

7 PROTECTION DE L'EQUIPEMENT

7.1 Généralités

Cet article détaille les mesures à prendre pour protéger l'équipement contre les effets de:

- surintensité résultant d'un court-circuit;
- courants de surcharge;
- températures anormales;
- perte ou diminution de la tension d'alimentation;
- survitesse des machines ou d'éléments de la machine:.

7.2 Protection contre les surintensités

Une protection contre les surintensités doit être prévue comme décrit ci-après lorsque le courant dans un circuit de la machine peut dépasser soit la valeur assignée d'un composant soit l'intensité admissible dans les conducteurs la valeur la plus faible des deux étant retenue. Les réglages à utiliser sont détaillés ci-après en 7.2.9.

7.2.1 Conducteurs d'alimentation

A moins qu'il en soit spécifié autrement par l'utilisateur le fournisseur de l'équipement électrique n'est pas responsable de la fourniture du (des) dispositif(s) de protection contre les surintensités pour les conducteurs d'alimentation de l'équipement électrique.

Le fournisseur de l'équipement électrique doit indiquer sur le plan d'installation les renseignements nécessaires pour sélectionner ce dispositif de protection contre les surintensités. (voir 7.2.9 et 19.5) (voir annexe B)

7.2.2. Circuits de puissance

Tous les conducteurs à l'exception des conducteurs neutres mis à la terre doivent être protégés contre les surintensités par des dispositifs de protection convenablement choisis conformément à 7.2.9. Les dispositifs pour la détection et pour l'interruption des surintensités doivent être insérés dans tous les conducteurs actifs

Si la section d'un conducteur neutre mis à la terre (lorsqu'il est utilisé) est au moins égale à celle des conducteurs de phase associés il n'est pas nécessaire de prévoir de détection de surintensité ni d'interruption dans le conducteur neutre.

Pour les conducteurs neutres ayant une section inférieure à celle des conducteurs de phase associés les mesures détaillées au point b) de 473.3.2.1 de la CEI 364-4-473 doivent être appliquées

Dans les schémas IT il est recommandé de ne pas utiliser le conducteur neutre. Cependant si un tel conducteur neutre est utilisé, il est généralement nécessaire de prévoir une protection contre les surintensités pour ce conducteur. (voir aussi la CEI 364-4-473, 3.2.2).

7.2.3 Circuits de commande

Les conducteurs des circuits de commande reliés directement au circuit de puissance et les circuits d'alimentation des transformateurs de commande doivent être protégés contre les surintensités conformément à 7.2.2.

Lorsque les circuits de commande sont alimentés par un transformateur dont une des extrémités de l'enroulement secondaire est reliée au circuit de protection un dispositif de protection contre les surintensités est prescrit uniquement dans l'autre conducteur du circuit secondaire.

7.2.4 Prises de courant et conducteurs associés

La protection contre les surintensités des conducteurs doit être prescrite pour les circuits alimentant des prises de courant destinées essentiellement à fournir la puissance aux matériels de maintenance

Des dispositifs de protection contre les surintensités doivent être prévus sur les conducteurs actifs non mis à la terre de chaque circuit alimentant de telles prises de courant.

7.2.5 Circuits de distribution d'éclairage

Tous les conducteurs non mis à la terre des circuits alimentant l'éclairage local doivent être protégés contre les courts-circuits par des dispositifs de protection contre les surintensités indépendants de ceux protégeant les autres circuits.

7.2.6 Transformateurs

Les transformateurs doivent être protégés contre les surintensités conformément à la CEI 76-5 et à l'EN 60742 si applicables. Une telle protection doit (voir aussi 7.2.9):

- éviter le déclenchement intempestif dû aux courants d'appel magnétisants des transformateurs et
- éviter un échauffement des enroulements excédant la valeur permise pour la classe d'isolement du transformateur lorsqu'il est soumis à un court-circuit à ses bornes secondaires.

Le type et le réglage du dispositif protecteur contre les surintensités doivent être conformes aux recommandations du fournisseur de transformateur

7.2.7 Emplacement des dispositifs de protection contre les surintensités

Les dispositifs de protection contre les surintensités doivent être situés à l'endroit où les conducteurs à protéger sont raccordés à leur alimentation. Lorsque cela n'est pas possible une protection contre les surintensités n'est pas exigée pour les conducteurs du circuit dont l'intensité admissible est inférieure à celle des conducteurs d'alimentation pourvu que la possibilité de court-circuit soit réduite par toutes les mesures suivantes:

- leur courant admissible est au moins égal à celui prescrit pour la charge
- chaque conducteur de raccordement aux dispositifs de protection contre les surintensités n'excède pas 3 m de longueur, et
- les conducteurs sont protégés par une enveloppe ou un conduit.

7.2.8 Dispositif de protection contre les surintensités

Le pouvoir de coupure doit être au moins égal au courant de court-circuit présumé à ce point de l'installation.

Un pouvoir de coupure inférieur est permis si un autre dispositif de protection (par exemple le dispositif de protection contre les surintensités des conducteurs d'alimentation (voir 7.2.1) ayant le pouvoir de coupure nécessaire) est installé du côté de l'alimentation. Dans ce cas, les caractéristiques des dispositifs doivent être coordonnées de telle façon que l'énergie traversante de deux dispositifs en série n'excède pas celle qui peut être supportée sans dommages par le dispositif de protection du côté de la charge et par les conducteurs protégés par ce dispositif. Les déclenchements instantanés de ce dispositif du côté de l'alimentation doivent être ajustés à une valeur de courant au moins 20 % inférieure à celle du courant qui peut être interrompu de façon sûre par le dispositif du côté de la charge.

Les dispositifs de protection contre les surintensités pour les circuits de puissance comprennent les fusibles et les disjoncteurs. Pour les circuits de commande, des dispositifs à semi-conducteurs prévus pour réduire ou limiter le courant dans les circuits protégés peuvent aussi être utilisés. Si des fusibles sont utilisés, un type déjà disponible dans le pays d'utilisation doit être choisi.

7.2.9 Calibrage et réglage des dispositifs de protection contre les surintensités

Le courant assigné des fusibles ou le courant de réglage des autres dispositifs de protection contre les surintensités doit être choisi aussi faible que possible mais convenant pour les surintensités prévues (par exemple, démarrage de moteurs ou mise sous tension de transformateurs). Lors du choix de ce dispositif de protection, on doit tenir compte de la protection des appareils de commutation du circuit de commande en cas de surintensités (par exemple contre la soudure des contacts).

Le courant assigné ou le réglage d'un dispositif de protection contre les surintensités est déterminé par l'intensité admissible dans les conducteurs à protéger par ce dispositif, conformément à 14.4. Il faut tenir compte des besoins de coordination avec les autres appareils électriques du circuit protégé. Les recommandations du fournisseur de ces appareils doivent être respectées.

7.3. Protection des moteurs contre les surcharges

La protection des moteurs contre les surcharges doit être assurée pour chaque moteur d'une puissance supérieure à 0,5 kW en fonctionnement continu. Une telle protection est recommandée pour tous les autres moteurs, plus particulièrement pour les moteurs de pompes de réfrigération. Cette protection peut être réalisée par ex. par l'utilisation de dispositifs de protection contre les surcharges, des détecteurs de température, des dispositifs de limitation de courant.

NOTE: Les dispositifs de protection contre les surcharges détectent des relations temps/courant, dans un circuit, supérieures à celles du circuit en pleine charge et initient une réponse appropriée de la commande

La détection des surcharges (à l'exception des dispositifs de limitation de courant de protections thermiques intégrées par ex. thermistances noyées dans les enroulements) doit être assurée dans chaque conducteur actif à l'exception du neutre. Cependant, le nombre de dispositifs de détection de surcharge peut être réduit à la demande de l'utilisateur (voir annexe B) pour des moteurs monophasés ou à courant continu, la détection sur un seul conducteur actif non relié à la terre est permise.

Si la protection contre les surcharges est réalisée par coupure, le dispositif de coupure doit couper tous les conducteurs actifs à l'exception du neutre;

Dans le cas de moteurs avec des caractéristiques spéciales de service appelés à démarrer ou à être freinés fréquemment (par ex. moteurs utilisés pour l'avance ou le retour rapides, le verrouillage, le perçage sensitif), il peut être difficile de réaliser une protection contre les surcharges dont la constante de temps s'accorde avec celle du moteur à protéger. L'utilisation de dispositifs de protection appropriés conçus pour des moteurs à usage spécial est recommandée. Pour de tels moteurs dont la puissance assignée ne dépasse pas 2 KW, une protection contre les surcharges n'est pas exigée.

L'utilisation de moteurs avec protection thermique incorporée (voir CEI 34-11) est recommandée dans les cas où le refroidissement peut être mis en défaut (par exemple dans des environnements poussiéreux). Selon le type de moteur, la protection thermique incorporée peut ne pas assurer une protection suffisante en cas de rotor bloqué et donc il peut être nécessaire de prévoir une protection supplémentaire dans ce cas de fonctionnement.

La remise en marche automatique d'un moteur doit être empêchée après le fonctionnement d'une protection contre les surcharges si cela peut provoquer une situation dangereuse ou un dommage à la machine ou au travail en cours.

7.4 Protection contre les températures anormales

Les circuits de chauffage par résistance ou autre qui, dans les conditions normales de fonctionnement, peuvent atteindre ou entraîner des températures anormales et donc engendrer des situations dangereuses, doivent être munis d'un dispositif de détection capable de déclencher une réponse appropriée du système de la commande. Un exemple est donné par un circuit de chauffage par résistance qui, soit est calibré pour un fonctionnement court, soit perd son moyen de refroidissement.

7.5 Protection contre l'interruption ou la baisse de la tension d'alimentation et son rétablissement

Lorsqu'une chute de tension ou une interruption de l'alimentation peut causer un dysfonctionnement de l'équipement électrique, un dispositif à minimum de tension doit être prévu pour assurer une protection appropriée à un niveau de tension prédéterminé (par ex, arrêt de la machine).

Si le fonctionnement de la machine permet une interruption ou une réduction de la tension pendant une période de temps courte, un dispositif temporisé à minimum de tension peut être prévu. Le fonctionnement du dispositif de protection à minimum de tension ne doit pas compromettre le fonctionnement de toute commande d'arrêt de la machine.

Le redémarrage automatique de la machine doit être empêché après le fonctionnement de ce dispositif à minimum de tension, si un tel redémarrage peut provoquer une situation dangereuse, endommager la machine, ou détériorer le travail en cours.

Dans le cas où la réduction de tension ou l'interruption d'alimentation peut affecter seulement une partie de la machine ou le groupe de machines fonctionnant ensemble de manière coordonnée, un dispositif doit être prévu sur la partie affectée permettant un contrôle par l'intermédiaire du reste du système de façon à satisfaire les prescriptions du présent article.

7.6 Protection contre la survitesse des moteurs

Une protection contre la survitesse doit être prévue dans les cas où cette survitesse pourrait être la cause d'une situation dangereuse en tenant compte des mesures conformes à 9.4.2. La protection contre la survitesse doit provoquer les réactions appropriées de la commande et interdire un redémarrage automatique.

10 INTERFACE OPERATEUR ET APPAREILS DE COMMANDE MONTES SUR LA MACHINE

10.1 Généralités

Cet article donne les prescriptions pour les dispositifs montés à l'extérieur, ou partiellement à l'extérieur des enveloppes de commande.

Pour autant qu'il est possible, ces dispositifs doivent être choisis, montés, identifiés et codés conformément aux CEI 73 et 447 [une norme européenne relative aux principes d'indication, de marquage et d'actionnement est à l'étude au CLC/TC44X].

10.1.1 Emplacement et montage

Autant que possible, les appareils de commande montés sur la machine doivent être:

- facilement accessibles pendant le fonctionnement normal et la maintenance,
- montés de façon à réduire la possibilité de dommages causés par le matériel de manutention ou tout autre équipement mobile.

Les appareils de commande des dispositifs manœuvrés à la main doivent être choisis et installés de façon à:

- ne pas se trouver à moins de 0,6 m au-dessus du plancher de service et être aisément accessibles par l'opérateur lorsque celui-ci est dans sa position normale de travail,
- ne pas placer l'opérateur en situation dangereuse lors de leur manœuvre
- minimiser la possibilité de manœuvre intempestive.

10.1.2 Protection

Une fois montés, l'interface de l'opérateur et les auxiliaires de commande sur la machine doivent supporter les contraintes correspondant à leur usage attendu, et avoir un degré minimal de protection au moins égal à IP54, ou de préférence IP55 (voir EN 60529) Le degré de protection ainsi que les autres mesures adéquates doivent procurer la protection contre:

- les effets des liquides, vapeurs, ou gaz agressifs qui se trouvent dans l'environnement physique, ou sont utilisés sur la machine;
- l'entrée des corps étrangers polluants (par exemple copeaux, poussière, particules).

10.1.3 Capteurs de position

Les capteurs de position (par exemple interrupteur de fin de course, interrupteur de proximité) doivent être disposés de telle façon qu'ils ne soient pas endommagés dans le cas de surcourse.

Des capteurs de position à commande mécanique utilisés dans des circuits destinés à procurer des mesures de protection, doivent être prévus à commande positive d'ouverture (voir EN 60947-5-1)

10.2 Boutons-poussoirs

10.2.1 Couleur

Les organes de commande à bouton-poussoir doivent être conformes au code de couleur du tableau 2.

Les couleurs préférées pour les organes de commande MARCHE/MISE SOUS TENSION sont BLANC, GRIS ou NOIR avec une préférence pour BLANC. Le VERT est aussi permis. Le ROUGE ne doit pas être utilisé.

La couleur ROUGE doit être utilisée pour les organes de commande d'arrêt d'urgence. Les couleurs NOIR, GRIS ou BLANC avec une préférence pour NOIR sont préférentielles pour les organes de commande ARRET / MISE HORS TENSION. Le ROUGE est aussi permis. Le VERT ne doit pas être utilisé.

BLANC, GRIS et NOIR sont les couleurs préférées pour les organes de commande à bouton-poussoir qui, lorsqu'ils sont actionnés successivement fonctionnent comme MARCHE / MISE SOUS TENSION et ARRET / MISE HORS TENSION. Les couleurs ROUGE, JAUNE ou VERT ne doivent pas être utilisées (voir aussi 9.2.6).

BLANC, GRIS et NOIR sont les couleurs préférées pour les organes de commandes à bouton-poussoir qui provoquent le fonctionnement lorsqu'ils sont actionnés et cessent le fonctionnement lorsqu'ils sont relâchés (exemple contact maintenu). Les couleurs ROUGE, JAUNE et VERT ne doivent pas être utilisées.

La couleur VERTE est réservée pour les fonctions indiquant une condition sûre ou normale.

La couleur JAUNE est réservée pour les fonctions indiquant un avertissement ou une condition anormale.

La couleur BLEUE est réservée pour les fonctions de signification obligatoire.

Les boutons-poussoirs pour le réarmement doivent être BLEU, BLANC, GRIS ou NOIR. Lorsqu'ils servent aussi de bouton ARRET / MISE HORS TENSION, les couleurs BLANC, GRIS ou NOIR sont préférentielles avec préférence pour le NOIR. Le VERT ne doit pas être utilisé.

10.2.2 Marquages

En plus de l'identification fonctionnelle décrite en 18.3, a est recommandé de marquer les boutons-poussoirs avec des symboles soit à côté soit de préférence directement sur les organes de commande, (par ex.)





MISE SOUS TENSION	MISE HORS TENSION	provoquant alternativement MARCHE et ARRET ou MISE SOUS TENSION et MISE HORS TENSION	provoquant un mouvement lorsqu'ils sont actionnés et un arrêt lorsqu'ils sont relâchés (par exemple action maintenue)
417-IEC-5007	417-IEC-5008	417-IEC-5010	417-IEC-5111
			

Tableau 2
Code de couleur pour organes de commande à bouton-poussoir et leur signification

Couleur	Signification	Explication	Exemples d'application
ROUGE	URGENCE	Action en cas de danger ou d'urgence	- Arrêt d'urgence; - Initiation de la fonction d'urgence - voir aussi 10.2.1
JAUNE	ANORMAL	Action en cas de conditions anormales	Intervention pour supprimer des conditions anormales; Intervention pour remettre en route un cycle automatique interrompu
VERT	SUR	Action en cas de situation sûre ou pour préparer les conditions normales	Voir 10.2.1
BLEU	OBLIGATOIRE	Action en cas de conditions nécessitant une action obligatoire	Fonction de réarmement
BLANC	Pas de signification	Pour initiation générale de fonctions, sauf l'arrêt d'urgence	MARCHE/MISE SOUS TENSION (préférentielle); ARRET/MISE HORS TENSION
GRIS	spécifique		MARCHE/MISE SOUS TENSION; ARRET/MISE HORS TENSION
NOIR	assignée	(voir aussi note)	MARCHE/MISE SOUS TENSION; ARRET/MISE HORS TENSION (préférentiel).
NOTE: Lorsqu'un moyen supplémentaire de codage (par ex. texte, forme, position) est utilisé pour l'identification des organes de commande, la même couleur BLANC, GRIS ou NOIR peut être utilisée pour différentes fonctions (par exemple BLANC pour organes de commande MARCHE/MISE SOUS TENSION et BLANC pour organes de commande ARRET/MISE HORS TENSION).			

Tableau 3
Couleurs des voyants lumineux de signalisation
et leur signification suivant la condition (l'état) de la machine industrielle

Couleur	Signification .	Explication	Action de l'opérateur	Exemples d'application
ROUGE	URGENCE	Condition dangereuse	Action immédiate pour traiter une condition dangereuse (exemple en actionnant l'arrêt d'urgence)	- Pression/température en dehors des limites de sécurité; - Chute de tension; - Coupure; - Surcourse au-delà de la position d'arrêt.
JAUNE	ANORMAL	Condition anormale entraînant une condition critique	Surveillance ou intervention, (par exemple en rétablissant la fonction désirée)	- Pression/température dépassant une limite normale; - Déclenchement d'un dispositif de protection.
VERT	NORMAL	Condition normale	Optionnelle	- Autorisation de démarrer; - Indication des limites normales de travail.
BLEU	OBLIGATOIRE	Indication d'une condition qui requiert l'action de l'opérateur	Action obligatoire	- Demande pour entrer des valeurs présélectionnées
BLANC	NEUTRE	D'autres conditions peuvent être utilisées chaque fois qu'il y a un doute sur l'utilisation des couleurs ROUGE, JAUNE, VERT, BLEU	Surveillance	- Information générale

10.3 Voyants lumineux de signalisation et dispositifs d'affichage

10.3.1 Modes d'utilisation

Les voyants lumineux de signalisation et les dispositifs d'affichage servent à fournir les types d'information suivants:

- Indication pour attirer l'attention de l'opérateur ou pour lui indiquer d'exécuter une tâche déterminée. Les couleurs ROUGE, JAUNE, VERT et BLEU sont normalement utilisées dans ce mode.
- Confirmation pour confirmer une commande, un état ou une condition ou pour confirmer la fin d'un changement ou d'une période de transition. Les couleurs BLEU et BLANC sont normalement utilisées dans ce mode, la couleur VERTE peut être utilisée dans certains cas

10.3.2 Couleurs

A moins d'accord contraire entre le fournisseur et l'utilisateur les verrines des voyants lumineux de signalisation doivent suivre le code de couleurs donné en tableau 3 en fonction de la condition (l'état) de la machine industrielle. Conformément à la CEI 73 et à l'EN 50099 d'autres significations peuvent être données aux couleurs conformément à un seul des critères suivants:

- sécurité des personnes et de l'environnement; ou
- état de l'équipement électrique.

(Des principes d'indication sont à l'étude au CLC/TC 44X)

10.3.3 Feux clignotants

Pour une distinction ou une information supplémentaire et particulièrement pour donner une amplification supplémentaire des feux clignotants peuvent être utilisés pour les usages suivants:

- pour attirer l'attention;
- pour requérir une action immédiate;
- pour indiquer une discordance entre la commande et l'état actuel;
- pour indiquer un changement en cours (clignotement pendant la transition).

Il est recommandé d'utiliser la fréquence la plus élevée des feux clignotants pour information de priorité supérieure (voir la CEI 73 pour les taux de clignotement et le rapport impulsion/pause). (Des principes d'indication sont à l'étude au CLC/TC 44X)~.

10.4 Boutons-poussoirs lumineux

Les organes de commande des boutons-poussoirs lumineux doivent être colorés suivant le code des tableaux 2 et 3. En cas de difficultés pour assigner une couleur appropriée le BLANC doit être utilisé. La couleur ROUGE pour l'organe de commande d'arrêt d'urgence ne doit pas dépendre de l'éclairage de son ampoule.

10.5 Appareils de commande rotatifs

Des dispositifs tels que potentiomètres et commutateurs ayant une commande rotative doivent être montés de façon à prévenir la rotation de la partie fixe. La friction seule ne doit pas être suffisante.

10.6 Dispositifs de démarrage

Les organes de commande utilisés pour produire une fonction de démarrage ou le mouvement d'éléments de machine (exemple: coulisseaux, broches, chariots) doivent être construits et montés de façon à réduire le risque de fonctionnement intempestif. Des organes de commande du type coup-de-poing sont permis pour la commande bimanuelle

10.7 Dispositifs d'arrêt d'urgence

10.7.1 Généralités

Les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être situés à chaque poste opérateur ou tout autre poste de commande où un arrêt d'urgence peut être présent.
(Voir aussi EN 418).

10.7.2 Type

Les types de dispositif d'arrêt d'urgence comprennent:

- le bouton-poussoir arrêt d'urgence;
- l'interrupteur actionné par traction d'un câble;
- un interrupteur à commande par pédale sans garde mécanique.

Ils doivent être du type à verrouillage automatique et placés de façon à être facilement accessibles. Les dispositifs arrêt d'urgence doivent être placés à chaque poste de commande d'opérateur et aux autres emplacements de commande où l'arrêt d'urgence est prescrit.

10.7.3 Caractéristiques

Il ne doit pas être possible de réarmer le circuit arrêt d'urgence tant que l'organe de commande du dispositif arrêt d'urgence n'a pas été manuellement réarmé. Lorsque différents dispositifs arrêt d'urgence sont prévus le circuit ne doit pas être réarmé tant que tous les organes de commande auparavant actionnés n'ont pas été réarmés.

Les contacts des dispositifs arrêt d'urgence doivent être à manoeuvre positive d'ouverture (voir EN 60947-5-1).

10.7.4 Organes de commande

Les organes de commande des dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être de couleur ROUGE. S'il existe un fond derrière l'organe de commande du dispositif, il doit être de couleur JAUNE. L'organe de commande d'un interrupteur à bouton-poussoir doit être commandé par la paume ou du type coup-de-poing.

10.7.5 Utilisation des moyens de sectionnement

Sur certaines machines lorsque la fourniture de dispositif d'arrêt d'urgence du type décrit en 10.7.1 est considérée comme non nécessaire, le dispositif de sectionnement de l'alimentation peut remplir la fonction d'un dispositif d'arrêt d'urgence (voir 5.3.3). Dans de tel cas, et pour les dispositifs de sectionnement décrits en 5.3.2 a), b) et c), les prescriptions de couleur de 10.7.3 doivent être appliquées.

10.8 Dispositifs d'affichage

Les dispositifs d'affichage (par exemple écran vidéo, annonceur d'alarme) doivent être sélectionnés et installés de façon à être visibles depuis la position normale de l'opérateur. Dans le cas où les dispositifs d'affichage sont destinés à servir d'avertissement, il est recommandé qu'ils soient du type clignotant, ou tournant, et qu'ils soient accompagnés d'un avertisseur sonore (Des principes d'indication sont à l'étude au CLC/TC 44X).

Tableau 6
Sections minimales des conducteurs en cuivre

Implantation	Application	Définition des câbles				
		Câble unipolaire Ame câblée	Câble unipolaire Ame massive	Câble 2 conduct. blindé	Câble à 2 conducteurs. Non blindé	3 conduct. ou plus blindé ou non
A l'extérieur de l'enveloppe	Câblage normal	1.00	1.50	0.75	0.75	0.75
	Connexion d'éléments fréquemment mobiles	1.00	-	1.00	1.00	1.00
	Circuit à courant très faible (<2A)	1.00	1.50	0.30	0.50	0.30
	Câblage de liaison de communication	-	-	-	-	0.08
A l'intérieur de l'enveloppe	Câblage normal	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	Circuit à courant très faible (<2A)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	Câblage de liaison de communication	-	-	-	-	0.08
NOTES 1: Toutes les sections sont en mm ² 2: Non utilisée.						

15 CABLAGE

15.1 Raccordement et cheminement des conducteurs

15.1.1 Prescriptions générales

Toutes les connexions, en particulier celles du circuit de protection équipotentielle doivent être assurées pour éviter tout desserrage intempestif.

Les dispositifs de raccordement doivent convenir à la section et à la nature des conducteurs à raccorder. Pour les conducteurs en aluminium ou en alliage d'aluminium il faut tenir compte des conditions particulières dues aux problèmes posés par la corrosion électrolytique (voir 14.2).

Le raccordement de deux conducteurs ou plus à une borne de raccordement n'est admis que si la borne est conçue à cet effet. Cependant, pour le circuit de protection, seul un conducteur doit être raccordé à la borne de raccordement

Les raccords soudés ne sont autorisés qu'avec les borniers prévus à cet effet.

Les bornes sur les blocs de jonction doivent être clairement repérées afin de correspondre au marquage des schémas.

L'installation de conduits flexibles et de câbles souples doit être telle que les liquides s'écoulent à l'extérieur des accessoires.

Des systèmes de rétention des brins des conducteurs doivent être fournis lorsque les conducteurs devant être raccordés, ou les bornes des appareillages ne comportent pas cette possibilité. La soudure ne doit pas être utilisée pour cet usage.

Les extrémités des conducteurs blindés doivent être préparées de façon à éviter un effilochage des brins et permettre un débranchement facile.

Les étiquettes pour le repérage doivent être lisibles, inamovibles, et résistantes aux conditions d'environnement.

Les blocs de jonction doivent être raccordés et montés de telle façon que les câblages interne et externe ne dépassent pas les bornes (voir EN 60947-7-1).

15.1.2 Cheminement des conducteurs et des câbles

Les conducteurs et les câbles doivent relier une borne à l'autre sans épissure ou jonction intermédiaire.

Lorsqu'il est nécessaire de raccorder et de débrancher des câbles et des ensembles de câbles, ceux-ci doivent avoir une longueur supplémentaire suffisante pour cet usage.

Les extrémités de câbles multiconducteurs doivent être fixées de façon telle qu'aucune contrainte mécanique excessive ne puisse être exercée sur les extrémités des conducteurs.

Chaque fois que possible, le conducteur de protection doit être placé à proximité des conducteurs actifs afin de diminuer l'impédance de boucle.

15.1.3 Conducteurs appartenant à des circuits différents

Des conducteurs appartenant à des circuits différents peuvent être posés côte à côte, ou peuvent faire partie de la même canalisation (par ex. chemin de câble, conduit) ou dans le même câble multiconducteur lorsque ces dispositions ne sont pas de nature à nuire au fonctionnement correct des circuits respectifs. Lorsque ces circuits sont soumis à des tensions différentes, ils doivent être, soit séparés par des écrans adéquats, soit isolés pour la tension la plus élevée à laquelle peut être soumis n'importe quel conducteur du conduit.

Les circuits qui ne sont pas interrompus par le dispositif principal de sectionnement doivent être soit physiquement séparés des autres câblages, soit être repérés par une couleur (ou les deux) couleur orange (15.2.4), de telle façon qu'ils puissent être identifiés comme étant sous tension lorsque les dispositifs de sectionnement sont en position ARRÊT ou OUVERT (voir 5.3.5).

15.2 Identification des conducteurs

15.2.1 Généralités

Les conducteurs doivent être repérés à chaque extrémité afin de correspondre aux repères des schémas (voir article 19).

Lorsqu'on se sert du repérage par la couleur pour l'identification des conducteurs, les couleurs suivantes peuvent être utilisées:

NOIR, MARRON, ROUGE, ORANGE, BLEU (y compris BLEU CLAIR), VIOLET, GRIS, BLANC, ROSE, TURQUOISE, VERT, JAUNE.

NOTE: Cette liste est issue de la CEI 757.

Lorsqu'une couleur est utilisée comme moyen d'identification, il est recommandé d'utiliser cette couleur sur toute la longueur du conducteur soit avec les isolants soit avec des marques de cette couleur. Une variante acceptable consiste à utiliser une identification supplémentaire à des endroits choisis.

Pour des raisons de sécurité, la couleur VERT ou la couleur JAUNE ne doit pas être utilisée s'il y a risque de confusion avec la combinaison bicolore VERT / JAUNE (voir 15.2.2).

L'identification par couleur avec des combinaisons des couleurs citées ci-dessus peut être utilisée s'il n'y a pas de confusion et si le VERT ou le JAUNE ne sont pas utilisés, sauf dans la combinaison bicolore VERT / JAUNE.

15.2.2 Identification du conducteur de protection

Le conducteur de protection doit être distingué par sa forme, son emplacement, son repère ou sa couleur. Lorsque l'identification par la couleur est utilisée, ce doit être la combinaison bicolore VERT et JAUNE et celle-ci doit être utilisée sur toute la longueur du conducteur. Cette couleur d'identification est strictement réservée au conducteur de protection.

Pour les conducteurs isolés, la combinaison bicolore VERT et JAUNE doit être telle que, sur toute longueur de 15 mm, une des couleurs couvre au moins 30 % et pas plus de 70 % de la surface du conducteur, l'autre couleur couvrant le reste de la surface.

Lorsque le conducteur de protection peut être aisément identifié par sa forme, sa construction ou son emplacement (par ex. conducteur tressé), ou lorsque le câble isolé n'est pas déjà disponible, le codage par la couleur n'est pas nécessaire sur toute la longueur, mais les extrémités ou les parties accessibles doivent être clairement repérées par le symbole graphique 5019 de la CEI 417 ou par la combinaison bicolore VERT et JAUNE.

15.2.3. Identification du conducteur neutre

Lorsque le circuit comprend un conducteur neutre, identifié par la couleur, la couleur utilisée pour cet usage doit être BLEU CLAIR. La couleur BLEU CLAIR ne doit pas être utilisée pour identifier d'autres conducteurs pour lesquels la confusion est possible.

NOTE: Non utilisée.

En l'absence d'un conducteur neutre, un conducteur BLEU CLAIR peut être utilisé pour d'autres usages, excepté comme conducteur de protection.

Lorsque l'identification par la couleur est utilisée, les conducteurs nus utilisés comme conducteurs neutres doivent être identifiés par une bande BLEU CLAIR, de 15 mm à 100 mm de large dans chaque boîtier ou équipement ou sur chaque emplacement accessible, ou colorés BLEU CLAIR sur toute leur longueur.

15.2.4 Identification des autres conducteurs

L'identification des autres conducteurs doit être réalisée par la couleur (soit dans la masse, soit avec une ou plusieurs bandes), par un nombre, par une lettre, ou par une combinaison de couleur, nombres, ou lettres. Si des nombres sont utilisés, ils doivent être en caractères arabes; les lettres doivent être en caractères romains (soit majuscules, soit minuscules).

Il convient d'identifier les conducteurs unipolaires rigides isolés comme suit:

- NOIR - Circuits de puissance en courant alternatif et en courant continu,
- ROUGE - Circuits de commande en courant alternatif,
- BLEU - Circuits de commande en courant continu,
- ORANGE - Circuits de commande de verrouillage alimentés par une source de puissance externe (voir 15.1.3).

NOTE: Non utilisé.

Par rapport à ce qui précède, les dérogations suivantes sont autorisées:

- pour le câblage interne des appareils indépendants achetés entièrement câblés;
- lorsque l'isolant utilisé n'est pas disponible dans les couleurs requises;
- lorsqu'un câble multiconducteur est utilisé, sauf pour le VERT et JAUNE.

15.3 Câblage à l'intérieur des enveloppes

Les conducteurs situés sur des panneaux ou parois doivent, si nécessaire, être maintenus en place par fixation. Les conduits ou canalisations, non métalliques, doivent seulement être autorisés quand ils sont en matériaux non propagateurs de la flamme (voir CEI 332-1).

Il est recommandé que l'équipement électrique monté à l'intérieur des enveloppes soit conçu et construit de manière à permettre des modifications de câblage à partir de la face avant de l'enveloppe (voir aussi 13.2.1). Lorsque cela est impossible, et lorsque les appareils de commande sont branchés depuis le fond de l'enveloppe, des portes d'accès ou des panneaux pivotants doivent être prévus.

Les raccordements aux dispositifs montés sur des portes ou d'autres parties amovibles, doivent être réalisés avec des conducteurs souples, permettant le déplacement fréquent de ces parties, sans risque de détérioration des conducteurs, conformément aux prescriptions du paragraphe 14.2. Les conducteurs doivent être fixés aux parties fixes et aux parties mobiles, indépendamment des raccordements électriques (voir également 8.2.3 et 13.2.1).

Les conducteurs et les câbles qui ne cheminent pas dans des canalisations doivent être maintenus correctement.

Les blocs de jonction ou adaptateurs mâles et femelles doivent être utilisés pour le câblage de commande s'étendant au delà de l'enveloppe.

Les câbles de puissance et les câbles des circuits de mesure peuvent être directement raccordés aux bornes de dispositifs pour lesquelles le raccordement est prévu.

15.4 Câblage à l'extérieur des enveloppes

15.4.1 Généralités

Les systèmes prévus pour le passage de câbles ou de canalisations et leurs propres presse-étoupe, manchons, etc... à l'intérieur d'une enveloppe doivent être tels que le degré de protection de l'enveloppe ne soit pas réduit (voir 13.3).

15.4.2 Canalisations externes

Les conducteurs et leurs raccordements externes à une (aux) enveloppe(s) du matériel électrique doivent être placés dans des canalisations (par ex. conduits ou goulottes) comme décrit au 15.5. excepté pour des câbles convenablement protégés qui peuvent être installés sans canalisation enveloppe en utilisant ou pas des chemins de câbles ou des supports de câbles.

Les accessoires utilisés avec des canalisations ou des câbles multiconducteurs doivent être adaptés aux conditions d'environnement.

Des conduits métalliques souples ou des câbles multiconducteurs souples doivent être utilisés lorsqu'il est nécessaire d'utiliser des raccordements souples aux boîtes pendantes à boutons. Le poids des boîtes pendantes doit être supporté par des moyens autres que le conduit souple ou le câble multiconducteur excepté lorsque le câble ou le conduit est spécialement conçu pour cet usage.

Les conduits métalliques souples ou les câbles multiconducteurs doivent être utilisés pour des connexions impliquant des déplacements faibles et peu fréquents. Ils doivent également être admis pour raccorder des moteurs normalement fixes, des fins de course et autres dispositifs montés à l'extérieur.

15.4.3 Raccordement aux éléments mobiles de la machine

Les raccordements aux pièces fréquemment mobiles doivent être réalisés avec des conducteurs prévus pour cet usage conformément à l'article 14.2. Le câble et le conduit souple doivent avoir des connexions verticales et être installés de façon à éviter des flexions et des contraintes excessives en particulier à leurs accessoires d'extrémité.

Le câble soumis à des mouvements doit être fixé de telle façon qu'il n'y ait pas de contraintes ou de flexions importantes aux points de raccordement. La boucle d'accrochage doit avoir une longueur suffisante pour que le rayon de courbure du câble soit au moins égal à dix fois le diamètre extérieur de ce câble.

Lorsque les câbles soumis au déplacement sont près des parties mobiles, des précautions doivent être prises pour qu'un espace d'au moins 25 mm soit conservé entre les parties mobiles et les câbles. Lorsque cette distance n'est pas applicable, des barrières fixes doivent être disposées entre les câbles et les parties mobiles.

La gaine du câble doit résister à l'usure normale qui peut résulter du déplacement et de l'effet des agents polluants atmosphériques (par ex huile, eau, liquides de refroidissement, poussière, etc.).

Lorsque le conduit souple est voisin des parties mobiles, la construction et les moyens de fixation doivent être prévus pour éviter d'endommager le câble ou le conduit souple, dans toutes les conditions de fonctionnement.

Les conduits métalliques souples ne doivent pas être utilisés dans le cas de mouvements rapides ou fréquents, sauf s'ils sont spécialement conçus pour ce mode d'emploi.

Les systèmes précâblés (par ex. interrupteurs de position, détecteurs de proximité) ayant un câble repéré, peuvent être fournis sans dispositifs de raccordement au conduit

Des conducteurs parcourus par des courants continu et alternatif sont autorisés dans un même conduit, quelles que soient les tensions s'ils sont isolés pour la tension la plus élevée mise en jeu.

15.4.4 Interconnexions des dispositifs sur la machine

Il est recommandé que lorsque plusieurs dispositifs de connexion montés sur la machine (par ex. détecteurs de position, boutons-poussoirs) sont raccordés en série ou en parallèle, les conducteurs entre ces dispositifs soient renvoyés à des bornes formant les points intermédiaires de contrôle. Ces bornes doivent être convenablement placées et protégées convenablement et indiquées sur les schémas correspondants.

19 DOCUMENTATION TECHNIQUE

19.1 Généralités

Les informations nécessaires pour l'installation, l'utilisation et la maintenance de l'équipement électrique de la machine doivent être fournies sous la forme de dessins, schémas, diagrammes, tableaux et instructions. Ces informations doivent être dans la langue et sur le support d'information ou média (par exemple papier, film, disque magnétique) convenus entre l'utilisateur et le fournisseur avant acceptation de la commande. (voir annexe B) Pour des prescriptions détaillées voir 5.5.2 b) EN 292-2.

Les informations fournies peuvent varier suivant la complexité de l'équipement électrique livré. Pour un équipement très simple, la documentation appropriée peut être contenue dans un seul document, pourvu que ce document montre tous les appareils de l'équipement électrique et permette de réaliser leur raccordement au réseau d'alimentation.

Le fournisseur principal doit garantir que la documentation technique spécifiée dans cet article est fournie avec chaque machine.

19.2 Informations à fournir

Les informations à fournir avec l'appareillage électrique doivent comprendre:

- a) une description claire et complète de l'appareillage, de sa mise en place, et de montage, etc. raccordement au(x) réseau(x) électrique(s);
- b) les prescriptions concernant l'alimentation électrique;
- c) les informations sur les conditions d'environnement physique (par ex. éclairage, niveaux de vibrations et de bruit, pollution atmosphérique), s'il y a lieu;
- d) le(s) schéma(s) (fonctionnel(s) de l'ensemble s'il y a lieu;
- e) le(s) schéma(s) des circuits;
- f) les informations (s'il y a lieu) concernant:
 - 1 - la programmation
 - 2 - la séquence des opérations
 - 3 - la fréquence des inspections
 - 4 - la fréquence et la méthode des essais fonctionnels
 - 5 - les guides pour le réglage, la maintenance, et la réparation de l'équipement, particulièrement ceux relatifs aux appareils et circuits de protection et
 - 6 - la nomenclature et, en particulier, la liste des pièces de rechange.
- g) une description (y compris les schémas d'interconnexion) des protecteurs, des fonctions interactives, du verrouillage des protecteurs concernant les mouvements dangereux, en particulier pour les installations avec interaction;
- h) une description des méthodes et des moyens de protection lorsque les protecteurs primaires sont neutralisés (par exemple programmation manuelle, vérification de programmes).

19.3 Prescriptions applicables à toute documentation

Les documents doivent être préparés conformément à la CEI 1082-1 et aux prescriptions de 19.4 à 19.10.

Le système de repérage d'identification doit être conforme aux prescriptions de la CEI 750. Pour les installations importantes ou complexes, la méthode décrite en 8.1 CEI 750, est recommandée, selon laquelle les blocs 1 et 3 du repère combiné identifient chaque composant, alors que le bloc 2 donne les informations complémentaires sur l'emplacement de ce composant, s'il y a lieu.

Pour référencer les différents documents, le fournisseur doit sélectionner l'une des méthodes suivantes:

- chacun des documents doit porter une référence avec renvoi aux numéros de tous les autres documents appartenant au même équipement électrique;
- tous les documents doivent être listés avec leur numéro et leur titre dans un plan ou une liste de documents.

La première méthode ne doit être utilisée que si la documentation comporte un petit nombre de documents (par exemple, moins de 5).

19.4 Informations principales

La documentation technique doit contenir au minimum les informations suivantes:

- conditions de marche normale de l'équipement électrique, y compris les conditions attendues pour l'alimentation électrique et, si besoin est, pour l'environnement,
- la manutention, le transport et le stockage,
- usage inapproprié de l'équipement.

Cette information peut être présentée soit comme un document séparé, soit comme une partie de la documentation concernant l'installation ou le fonctionnement.

il est recommandé que cette documentation contienne aussi, s'il y a lieu, les informations concernant la charge, les pointes de courant de démarrage et les chutes de tension permises. Ces informations devraient être contenues dans le(s) schéma(s) du système ou des circuits

19.5 Schéma d'installation

Le schéma d'installation doit donner toutes les informations nécessaires au travail préliminaire d'assemblage de la machine. Dans les cas complexes, il peut être nécessaire de se référer pour les détails aux plans de montage

Les positions recommandées, les types et les sections des câbles d'alimentation à installer sur le site doivent être clairement indiqués.

Les données nécessaires pour choisir le type, les caractéristiques, les courants assignés et les réglages du(des) appareil(s) de protection contre les surintensités à installer en amont des câbles d'alimentation électrique doivent être déterminées (voir 7.2.1).

La taille, la fonction et l'emplacement de toutes les canalisations dans les fondations, qui doivent être fournis par l'utilisateur, doivent être détaillés (voir annexe B).

La taille, le type et la fonction des canalisations, chemins de câbles ou supports entre la machine et l'équipement connexe, qui doivent être fournis par l'utilisateur, doivent être détaillés (voir annexe B).

Si nécessaire, le dessin doit indiquer à quel endroit un emplacement est nécessaire pour la dépose ou l'entretien de l'équipement électrique.

NOTES:

1 Des exemples de plans d'installation peuvent être trouvés dans la CEI 1082-1, Section 2.

En complément s'il y a lieu, un schéma ou un tableau d'interconnexion doit être fourni. Ce schéma ou ce tableau doit donner des informations complètes concernant tous les raccordements extérieurs. Lorsque l'équipement électrique est destiné à fonctionner à partir de différents réseaux électriques, le schéma ou le tableau d'interconnexion doit indiquer les modifications ou les interconnexions nécessaires pour utiliser les différents réseaux.

2: Non utilisée.

19.6 Schéma (fonctionnel)

Lorsque c'est nécessaire pour faciliter la compréhension des principes de fonctionnement, un schéma de système doit être fourni. Un schéma fonctionnel représente symboliquement l'équipement électrique ainsi que ses relations fonctionnelles croisées sans nécessairement montrer toutes les interconnexions.

NOTES:

1 Des exemples de schémas fonctionnels peuvent être trouvés dans la Section 2 de la CEI 1082-1. Des diagrammes fonctionnels peuvent être utilisés comme éléments, ou comme compléments du schéma.

2 Des exemples de diagrammes fonctionnels peuvent être trouvés dans la CEI 1082-1, Section 2.

19.7. Schémas des circuits

Lorsqu'un schéma de système ne détaille pas suffisamment les éléments d'un équipement électrique, un ou des schémas de circuits doivent être fournis. Ces schémas doivent montrer les circuits électriques sur la machine et son équipement électrique associé. Tout symbole graphique ne figurant pas dans la CEI 617 doit être séparément indiqué et décrit sur les schémas ou documents associés. Les symboles et l'identification des composants et appareils doivent être cohérents pour tous les documents et sur la machine.

Le schéma doit être conforme à la CEI 1082-1

S'il y a lieu, un schéma fonctionnel de raccordement montrant les bornes pour les connexions de l'interface et les fonctions du système de commande doit être fourni. Ce schéma peut être utilisé en conjonction avec le (ou les) schéma(s) des circuits des unités fonctionnelles pour simplification. Le schéma fonctionnel de raccordement devrait faire référence au schéma détaillé des circuits de chaque unité.

Les symboles des contacts doivent figurer sur les schémas électromécaniques avec tous les circuits non alimentés (par ex alimentation électrique, air, eau, lubrifiant), et avec la machine et son équipement électrique dans les conditions normales de démarrage.

Les conducteurs doivent être identifiés conformément à 15.2

Les circuits doivent être montrés de façon à faciliter la compréhension de leur fonction aussi bien que la maintenance et la recherche de défauts. Les caractéristiques relatives à la fonction des organes de commande et des composants qui ne sont pas évidentes à partir de leur représentation symbolique doivent être incluses dans les schémas à côté du symbole ou référencées en note de bas de page.

19.8 Manuel de fonctionnement

La documentation technique doit comporter un manuel de fonctionnement détaillant toutes les procédures adéquates pour la mise en oeuvre et l'utilisation de l'équipement. Une attention particulière devrait être donnée aux mesures de protection indiquées et aux méthodes de fonctionnement défectueuses pour autant qu'elles puissent être anticipées.

Lorsque le fonctionnement de l'équipement peut être programmé, des informations détaillées sur les méthodes de programmation, les matériels nécessaires, la vérification du programme et les procédures additionnelles de sécurité (si elles sont prescrites) doivent être fournies.

19.9 Manuel de maintenance

La documentation technique doit comporter un manuel de maintenance détaillant les procédures appropriées pour le réglage, l'entretien, la surveillance préventive et la réparation. Des recommandations sur l'enregistrement et la tenue de fiches d'entretien et de maintenance doivent faire partie de ce manuel. Lorsque des méthodes pour la vérification du fonctionnement approprié sont fournies (par exemple programme d'essai du logiciel), l'usage de ces méthodes doit être détaillé.

19.10 Nomenclature des pièces détachées

La nomenclature doit comprendre, au minimum, les informations nécessaires pour commander des pièces de rechange (par exemple composants, appareils, logiciel, équipement d'essais, documentation technique), nécessaires pour la maintenance préventive ou corrective, y compris celles qu'il est recommandé de tenir en stock par l'utilisateur de l'équipement

Ces nomenclatures doivent indiquer pour chaque élément:

- la référence d'identification utilisée dans la documentation,
- sa désignation de type,
- le fournisseur et, éventuellement, les autres sources d'approvisionnement,
- ses caractéristiques générales s'il y a lieu,
- la quantité d'éléments ayant la même référence.