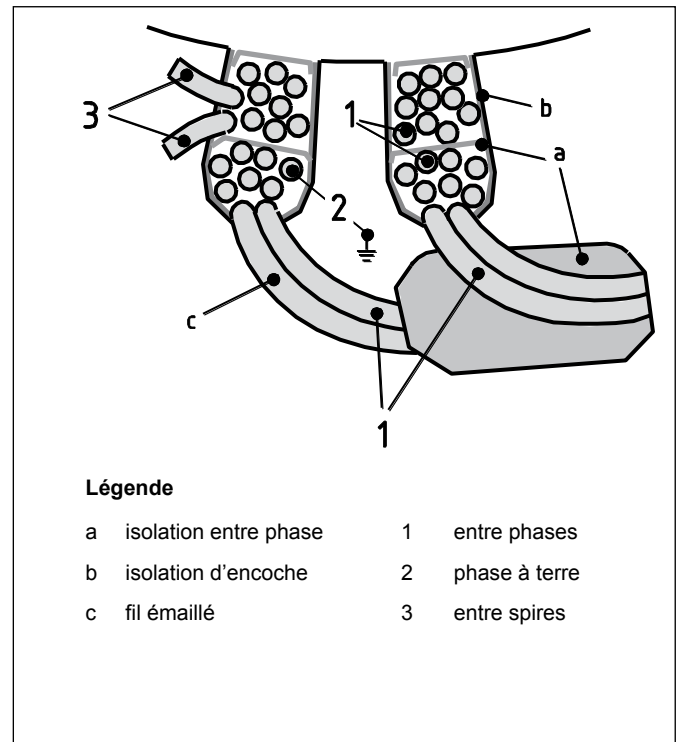
Seuil d'apparition des décharges partielles (PDIV) : Tension seuil à partir de laquelle les décharges partielles sont initiées dans le bobinage. L'abréviation PDIV est dérivée du terme anglais "Partial Discharge Inception Voltage".

Susceptibilité électromagnétique : Prédilection d'un appareil à dysfonctionner suite à des perturbations électromagnétiques provenant d'autres appareils électriques localisés dans son environnement proche ou lointain.

Tension \hat{U}_{LL} : Tension crête entre phases qui fait suite à un front de tension MLI. Unité : V_{pk}

Tension \hat{U}_{LE} : Tension crête entre phase et terre qui fait suite à un front de tension MLI. Unité : V_{pk}

Illustration 33 - Vue éclatée d'un bobinage



Annexe 1 - Éléments à connaître pour la détermination des protections d'un système moto-variateur

Ce guide donne de nombreuses recommandations sur l'installation d'un moto-variateur ainsi que des renseignements utiles sur les différentes protections moteur. Pour déterminer les protections spécifiques nécessaires à une installation, il convient de connaître les éléments suivants :

- la tension du réseau d'alimentation,
- le type d'application,
- la gamme du moteur et sa hauteur d'axe (si le moteur ne fait pas partie de la fourniture de Leroy-Somer, il est nécessaire de connaître le PDIV),
- la longueur du câble entre variateur et moteur,
- la gamme du variateur et ses protections éventuelles type filtre/self (si le variateur ne fait pas partie de la fourniture de Leroy-Somer, il est nécessaire de connaître sa valeur de dv/dt).

Annexe 2 - Normes liées aux systèmes moto-variateurs

Les normes ci-dessous fixent les règles de conception, d'utilisation ou d'installation des systèmes à vitesse variable,

- **CEI 60034-18-41** (norme internationale) : Machines électriques tournantes - Partie 18-41 Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension -Essais de qualification et de contrôle qualité
- **CEI TS 60034-25** : Machines électriques tournantes - Partie 25 Machines électriques à courant alternatif utilisées dans les entraînements électriques de puissance - Guide d'application.
- **CEI 61800-3** : Entraînements électriques de puissance à vitesse variable - Partie 3 Exigences de CEM et méthodes d'essais spécifiques.
- **CEI 61000-5-2** : Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 5 Guides d'installation et d'atténuation. Section 2 : mise à la terre et câblage.
- **NF C15-100** : Installations électriques à basse tension
- **NEMA MG1** part 31 : Definite Purpose Inverter-fed Polyphase Motors

Nidec
All for dreams

LERROY-SOMERTM



Moteurs Leroy-Somer SAS
Siège social : Boulevard Marcellin Leroy - CS 10015
16915 ANGOULÊME Cedex 9

Société par Actions Simplifiées au capital de 65 800 512 €
RCS Angoulême 338 567 258
www.leroy-somer.com