

SOMMAIRE

	INTRODUCTION	3
	DOMAINE D'APPLICATION	3
	REFERENCES NORMATIVES	non
3	DEFINITIONS	5,6,7,8,9
4	PRESCRIPTIONS GENERALITES	9
4.1	Généralités	9
4.2	Choix des matériels	10
4.3	Alimentation électrique (DC / AC)	10
4.4	Environnement physique et conditions de fonctionnement	11,12
4.5	Transport et stockage	12
4.6	Précautions pour la manutention	12
4.7	Installation et fonctionnement	12
5	CONNEXIONS D'ALIMENTATION ET APPAREILS DE COUPE ET DE SECTIONNEMENT	
5.1	5.1 Bornes des conducteurs d'alimentation	12,13
5.2	Borne du conducteur de protection extérieur	13
5.3	Dispositif de sectionnement de l'alimentation	13,14,15
5.4	Dispositifs de coupure pour éviter une mise en marche intempestive	15
6	PROTECTION CONTRE LES CHOCS ELECTRIQUES	
6.1	Généralités	15
6.2	Protection contre les contacts directs avec des parties actives	15,16,17
6.3	Protection contre les contacts indirects	17
6.4	Protection par utilisation de la TBTP (PELV Protective extra low voltage)	17
7	PROTECTION DE L'EQUIPEMENT	18
7.1	Généralités	18
7.2	Protection contre les surintensités	18,19,20
7.3	Protection des moteurs contre les surcharges	20
7.4	Protection contre les températures anormales	20
7.5	Protection contre l'interruption ou la baisse de la tension d'alimentation et son rétablissement..	20,21
7.6	Protection contre la survitesse des moteurs	21
8	LIAISONS EQUIPOTENTIELLES	
8.1	Généralités	21
8.2	Circuit de protection équipotentielle	21,22,23
8.3	Liaison au circuit de protection équipotentielle pour des raisons fonctionnelles	24
8.4	Défaillances d'isolement	24
8.5	Liaison à un potentiel de référence commun	24
8.6	Interférence électrique	24
9	CIRCUITS DE COMMANDE ET FONCTIONS DE COMMANDE.	
9.1	Circuits de commande	24
9.2	Fonctions de commande.	25,26,27
9.3	Interverrouillages de protection	27,28
9.4	Fonctions de commande en cas de défaillance	28,29
10	INTERFACE OPERATEUR ET APPAREILS DE COMMANDE MONTES SUR LA MACHINE...	
10.1	Généralités	30
10.2	Boutons-poussoirs	30,31,32
10.3	Voyants lumineux de signalisation et dispositifs d'affichage	32
10.4	Boutons-poussoirs lumineux.	33
10.5	Appareils de commande rotatifs.	33
10.6	Dispositifs de démarrage.	33
10.7	Dispositifs d'arrêt d'urgence.	33,34
10.8	Dispositifs d'affichage.	34
11	INTERFACES DE COMMANDE	
11.1	Généralités.	34
11.2	Interfaces d'entrée/sortie ou numériques	34
11.3	Interfaces d'entraînement à entrée analogique .	34
11.4	Périphériques .	35
11.5	Communications.	35
12	EQUIPEMENT ELECTRONIQUE.	
12.1	Généralités	35
12.2	Règles de base..	35
12.3	Equipement programmable	35,36
13	APPAREILLAGE DE COMMANDE: EMBLACEMENT, MONTAGE ET ENVELOPPES.	
13.1	Généralités	36
13.2	Emplacement et montage	36
13.3	Degrés de protection.	37
13.4	Enveloppes. portes et ouvertures	37

SECURITE des MACHINES EQUIPEMENT ELECTRIQUE DES MACHINES - REGLES GENERALES

14	CABLES ET CONDUCTEURS	
14.1	Spécifications générales	38
14.2	Conducteurs	39
14.3	Isolation	39
14.4	Courant maximal admissible en fonctionnement normal	39
14.5	Chutes de tension	40
14.6	Section minimale.	40,41
15	CABLAGE	
15.1	Raccordement et cheminement des conducteurs	41,42
15.2	Identification des conducteurs	42,43
15.3	Câblage à l'intérieur des enveloppes..	43
15.4	Câblage à l'extérieur des enveloppes	44,45
15.5	Canalisations, connexions et boîtes de jonction ..	45,46,47
16	MOTEURS ELECTRIQUES ET MATERIELS ASSOCIES	
16.1	Prescriptions générales	47
16.2	Enveloppes des moteurs	47
16.3	Dimensions des moteurs	47
16.4	Montage des moteurs	47
16.5	Plaques signalétiques des moteurs	48
16.6	Critère de choix	48
17	ACCESSOIRES ET ECLAIRAGE	
17.1	Accessoires	48
17.2	Eclairage individuel de la machine et du matériel	48,49
18	SIGNAUX D'AVERTISSEMENT ET REPERES D'IDENTIFICATION	
18.1	Plaques signalétiques, marquage et plaques d'identification	49
18.2	Signaux d'avertissement	49
18.3	Identification fonctionnelle	50
18.4	Marquage de l'équipement de commande	50
18.5	Marquage des appareils de commande	50
19	19 DOCUMENTATION TECHNIQUE	
19.1	Généralités	50
19.2	Informations à fournir	51
19.3	Prescriptions applicables à toute documentation	51
19.4	Informations principales	51
19.5	Schéma d'installation	52
19.6	Schéma fonctionnel	52
19.7	Schémas des circuits.	52
19.8	Manuel de fonctionnement	53
19.9	Manuel de maintenance.	53
19.10	Nomenclature des pièces détachées	53
20	ESSAIS	
20.1	Généralités	53
20.2	Continuité du circuit de protection équipotentielle.	53
20.3	Essais de résistance d'isolement	54
20.4	Essais diélectriques	54
20.5	Protection contre les tensions résiduelles	54
20.6	Essais de compatibilité électromagnétique	54
20.7	Essais fonctionnels	54
20.8	Nouveaux essais	54
	SCHEMAS	
1	Schéma fonctionnel d'uns système type de fabrication	4
2	Schéma fonctionnel d'une machine-type et de son équipement associé	4
3	Exemple de liaisons équipotentielles pour l'équipement électrique d'une machine	22
	TABLEAUX	
1	Section minimale du conducteur de protection extérieur en cuivre	13
2	Code de couleur pour organes de commande à bouton-poussoir et leur signification	31
3	Couleurs des voyants lumineux de signalisation et leur signification suivant la condition (l'état) de la machine industrielle	32
4	Températures maximales admissibles dans les conditions normales et de court-circuit	39
5	Courant maximal admissible (Iz) des conducteurs et câbles en cuivre/isolés par PVC pour différentes méthodes d'installation en régime continu et à température ambiante de 40°C.	40
6	Sections minimales des conducteurs en cuivre	41
7	Vérification de la continuité du circuit de protection équipotentiel	54
	ANNEXES:	
A	Exemples de machines couvertes par cette norme	55,56
B	Questionnaire concernant l'équipement électrique des machines	57,58,59
C	Courant maximal admissible et protection contre les surintensités des câbles dans les équipements des machines	60,61,62,63
D	Non utilisé	
	Index- Non utilisé	

INTRODUCTION

Cette norme européenne fournit les règles et recommandations relatives à l'équipement électrique des machines en vue d'assurer:

- la sécurité du personnel et des biens
- la cohérence de réponse des commandes,
- la facilité de la maintenance.

Des performances élevées ne doivent pas être obtenues au détriment des impératifs ci-dessus.

Un exemple d'application possible de ces prescriptions est constitué par un groupe de machines, utilisées dans la production de composants discrets, où une défaillance dans ces machines de production en série, ou systèmes de fabrication, peut avoir de sérieuses conséquences économiques.

Les figures 1, 2 sont fournies en tant qu'aide pour la compréhension des relations entre les différents éléments d'une machine et ses équipements associés. La figure 1 présente le schéma d'ensemble d'un système de fabrication typique (un groupe de machines fonctionnant de manière coordonnée) et la figure 2, le schéma d'une machine-type et de ses équipements associés montrant les divers éléments de l'équipement électrique dont il est question dans cette partie de l'EN 60204. Les nombres entre parenthèses () renvoient aux articles et paragraphes de cette EN. Il est entendu dans les figures 1 et 2 que la totalité des éléments pris ensemble y compris les protecteurs, les outillages, les accessoires, logiciels et la documentation constitue la machine et qu'une ou plusieurs machines travaillant ensemble avec au moins un niveau de supervision constituent une cellule ou un système de production.

1 DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme européenne est applicable à la réalisation de l'équipement et des systèmes électriques et électroniques des machines, y compris un groupe de machines fonctionnant ensemble d'une manière coordonnée, mais excluant les aspects de niveau plus élevé des systèmes (par exemple, les communications entre systèmes).

NOTES

1 Dans cette norme, le terme "électrique" est utilisé dans le sens général d'électrique et d'électronique (par exemple, "équipement électrique" concerne à la fois l'équipement électrique et l'équipement électronique)

2 Non utilisée

3 Dans le contexte de cette norme européenne, le terme "personne" se réfère à tout individu, "personnel" est relatif aux personnes désignées et formées par l'utilisateur ou leurs) représentants) pour l'utilisation et l'entretien du système intégré de fabrication concerné.

L'équipement défini par cette norme européenne commence au point de connexion de l'alimentation à l'équipement électrique de la machine (voir 5.1). Cette norme européenne est valable pour les équipements ou parties d'équipement qui sont alimentés sous une tension d'alimentation nominale n'excédant pas 1000 V alternatif ou 1500 V continu entre phases et pour des fréquences nominales n'excédant pas 200 Hz Pour des tensions et fréquences supérieures, des spécifications spéciales peuvent être exigées.

4 Ces prescriptions particulières sont à l'étude pour l'élaboration ultérieure d'une partie de cette norme européenne.

Cette norme européenne est une norme de base et n'est pas destinée à limiter ou inhiber l'avancement de l'état de l'art. Elle ne couvre pas toutes les exigences (par exemple protection, verrouillage ou commande) qui sont nécessaires ou prescrites par d'autres normes ou réglementations destinées à protéger les personnes de risques autres qu'électriques. Chaque type de machine a des exigences propres qui doivent être prises en compte pour obtenir une sécurité adéquate.

Cette norme européenne inclut spécifiquement, mais n'est pas limitée à l'équipement électrique des machines comme défini en 3.28 (l'annexe A énumère des exemples de machines dont l'équipement électrique peut être couvert par cette norme).

Est aussi pris en compte l'équipement électrique des machines automatiques pour l'assemblage, la manutention (par ex convoyeurs) et le contrôle, s'il est associé aux machines auxquelles on se réfère ci-dessus.

Des prescriptions supplémentaires et spécifiques peuvent s'appliquer à l'équipement électrique des machines qui :

- sont utilisées à l'air libre (par exemple à l'extérieur de bâtiments ou d'autres structures de protection),
- utilisent, préparent ou produisent du matériel explosif par exemple peinture ou sciure,
- sont utilisées dans des ambiances inflammables ou explosives,
- présentent des dangers particuliers lors de la mise en oeuvre de certains matériaux,
- sont utilisées dans les mines,
- sont des machines, unités ou systèmes de couture (voir EN 60204.3.1)

Sont exclus de cette norme européenne, les circuits de puissance où l'énergie électrique est utilisée directement comme outil de travail.

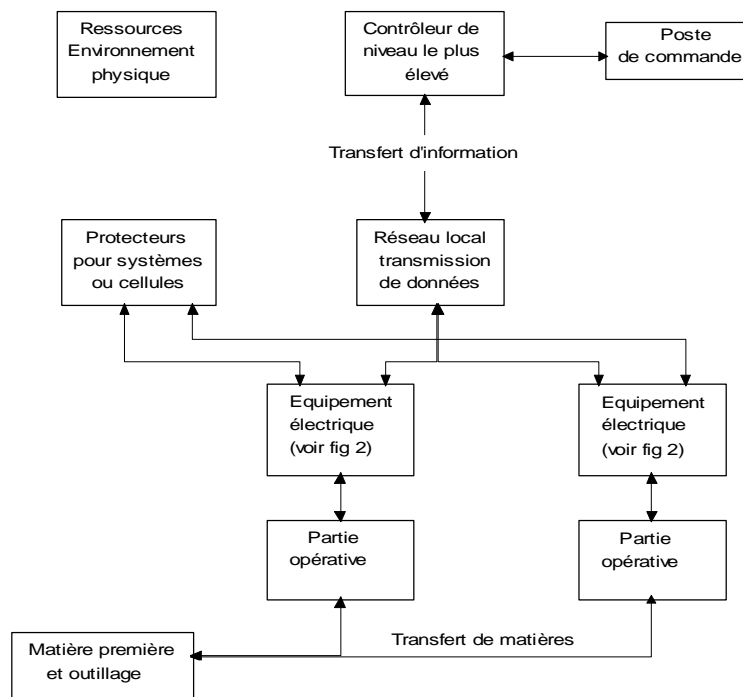


Figure1: Schéma fonctionnel d'un système type de fabrication

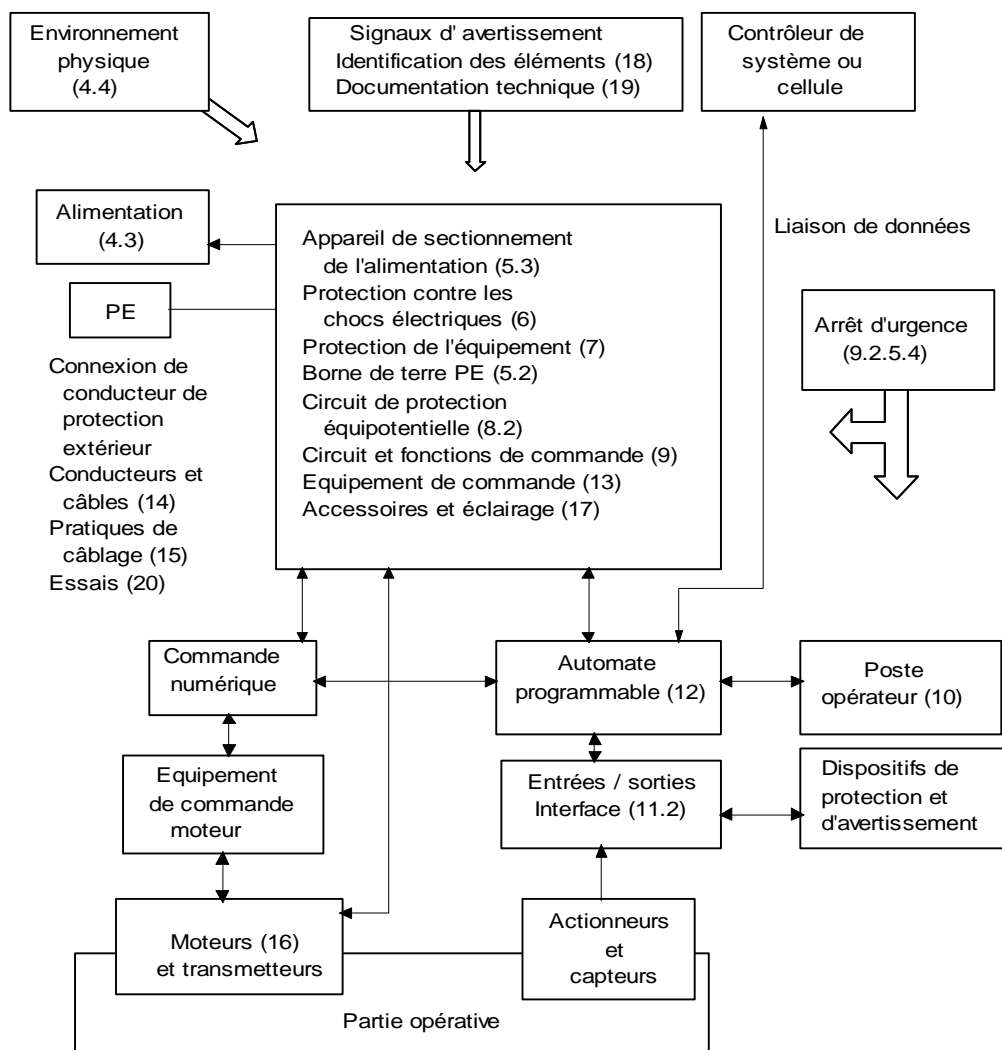


Figure 2: schéma fonctionnel d'une machine-type et de son équipement associé

3 - DEFINITIONS

Les définitions ci-après sont applicables pour la présente norme européenne.

3.1 organe de commande

Partie du mécanisme de l'appareil de commande sur lequel est appliqué l'effort extérieur de manoeuvre.

NOTES:

1 L'organe de commande peut être, par exemple, une poignée, un bouton-poussoir, un galet, un plongeur, etc. [VEI 441-15-22]

2 Certains organes n'exigent pas de force extérieure, mais seulement une action

3 Voir aussi 3.36 ACTIONNEUR.

3.2 température ambiante [VEI 826-1-04]

Température de l'air ou du milieu à l'emplacement où le matériel doit être utilisé

3.3 barrière [VEI 826 03-13]

Élément assurant la protection contre les contacts directs dans toute direction habituelle d'accès.

3.4 chemin de câbles (ou tablette)

Support constitué d'une base continue, munie de rebords et ne comportant pas de couvercle.

3.5 système de goulottes

Ensemble d'enveloppes fermées munies d'un fond avec un couvercle amovible et destiné à la protection complète des conducteurs isolés ou des câbles, ainsi qu'au logement d'autres matériels électriques.

3.6 composant

Partie constitutive de l'équipement électrique, généralement spécifiée par sa fonction, mais utilisée dans des applications variées.

3.7 concomitant

Agissant ensemble; utilisé pour décrire une situation dans laquelle deux ou plusieurs commandes sont actives en même temps (mais pas nécessairement simultanément)

3.8 conduit:

Enveloppe fermée, de section droite circulaire, destinée à la mise en place ou au remplacement de conducteurs isolés ou de câbles par tirage, dans les installations électriques

3.9 circuit de commande (d'une machine)

Circuit servant à commander le fonctionnement de la machine et à la protection des circuits de puissance.

3.10 appareil de commande

Appareil inséré dans le circuit de commande et servant à commander le fonctionnement de la machine (par exemple détecteur de position, auxiliaire manuel de commande, relais, électro-distributeurs).

3.11 appareillage de commande [VEI 441 -11 -03] Terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés; aussi ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les supports correspondants, destinés en principe à la commande des appareils utilisateurs d'énergie électrique

3.12 arrêt contrôlé

Arrêt du mouvement d'une machine par réduction du signal de commande à 0 dès que l'ordre arrêt a été reconnu par le dispositif de commande mais en maintenant la puissance aux actionneurs de la machine durant la procédure d'arrêt.

3.13 dispositif

Unité d'un système électrique qui transmet mais n'utilise pas l'énergie électrique.

3.14 numérique

Fonctionnant avec des signaux discrets pour représenter des données sous forme de nombres et autres caractères.

3.15 contact direct [VEI 826~3~5] Contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des parties actives.

3.16 canalisation

Canal fermé, soit en métal, soit en matériau isolant, destiné expressément au support et à la protection de conducteurs, de câbles et de barres électriques.

NOTE: Ce terme comprend les conduits métalliques rigides, les conduits non métalliques rigides, les conduits métalliques intermédiaires, les conduits flexibles étanches, les tubages métalliques flexibles, les conduits métalliques flexibles, les tubes électriques non métalliques, les conduits sous plancher, les caniveaux en béton cellulaire ou en métal, les chemins de câbles, les canalisations préfabriquées et les systèmes de goulottes.

3.17 non utilisée

3.18 équipement électronique

Partie d'un équipement électrique comprenant des circuits basés principalement sur des dispositifs et composants électroniques.

3.19 enveloppe

 [VEI 826-03-12]

Elément assurant la protection des matériels contre certaines influences externes, et dans toutes les directions, la protection contre les contacts directs.

NOTE: Cette définition tirée du VEI existant nécessite les explications suivantes dans le cadre de la présente norme:

- 1) Les enveloppes procurent la protection des personnes ou des animaux domestiques ou d'élevage contre l'accès aux parties dangereuses.
- 2) Les barrières, les formes des ouvertures, ou tous autres moyens soit liés à l'enveloppe soit formés par l'appareillage sous enveloppe adaptés pour prévenir ou limiter la pénétration des calibres d'essai spécifiques sont considérés comme partie de l'enveloppe, sauf s'ils peuvent être démontés sans l'aide d'une clef ou d'un outil. (EN 60529.3.1)

Une enveloppe peut être:

- une armoire ou un coffret, monté sur la machine ou séparé de la machine;
- un compartiment, constitué par un espace fermé faisant partie de la structure de la machine,
- un local fermé.

3.20 équipement

Terme général incluant matériels, adaptations, dispositifs, appareils, fixations, instruments et autres utilisés comme une partie d'une installation électrique ou une connexion avec une installation électrique.

3.21 liaison équipotentielle

 [VEI 826-04-099]

Liaison électrique mettant à un même potentiel, ou à des potentiels voisins, des masses ou des éléments conducteurs.

3.22 masse

Partie conductrice accessible [VEI 826-03-02]

Partie conductrice d'un matériel électrique, susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension mais qui peut le devenir en cas de défaut.

3.23 défaillance

 [VEI 191 04~1]

Cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise .

NOTES:

1 Après défaillance d'une entité, cette entité est en état de panne.

2 Une défaillance, est un passage d'un état à un autre, par opposition à un défaut" qui est un état

3 La notion de défaillance, telle qu'elle est définie, ne s'applique pas à une entité constituée seulement de logiciels.

3.24 défaut

 [VEI 191~01]

Etat d'une entité inapte à accomplir une fonction requise, non comprise l'inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées, ou due à un manque de moyens extérieurs .

NOTE: Un défaut est souvent la conséquence d'une défaillance de l'entité elle-même, mais elle peut exister sans défaillance préalable.

3.25 protecteur [EN 292-1, 3.221]

Elément de machine utilisé spécifiquement pour assurer une protection au moyen d'une barrière matérielle. Suivant la forme qu'on lui donne, un protecteur peut-être appelé carter, couvercle, écran, porte, enceinte, etc.

3.26 danger/risques (phénomène dangereux) [EN 292-1, 3.22]

Cause possible de blessure ou de dommage à la santé.

3.27 contact indirect [VE1 826 03-61]

Contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des masses mises sous tension par suite d'un défaut d'isolement

3.28 machine industrielle

Machine animée par une énergie, utilisée pour former ou déformer un matériau par coupure, par impact, par pression, par des techniques électriques, thermiques ou optiques, par laminage, ou par une combinaison de ces procédés, ou des machines ou équipements associés utilisés avec ces machines pour transporter les matières premières, les encours, ou les outillages (y compris les supports); monter/démonter, pulvériser ou enduire, contrôler ou essayer, ou emballer (voir en annexe A des exemples de machines industrielles). Les équipements électriques associés y compris le(s) boîtier(s) de commande et le logiciel et la logique associée ainsi que les organes de commande et les capteurs sont considérés comme faisant partie de la machine (voir 3 61 machine).

3.29 entrée

- 1) Bornes auxquelles le courant, la tension, la puissance ou l'énergie de commande peuvent être amenés au circuit ou dispositif.
- 2) Etat ou succession d'états apparaissant sur un canal d'entrée donné.
- 3) Dispositif, ou ensemble de dispositifs, utilisé pour introduire les données à un autre dispositif.

3.30 personne avertie

Individu suffisamment informé ou surveillé par des personnes qualifiées pour lui permettre d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité (par exemple agents d'entretien ou d'exploitation).

3.31 verrouillage (pour la protection)

Arrangement qui interconnecte le(s) protecteur(s) ou appareil(s) avec le système de commande ou tout ou partie de la distribution d'énergie électrique à la machine.

3.32 dispositif de verrouillage [VEI 441-16-49]

Dispositif qui subordonne la possibilité de fonctionnement d'un appareil de connexion à la position ou au fonctionnement d'un ou plusieurs autres éléments de matériel.

3.33 repère d'identification [CEI 750, 2.9]

Symbole codifié, servant à identifier un élément sur un schéma, une légende, un diagramme et sur l'équipement

3.34 dispositif limiteur

Dispositif qui empêche une machine, ou un élément de machine de dépasser une valeur assignée (par exemple espace limité, pression limite)

3.35 partie active [VE1 826 03-2]

Conducteur ou partie conductrice destinée à être sous tension en service normal, y compris le conducteur neutre, mais, par convention, à l'exclusion du conducteur PEN.

NOTE: Ce terme n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

3.36 actionneur

Mécanisme de puissance utilisé pour agir sur le mouvement de la machine.

3.37 marquage

Signes ou inscriptions servant à l'identification du type du composant ou de l'appareil, fixés par le constructeur du composant ou de l'appareil.

3.38 conducteur neutre (Symbole N) [VEI 826-01-03]

Conducteur relié au point neutre d'un réseau et pouvant contribuer au transport de l'énergie électrique.

3.39 obstacle [VEI 826 03-14]

Élément empêchant un contact direct fortuit mais ne s'opposant pas à une action délibérée.

3.40 sortie

- 1) Bornes auxquelles le courant, la puissance ou l'énergie peuvent être fournis par un circuit ou un dispositif.
- 2) Etat ou succession d'états apparaissant dans un canal de sortie donné.
- 3) dispositif ou ensemble de dispositifs utilisé pour extraire des données d'un autre dispositif.

3.41 surintensité [VEI 826-05-06]

Tout courant supérieur à la valeur assignée. Pour les conducteurs, la valeur assignée est le courant admissible.

3.42 surcharge (d'un circuit): Relation temps/courant dans un circuit supérieure à la pleine charge assignée du circuit lorsque ce dernier n'est pas en défaut.

NOTE: Le terme "Surcharge" ne doit pas être utilisé comme synonyme de surintensité.

3.43 manoeuvre positive d'ouverture (d'un élément de contact) [CEI 947-5-1, Chapitre 3.2.2]

Accomplissement de la séparation des contacts résultant directement d'un mouvement spécifié de l'organe de commande et effectué au moyen de pièces non élastiques (par ex. sans l'intermédiaire de ressorts)

3.44 circuit de puissance

Circuit transmettant l'énergie du réseau aux éléments d'équipements utilisés directement pour le travail effectué par la machine et aux transformateurs alimentant les circuits de commande.

3.45 circuit de protection

Ensemble des conducteurs de protection et des éléments conducteurs utilisés pour la protection contre les conséquences des défauts à la terre.

3.46 conducteur de protection (Symbole PE) (en accord avec VEI 826-04-05)

Conducteur prescrit dans certaines mesures de protection contre les chocs électriques et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes:

- masses
- éléments conducteurs,
- borne principale de terre,

3.47 redondance

Duplication de dispositifs ou systèmes, visant à garantir que, dans l'éventualité d'une défaillance, dans l'exécution de sa fonction, un autre est disponible pour exécuter la dite fonction.

3.48 risque (EN 292-1, 3.7]

Combinaison de la probabilité d'occurrence et de la gravité d'une blessure dans une situation dangereuse.

3.49 mode opératoire sûr

Méthode de travail qui réduit le risque.

3.50 protection [voir EN 292-1]

Mesures de sécurité utilisant des moyens spécifiques techniques appelés protecteurs (carters, dispositifs de sécurité) pour la protection des personnes des dangers qui ne peuvent pas être éliminés ou suffisamment réduits à la conception.

3.51 protection [EN 292-1, 3.19]

Mesures de sécurité qui consistent en des messages tels que des textes, des mots, des signes, des signaux, des symboles ou des diagrammes, utilisés séparément ou associés entre eux pour transmettre des informations à l'utilisateur. Elles sont destinées aux utilisateurs professionnels ou aux utilisateurs non professionnels.

3.52 mesure (disposition) de sécurité

Moyen(s) qui élimine(nt) ou rédui(sen)t un danger.

3.53 plancher de service

Niveau sur lequel se trouve la personne intervenant pour l'entretien de l'équipement électrique.

3.54 (courant de) court-circuit [VEI 441-11-07]

Surintensité résultant d'un court-circuit dû à un défaut ou à un branchement incorrect dans un circuit électrique.

3.55 personne qualifiée

Individu ayant des connaissances techniques ou une expérience suffisante pour lui permettre d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité.

3.56 fournisseur

Entité (par exemple fabricant, maître d'oeuvre, installateur, intégrateur) qui fournit l'appareillage ou les services associés à la machine.

NOTE: L'utilisateur peut aussi agir en qualité de son propre fournisseur.

3.57 appareil de connexion [VEI 441-14-01]

Appareil destiné à établir ou à interrompre le courant dans un ou plusieurs circuits électriques

3.58 borne

Partie conductrice d'un dispositif comportant une connexion électrique pour des circuits externes

3.59 arrêt non contrôlé

Arrêt du mouvement de la machine par suppression de la puissance aux actionneurs, tous les freins et autres dispositifs arrêt étant activés.

3.60 utilisateur

Entité qui utilise la machine et l'appareillage de commande associé.

3. 61 machine

Ensemble de pièces ou d'organes liés entre eux, dont au moins un est mobile et, le cas échéant, d'actionneurs, de circuits de commande et de puissance, etc... réunis de façon solidaire en vue d'une application définie, notamment pour la transformation, le traitement, le déplacement et le conditionnement d'un matériau.

Est également considéré comme "machine un ensemble de machines qui, afin de concourir à un seul et même résultat, sont disposées et commandées de manière à être solidaires dans leur fonctionnement [voir EN 292-1,

Le terme machine. comprend également les équipements modifiant la fonction d'une machine du marché dans le but d'être assemblés avec une machine ou un ensemble de différentes machines, ou un tracteur par l'utilisateur lui-même, ces équipements n'étant ni des pièces de rechange, ni des outils.

4 PRESCRIPTIONS GENERALES

4.1 Généralités

Cette norme européenne s'applique aux équipements électriques utilisés avec une grande variété de machines et un groupe de machines travaillant ensemble de façon coordonnée.

Les risques associés à des dangers relatifs à l'équipement électrique doivent être estimés comme un élément des prescriptions globales pour l'évaluation du risque de la machine, il sera défini un niveau acceptable de protection et les nécessaires mesures de sécurité des personnes potentiellement exposées à ces phénomènes tout en conservant des performances acceptables à la machine et à ses équipements. Une EN pour l'évaluation du risque est à l'étude au CEN/TC 114.

Les phénomènes dangereux comprennent, de façon non limitative:

- les défaillances ou défauts de l'équipement électrique conduisant à la possibilité de choc électrique ou de feu d'origine électrique,
- les défaillances ou défauts dans les circuits de commande (ou les composants ou dispositifs associés à ces circuits) conduisant à un dysfonctionnement de la machine,

- les variations ou interruptions dans les sources de puissance externes ainsi que les défauts ou pannes des circuits d'alimentation conduisant à un dysfonctionnement de la machine,
- les interférences électriques (par ex. électromagnétiques, électrostatiques, radio ...) générées de façon soit interne soit externe à l'équipement électrique,
- l'énergie accumulée (soit électrique, soit mécanique),
- les niveaux sonores affectant la santé du personnel.

Les mesures de sécurité combinent des mesures prises au niveau de la conception et celles à mettre en oeuvre par l'utilisateur.

La conception et le développement doivent être envisagés en premier lieu, pour réduire les risques. Quand ce n'est pas possible, la protection doit être envisagée.

NOTE: L'article 4 de l'EN 292-2, traite de la protection des personnes contre les phénomènes dangereux.

L'utilisation du questionnaire, présenté en annexe B de la présente norme, est destinée à faciliter l'accord entre l'utilisateur et le(s) fournisseur(s) sur les conditions de base et les prescriptions complémentaires de l'utilisateur relatives à l'équipement électrique. Ces prescriptions complémentaires visent à:

- fournir des caractéristiques de sécurité supplémentaires qui dépendent du type de machine (ou groupe de machines) et de l'application;
- faciliter la maintenance et la réparation, et
- améliorer la fiabilité et la facilité d'opération.

4.2 Choix des matériels

Les composants et dispositifs électriques doivent convenir à l'usage prévu, par exemple industriel (lourd, léger), commercial, de loisirs, domestique et doivent être conformes aux normes européennes concernées, si elles existent. En l'absence de normes européennes, la conformité doit être réalisée avec les normes internationales.

4.3 Alimentation électrique

L'équipement électrique doit être prévu pour fonctionner convenablement à pleine charge ainsi qu'à vide, avec les tensions et les fréquences (dans le cas d'un courant alternatif) nominales spécifiées ci-dessous, à défaut de spécifications autres de l'utilisateur (voir annexe B).

4.3.1 Alimentations en courant alternatif

Tension Tension permanente
0,9 ... 1,1 de la valeur nominale.

Fréquence 0,99 ... 1,01 de la valeur nominale de façon continue
0,98 ... 1,02 sur une courte période.

NOTE: La valeur d'une courte période peut être spécifiée par l'utilisateur (voir annexe B)

Harmoniques Distorsion harmonique inférieure à 10 % de la tension efficace totale entre conducteurs actifs (somme des harmoniques de rang 2 à 5). Une distorsion harmonique additionnelle de 2 % de la tension efficace totale (somme des harmoniques de rang 6 à 30) est autorisée.

Déséquilibre de tension d'alimentation triphasée	Ni la tension de la composante inverse, ni la tension de la composante homopolaire ne doivent être supérieures à 2 % de la tension de la composante directe.
Pointe de tension	Ne doit pas durer plus de 1 ms avec un front (de montée ou de descente) compris entre 500 ns et 500 µs et une valeur crête n'excédant pas le double de la valeur efficace de la tension assignée de l'alimentation.
Coupure de tension	L'alimentation ne doit pas être interrompue ou la tension ne doit pas tomber à zéro pendant plus de 3 ms à n'importe quel instant d'une période d'alimentation. Entre deux interruptions successives, il doit s'écouler au moins 1 s.
Creux de tension	Les creux de tension ne doivent pas dépasser 20 % de la tension crête de l'alimentation sur plus d'une période. Entre deux creux successifs il doit s'écouler plus d' 1 s.

4.3.2 Alimentations en courant continu

Par piles ou batteries

Tension	0,85 1,15 de la tension nominale . 0,7 1,2 de la tension nominale dans le cas de véhicules électriques.
Coupure de tension	inférieure à 5 ms.

Par convertisseur

Tension	0,9 ... 1,1 de la tension nominale .
Coupure de tension	ne dépasse pas 20 ms. Il doit y avoir plus d' 1 s entre les interruptions successives.
Ondulation (de pic à pic)	inférieure à 5 % de la tension nominale .

NOTE: Cette différence par rapport au Guide 106 de la CEI est destinée à assurer un fonctionnement correct de l'appareillage électronique.

4.4. Environnement physique et conditions de fonctionnement

L'appareillage électrique doit convenir à l'utilisation dans l'environnement physique et les conditions de fonctionnement spécifiées ci-dessous.

Lorsque l'environnement physique ou les conditions de fonctionnement sont hors de ceux spécifiés ci-dessous, un accord peut-être nécessaire entre le fournisseur et l'utilisateur (voir annexe B)

4.4.1 Compatibilité électromagnétique

Les perturbations électriques engendrées par l'équipement lui-même ne doivent pas dépasser les niveaux spécifiés dans les normes et autres documents relatifs aux niveaux de compatibilité électromagnétique pour les matériels correspondants . Les niveaux autorisés devront être déterminés pour l'application spécifique.

Quand un équipement électronique est utilisé, il doit être conçu pour une tenue aux essais au moins égale à celle spécifiée dans la CEI 801, niveau 3. En ce qui concerne les limites admissibles et les méthodes de mesure des caractéristiques des perturbations radioélectriques, se conformer aux publications EN55011, EN55014 et EN55022

Les signaux de perturbations engendrées peuvent être limités par:

- suppression à la source en utilisant des composants passifs tels que capacités, inductances, diodes, diodes zener, varistances ou des composants actifs, ou une combinaison de ceux-ci, ou
- blindage du matériel par une enveloppe conductrice équipotentielle pour le séparer des autres matériels .

Les effets indésirables des décharges électrostatiques, de l'énergie électromagnétique rayonnée et des perturbations engendrées par les conducteurs de puissance doivent être évités (par exemple utilisation de filtres appropriés, temporisations, choix de certains niveaux de puissance, types ou pratiques de câblage appropriés).

Les effets des perturbations sur l'appareillage peuvent être réduits par:

- **Circuit ou connexion commune au potentiel de référence:** Chaque connexion commune est traitée comme un circuit unique et reliée à un ou plusieurs points de référence centrale qui sont raccordés à la terre par des conducteurs isolés de grosse section (par ex. minimum de 6 mm² de type classe 6 (voir tableau C 5));
- **Liaisons à la masse:** Dans chaque élément de l'équipement, toutes les liaisons à la masse doivent être ramenées à un point commun et des conducteurs souples de forte section doivent être utilisés entre glissières et enveloppes; les liaisons à la masse doivent être aussi courtes que possible;
- **Transmission de signaux:** mettre en place des écrans électrostatiques, des blindages électromagnétiques des fils torsadés et veiller à l'orientation relative des conducteurs (c'est-à-dire croisement selon un angle aussi proche que possible de 90 degrés) pour être sûr que les liaisons transmettant des signaux de bas niveau ne seront pas affectées par des perturbations provenant des câbles de commande ou de puissance; disposer les liaisons parallèlement au plan de la masse si nécessaire; et
- **Séparation des matériels:** séparation ou blindage entre matériels sensibles (par ex. unités travaillant par impulsions ou à bas niveau de signal) et matériels de coupure (relais électromagnétiques, thyristors); séparation entre le câblage des signaux de bas niveau et les câbles de commande et de puissance.

NOTE: Voir 20.6 sur les essais de compatibilité électromagnétique.

4.4.2 Température de l'air ambiant

Les matériels électriques sous enveloppe, doivent pouvoir fonctionner correctement avec une température de l'air ambiant comprise entre + 5°C et + 40°C, sans que la température moyenne sur une période de 24 heures ne dépasse + 35°C.

Les matériels électriques à l'air libre doivent pouvoir fonctionner correctement avec une température de l'air ambiant comprise entre + 5°C et +55°C, sans que la température moyenne sur une période de 24 heures ne dépasse + 50°C.

4.4.3 Humidité

L'équipement électrique doit pouvoir fonctionner correctement dans une humidité relative comprise entre 30% et 95% (sans condensation)

Les effets gênants d'une condensation occasionnelle doivent être évités par une conception appropriée du matériel ou, si nécessaire, par des mesures complémentaires appropriées (par ex. chauffage ou conditionnement de l'air incorporé, trous de vidange)

4.4.4 Altitude

Les équipements électriques doivent pouvoir fonctionner correctement jusqu'à une altitude de 1000 m au-dessus du niveau de la mer.

4.4.5 Agents de pollution

L'équipement électrique doit être protégé de façon appropriée contre la pénétration des corps solides ou liquides. (voir 13.3)

Si des quantités anormales de polluants (par ex. poussières, acides, gaz corrosifs, sel) sont présentes dans l'environnement où l'équipement électrique doit être installé, un accord particulier entre le constructeur et l'utilisateur peut être nécessaire (voir annexe B).

4.4.6 Rayonnements ionisants et non ionisants

Dans le cas où l'équipement est soumis à des rayonnements, (par exemple micro-ondes, ultraviolets, lasers rayons X), des mesures additionnelles doivent être prises pour prévenir les mauvais fonctionnements ou la détérioration de l'isolation. Un accord particulier entre le fournisseur et l'utilisateur peut être nécessaire (voir annexe B).

4.4.7 Vibrations, chocs et secousses

Les effets indésirables des vibrations, chocs et secousses (aussi bien engendrés par la machine et son appareillage associé que créés par l'environnement physique) doivent être évités par la sélection de matériel adéquat, par son implantation séparée de la machine ou par l'utilisation de dispositifs anti-vibratoires. Un accord particulier entre le constructeur et l'utilisateur peut être nécessaire (voir annexe B)

4.5 Transport et stockage

L'équipement électrique doit être conçu ou des précautions appropriées doivent être prises pour protéger contre les effets de températures de transport et de stockage comprises entre -25°C et + 55°C, ou + 70°C pour de courtes périodes n'excédant pas 24 heures. Des moyens appropriés doivent être prévus pour éviter les dégâts par humidité, vibrations ou chocs

4.6 Précautions pour la manutention

Le matériel électrique lourd et massif qui doit être désolidarisé de la machine pour le transport ou qui est indépendant de celle-ci doit être muni de dispositifs appropriés pour la manutention par grues ou autres engins de levage (voir aussi 15.4.6).

4.7 Installation et fonctionnement

L'équipement électrique doit être installé et utilisé conformément aux instructions du fournisseur. Il est recommandé de prendre en compte les principes d'ergonomie. Les principes de conception ergonomique sont à l'étude au CEN/TC 122.

5 CONNEXIONS D'ALIMENTATION ET APPAREILS DE COUPURE ET DE SECTIONNEMENT

5.1 Bornes des conducteurs d'alimentation

Il est recommandé lorsque cela est possible, que l'équipement électrique d'une machine soit connecté à une seule alimentation électrique. S'il est nécessaire d'utiliser un autre système d'alimentation pour certaines parties de l'équipement (circuit électronique, embrayage électromagnétique, etc.), cette alimentation doit, autant que possible, être issue d'appareils (par exemple transformateurs, convertisseurs) faisant partie de l'équipement électrique de la machine.

A l'exception des cas où la machine est équipée d'une prise de courant pour le raccordement à l'alimentation (voir 5.3.2.d), il est recommandé de raccorder directement les conducteurs d'alimentation sur les bornes d'entrée du dispositif de sectionnement de l'alimentation. Si cela n'est pas possible, des bornes séparées doivent être fournies.

Un conducteur neutre ne doit pas être utilisé sauf avec l'accord de l'utilisateur (voir annexe B) Son utilisation doit être clairement indiquée dans la documentation technique de la machine telle que le schéma d'installation et le schéma des circuits, et une borne isolée séparée, repérée N, doit être fournie pour le conducteur neutre.

Il ne doit pas y avoir de connexion entre le conducteur neutre et le circuit de protection équipotentielle à l'intérieur de l'équipement électrique, ni de borne combinée PEN utilisée dans l'enveloppe.

Toutes les bornes pour le raccordement de l'alimentation doivent être clairement identifiées conformément à l'EN60445 (pour la borne du conducteur de protection extérieur voir 5.2).

5.2 Borne du conducteur de protection extérieur

Une borne pour raccorder le conducteur de protection extérieur doit être fournie à proximité des bornes des conducteurs de phase associés (voir 8.2.1).

Cette borne doit être d'une taille suffisante pour permettre le raccordement d'un conducteur extérieur autre qu'en cuivre de section conforme au tableau 1 (voir 8.2.2). Si le conducteur n'est pas en cuivre, la taille de la borne doit être sélectionnée en conséquence (voir aussi 8.2.2).

Tableau 1: Section minimale du conducteur de protection extérieur en cuivre

Section des conducteurs de phase de l'installation S (mm ²)	Section minimale du conducteur de protection externe Sp (mm ²)
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

La borne pour le conducteur de protection extérieur (voir EN 60445) doit être identifiée par marquage avec les lettres PE.

L'usage de la désignation PE doit être réservé à la borne pour le raccordement du circuit de protection équipotentielle de la machine au conducteur de protection extérieur du système d'alimentation.

De façon à éviter toute confusion, les autres bornes utilisées pour le raccordement des composants de la machine au circuit de protection équipotentielle ne doivent pas être marquées PE, mais désignées soit par le symbole 417-CEI-5019, soit en utilisant la combinaison bicolore VERT / JAUNE.

5.3 Dispositif de sectionnement de l'alimentation

5.3.1 Généralités

Un dispositif de sectionnement de l'alimentation, à commande manuelle, doit être fourni pour chaque alimentation. Ce dispositif doit séparer l'équipement électrique de la machine du réseau d'alimentation lorsque cela est prescrit (par exemple pendant des travaux sur l'équipement électrique).

S'il y a plusieurs (deux ou plus) dispositifs de sectionnement, des verrouillages de protection doivent être utilisés lorsqu'une condition dangereuse, ou des dommages à la machine ou aux travaux en-cours pourraient se produire

5.3.2 Type

Le dispositif de sectionnement de l'alimentation doit être de l'un des types suivants:

- a) un interrupteur-sectionneur conforme à l'EN 60947-3, de catégorie d'emploi AC 23B ou DC 23B
- b) un sectionneur équipé d'un contact auxiliaire provoquant dans tous les cas la coupure du circuit de charge par les appareils d'interruption avant l'ouverture des contacts principaux du sectionneur;
- c) un disjoncteur conforme à l'EN 60947-2, apte au sectionnement conformément à l'EN 60947-3;
- d) pour une machine d'un courant assigné n'excédant pas 16 A et dont la puissance totale des moteurs ne dépasse pas 3 kW, une prise de courant peut être utilisée. Si une prise de courant est utilisée comme dispositif de sectionnement, **elle doit avoir un pouvoir de coupure** au moins égal au courant assigné de la machine alimentée sous la tension assignée (voir aussi 15.4.5). Si la prise de courant doit être utilisée pour sectionner en surcharge (par ex. rotor bloqué), ses caractéristiques devraient alors prendre en compte le courant à rotor bloqué. En outre l'équipement électrique doit comporter un dispositif pour mise sous et hors tension de la machine.

5.3.3 Spécifications

5.3.3.1 Généralités

Quand le dispositif de sectionnement est l'un des trois premiers types définis en 5.3.2 (interrupteur-sectionneur, sectionneur ou disjoncteur), il doit répondre à toutes les prescriptions suivantes:

- séparer l'équipement électrique de l'alimentation et ne posséder qu'une position OUVERT et une position FERME, clairement repérées par 'O' et 'I' (symboles 417-CEI-5008 et 5007, voir 10.2.2) et avec des directions d'actionnement conformes à la CEI 447. Les coupe-circuit qui, en outre, ont une position réarmement (déclenché) entre 'O' et 'I' sont aussi réputés satisfaire à cette exigence,
- comporter une ouverture visible ou un indicateur de position qui ne puisse pas indiquer la position OUVERT tant que tous les contacts ne sont effectivement ouverts et séparés par une distance de sectionnement conforme à l'EN 60947-3,
- être équipé d'une poignée extérieure (exception: voir paragraphe 5.3.3.2). Si le dispositif de sectionnement n'est pas utilisé aussi comme dispositif arrêt d'urgence (voir 10.7.4), sa poignée ne doit pas être ROUGE. Les couleurs NOIR ou GRIS sont recommandées,
- pouvoir être verrouillé en position OUVERT, par exemple à l'aide de cadenas,
- couper tous les conducteurs actifs de son alimentation. Cependant, en schéma TN, le conducteur neutre peut ou ne peut être sectionné (voir HD 384.4.46, 461.2 et annexe 3, question 16); et
- avoir un pouvoir de coupure suffisant pour interrompre le courant du moteur le plus puissant rotor bloqué ajouté à tous les courants des autres moteurs en charge

5.3.3.2 Disjoncteurs actionnés par une énergie extérieure

Des disjoncteurs actionnés par une énergie extérieure (électricité, air comprimé, etc.) doivent être autorisés comme dispositifs de sectionnement s'ils satisfont, également, aux prescriptions suivantes:

- être munis de moyens ('par ex. , poignée, bouton-poussoir) pour la commande manuelle (ces moyens n'ont pas besoin d'être actionnables de l'extérieur s'il y a d'autres moyens provoquant l'ouverture du disjoncteur), et
- lorsqu'ils sont verrouillés en position ouvert (ARRET), leur fermeture tant en action à distance qu'en action manuelle doit être empêchée.

5.3.4 Poignée de commande.

- poignée du dispositif de sectionnement doit être facile à atteindre et située entre 0,6 m et 1,9 m au dessus du plancher de service. En Europe, une hauteur maximale de 1,7 m est préférée.

5.3.5 Circuits exclus

Les circuits suivants peuvent ne pas être coupés par le dispositif de sectionnement de l'alimentation

- les circuits d'éclairage alimentant des lampes qui sont utilisées pendant les travaux d'entretien et de réparation;

- les circuits d'alimentation de prises de courant utilisées exclusivement pour l'alimentation des outils de réparation et d'entretien, par exemple les perceuses à main, le matériel d'essai;
- les circuits de protection à minimum de tension utilisés uniquement pour les déclenchements automatiques lors d'une défaillance de l'alimentation;
- les circuits alimentant l'équipement qui doit normalement rester sous tension pour un fonctionnement correct par exemple, appareils de mesure et de contrôle de température, appareils de chauffage de production (ou d'encours) et appareils de stockage de programme, etc. ...
- les circuits de verrouillage conformes au 15.1 3.

Il est cependant recommandé d'équiper ces circuits avec leur propre dispositif de sectionnement.

Lorsqu'un tel circuit n'est pas coupé par le dispositif de sectionnement:

- un (ou des) panneau(s) d'avertissement permanent(s) doit être placé à proximité du dispositif de sectionnement;
- un panneau d'avertissement permanent doit (doivent) être placé(s) à proximité de chaque circuit exclu; et
- une déclaration correspondante doit être placée dans le manuel de maintenance.

5.4 Dispositifs de coupure pour éviter une mise en marche intempestive

Des dispositifs de coupure pour éviter une mise en marche intempestive doivent être fournis (par ex. quand au cours des opérations de maintenance, la mise en marche de la machine peut impliquer un risque). Un dispositif de sectionnement (voir 5.3) peut remplir cette fonction. (Ces dispositions sont à l'étude au CEN/TC114)

De tels dispositifs doivent convenir à l'usage prévu, placés de manière adéquate, et facilement identifiables (par ex. par un marquage durable si nécessaire).

Des précautions doivent être prises pour éviter le fonctionnement non intentionnel ou par inadvertance de l'appareil de sectionnement

Lorsqu'on utilise des dispositifs autres que le dispositif de sectionnement (par exemple utilisation du circuit de commande pour ouvrir un contacteur), on ne peut les employer, que dans les cas suivants:

- pas de démarrage de la machine;
- des réglages nécessitant relativement peu de temps,
- pas de travaux entrepris sur l'équipement électrique, sauf si:
- il n'y a pas de danger lié aux chocs électriques (voir 6) ou brûlures électriques;
- commande de coupure ne pouvant pas être annulée par le travail;
- le travail est de nature mineure (par ex. remplacement d'appareils débrochables sans perturber le câblage existant.).

NOTE: Cette norme européenne ne fait pas de recommandation pour l'interruption des alimentations d'énergie non électrique. Cette disposition est à l'étude au CEN/TC 114.

6 PROTECTION CONTRE LES CHOCs ELECTRIQUES

6.1 Généralités

L'équipement électrique doit assurer la protection des personnes contre les chocs électriques résultant **de contacts directs et de contacts indirects**.

Cette protection doit être réalisée par l'application des mesures spécifiées à la fois dans les paragraphes 6.2 et 6.3. Cependant, l'utilisation de la TBTP (PELV) définie dans le paragraphe 6.4 assure les deux types de protection contre les contacts directs et contre les contacts indirects.

6.2 Protection contre les contacts directs avec des parties actives

Pour chaque circuit ou parties de l'équipement électrique, les mesures définies en 6.2.1 et 6.2.2, et, s'il y a lieu en 6.2.3 doivent être appliquées.

6.2.1 Protection au moyen d'enveloppes

Les parties actives doivent être placées à l'intérieur d'enveloppes conformes aux spécifications des articles 4, 13 et 16 (voir aussi CEI 536). Lorsque le dessus de l'enveloppe est facilement accessible, le degré minimal de la protection contre les contacts directs doit être IP4X ou IP XX1:) (voir EN 60529).

L'ouverture d'une enveloppe (par ex. ouverture des portes, couvercles, plaques de fermeture, etc. ...) ne doit être possible qu'à une des conditions suivantes:

a) Nécessité d'utiliser une clé spéciale ou un outil Cette méthode d'ouverture n'est permise que pour permettre à des personnes qualifiées ou averties d'effectuer des opérations pour lesquelles n'est pas adaptée la coupure de l'alimentation de l'équipement. Les dispositifs de sectionnement de l'alimentation doivent fonctionner en position MARCHE ou ARRET comme il convient quand la porte est ouverte.

Exemples de telles opérations

- remplacement en sécurité d'éléments fusibles, (par ex ceux ne nécessitant pas l'usage d'un outil);
- remplacement d'appareils ou de sous-ensembles débrochables;
- réarmement des appareils de protection;
- réglage de dispositifs (par ex. pré-réglage de temporisateurs), et
- recherche de panne et essai de diagnostic.

Les parties actives situées à l'intérieur des portes doivent avoir un degré de protection minimal de IP 1X ou IPXX A . Les parties actives susceptibles être touchées lorsque les dispositifs d'ajustement et de réarmement destinés à fonctionner lorsque l'appareillage est encore sous tension doivent avoir un degré de protection minimal contre les contacts directs de IP2X ou IPXXB.

Des spécifications particulières (voir CEI 3644 41, 364~7, ou EN 60439-1) s'appliquent aux locaux fermés tenant lieu d'enveloppes pour les matériels électriques et accessibles uniquement aux personnes qualifiées.

Un obstacle ou une barrière destiné à éviter le contact involontaire ou accidentel n'empêche pas un contact volontaire en contournant l'obstacle.

b) Sectionnement de toutes les parties actives situées à l'intérieur de l'enveloppe avant son ouverture.

Cette mesure peut être réalisée par le verrouillage de la porte avec un sectionneur (par exemple le dispositif de sectionnement de l'alimentation) de telle façon qu'elle ne puisse être ouverte que lorsque le sectionneur est ouvert, et qu'il ne puisse être fermé que lorsque la porte est fermée. Cependant, un dispositif spécial correspondant aux prescriptions du fournisseur, peut permettre aux personnes qualifiées de neutraliser le verrouillage, à condition que:

- on puisse toujours ouvrir le sectionneur, quand le verrouillage est neutralisé;
- le verrouillage soit automatiquement remis en service à la fermeture de la porte.

Quand l'accès aux parties actives peut avoir lieu par plus d'une porte, le paragraphe ci-dessus est généralisable.

Toutes les parties qui restent actives après l'ouverture du dispositif de sectionnement doivent être protégées avec un degré de protection minimal contre les contacts directs IP2X ou IPXXB (voir EN 60529). Les parties ainsi protégées doivent porter une marque d'avertissement conformément au paragraphe 18.2.

Font exception à cette prescription, les bornes d'alimentation du dispositif de sectionnement de l'alimentation lorsque celui-ci est monté seul dans une enveloppe séparée.

c) L'ouverture d'une enveloppe sans l'utilisation d'une clé ou d'un outil et sans le sectionnement des parties actives ne doit être possible que lorsque toutes les parties actives répondent à un degré de protection minimal contre les contacts directs IP2X ou IPXXB (voir EN 60529). Les barrières assurant cette protection doivent, soit nécessiter l'utilisation d'un outil pour leur déplacement, soit entraîner automatiquement le sectionnement des parties actives qu'elles protègent lors de leur suppression.

6.2.2 Protection par isolation des parties actives

Les parties actives doivent être complètement recouvertes d'une isolation qui ne puisse être enlevée que par destruction. Cette isolation doit présenter une résistance aux efforts mécaniques, chimiques, électriques et thermiques auxquels elle peut être soumise en service normal.

Les peintures, vernis, laques et produits similaires utilisés seuls ne sont en général pas considérés comme pouvant assurer une protection contre les chocs électriques dans les conditions de service normal

6.2.3 Protection contre les tensions résiduelles

Toute partie conductrice présentant une charge supérieure à 60 microcoulombs doit être déchargée jusqu'à 60 V en moins de 5 s après la coupure de la tension d'alimentation, sous réserve que ce taux de décharge ne perturbe pas le bon fonctionnement de l'équipement. Dans ce dernier cas, une plaque d'avertissement attirant l'attention sur les risques encourus, et indiquant le délai à respecter avant d'essayer d'ouvrir l'enveloppe, doit être placée dans un endroit facilement visible ou immédiatement proche de l'enveloppe contenant les capacités.

Dans le cas de prises ou d'appareils similaires dont le retrait se traduit par l'exposition de parties conductrices (par ex. de broches), le temps de décharge ne doit pas dépasser 1 s, sinon ces parties conductrices doivent recevoir une protection minimale IP2X ou IPXXB.

6.3 Protection contre les contacts indirects

La protection contre les contacts indirects est destinée à protéger les personnes contre les conditions dangereuses pouvant résulter d'un défaut d'isolement entre les parties actives et la masse (Voir 3.27).

Pour chaque circuit ou partie de l'équipement électrique, au moins une des mesures définies dans les paragraphes 6.3.1 à 6.3.3 doit être appliquée.

NOTE: Pour les classes de matériels et les mesures de protection, voir CEI 536 .

6.3.1 Protection par coupure automatique de l'alimentation

La coupure automatique de l'alimentation après l'apparition d'un défaut d'isolement est destinée à empêcher qu'une tension de contact se maintienne pendant le temps où une situation dangereuse pourrait se produire.

Cette mesure de protection comprend à la fois:

- le raccordement des masses au circuit de protection (voir 8) et,
- des dispositifs de protection assurant la coupure automatique de l'alimentation en cas de défaut d'isolement (voir 7).

Cette mesure de protection nécessite la coordination entre le schéma d'alimentation et les caractéristiques des dispositifs de protection pour coupure automatique selon la CEI 364.4.41, 413.1.

6.3.2 Protection par l'emploi de matériels de classe II ou par isolation équivalente

Cette mesure est destinée à empêcher l'apparition de tensions dangereuses sur des parties accessibles lors d'un défaut de l'isolation principale.

Cette mesure de protection doit être obtenue par une ou plusieurs des mesures suivantes:

- emploi de matériels ou dispositifs électriques de classe II suivant la CEI 536 (matériel à double isolation, à isolation renforcée ou équivalente)
- emploi d'ensembles d'appareillages de connexion et de commande possédant une isolation totale conformément à l'EN 60439.1
- utilisation d'une isolation supplémentaire ou renforcée selon la CEI 364.4 41, 413.2

6.3.3 Protection par séparation électrique

La séparation électrique d'un circuit individuel est destinée à éviter des chocs électriques pouvant résulter d'un contact avec des masses susceptibles d'être mises sous tension en cas de défaut de l'isolation principale des parties actives de ce circuit.

Pour ce type de protection, se conformer à la CEI 364.4.41, 413.1.

6.4 Protection par utilisation de TBTP [PELV: Protection Extra Low Voltage]

Cette mesure est destinée à protéger les personnes contre les contacts directs et indirects (Voir CEI 3644~1). Pour les machines, les circuits TBTP (PELV) doivent satisfaire toutes les conditions suivantes:

- a) tension inférieure à 25 V alternatif ou 60 V continu.
- b) courant (en cas de défaillance) limité à 1 A en courant alternatif. ou 0,2 A en courant continu.
- c) limitation à 80 mm² des surfaces non protégées contre les contacts directs.
- d) utilisation exclusive à l'intérieur dans des conditions sèches
- e) la source d'alimentation et toutes les parties actives de ces circuits doivent être séparées ou isolées des circuits à tension plus élevée conformément aux 6.3.3 et 15.1.3;
- f) un côté du circuit ou un point de la source d'alimentation de ce circuit doit être raccordé au circuit de protection équipotentielle associé aux tensions supérieures;
- g) les masses associées à de tels circuits doivent être, soit séparées ou isolées des circuits de tension supérieure conformément au 6.3.3, soit raccordées au circuit de protection équipotentielle associé aux circuits de tension supérieure;
- h) les prises de courant doivent répondre aux conditions suivantes:
 - 1) les fiches ne doivent pas pouvoir entrer dans des socles raccordés à des circuits non conformes à ce paragraphe, et
 - 2) les socles doivent empêcher l'introduction de fiches raccordées à des circuits non conformes à ce paragraphe,
- i) lorsque de tels circuits sont utilisés comme circuits de commande, ils doivent en outre être conformes aux spécifications de l'article 9.

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.

8 LIAISONS EQUIPOTENTIELLES

8.1 Généralités

Cet article donne des prescriptions concernant la liaison équipotentielle pour des raisons de protection et la liaison équipotentielle pour des raisons fonctionnelles (voir aussi la CEI 536). La figure 3 illustre ces concepts

8.2 Circuit de protection équipotentielle

8.2.1 Généralités

Le circuit de protection équipotentielle comprend:

- la borne PE (voir 5.2),
- les parties structurelles conductrices de l'équipement électrique et de la machine, et
- les conducteurs de protection de l'équipement de la machine .

Toutes les parties du circuit de protection équipotentielle doivent être conçues pour être capables de résister aux contraintes thermiques et mécaniques les plus importantes pouvant résulter des courants de défaut à la terre risquant de circuler dans ces parties du circuit de protection équipotentielle.

Tout élément structurel de l'équipement électrique ou de la machine peut être utilisé comme circuit de protection équipotentielle à condition que la section de ces parties soit au moins équivalente du point de vue électrique à la section minimale du conducteur de cuivre nécessaire

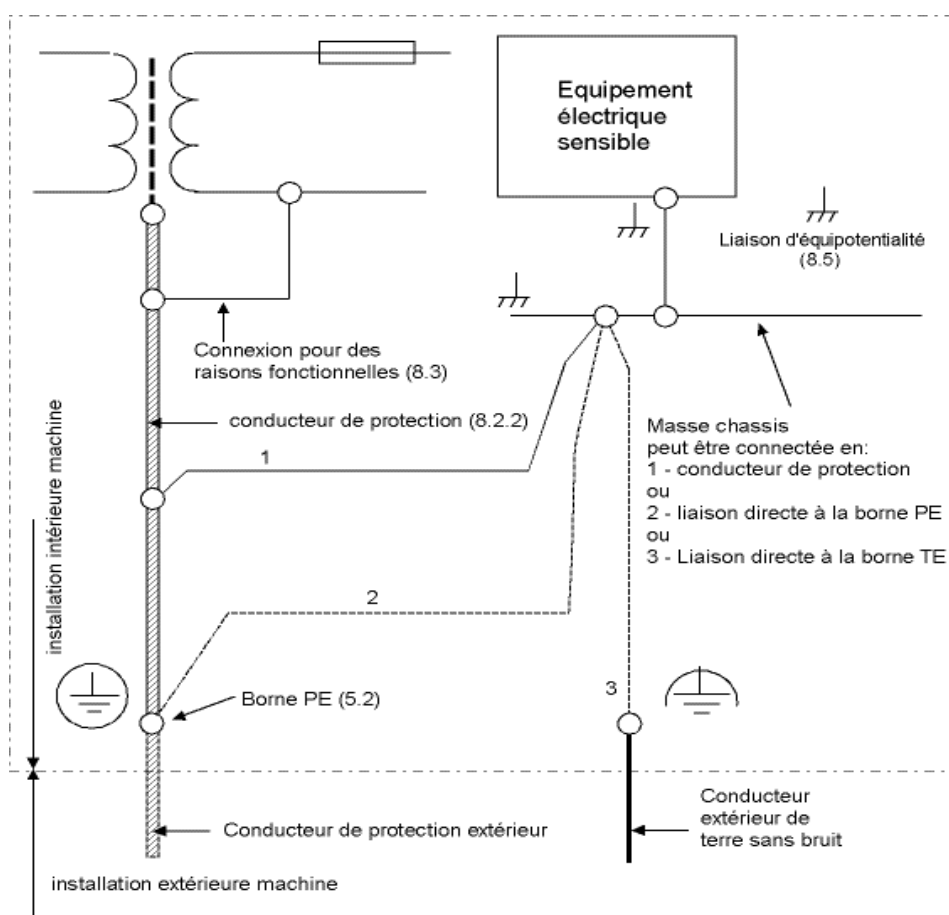


Figure 3
Exemple de liaisons équipotentielle pour l'équipement électrique d'une machine

8.2.2 Conducteurs de protection

Les conducteurs de protection doivent être marqués conformément au paragraphe 15.2.2.

Il est recommandé d'utiliser des conducteurs en cuivre. Dans le cas d'utilisation de conducteurs autres que des conducteurs en cuivre, leur résistance électrique par unité de longueur ne doit pas dépasser la valeur admise pour un conducteur en cuivre et leur section ne doit pas être inférieure à 16 mm²

La section des conducteurs de protection équipotentielle doit être déterminée en accord avec les prescriptions, soit:

- du 543.1 de la CEI 364.5.54, ou
- du 7.4.3.1.7 de l'EN 60439-1.

Cette exigence se vérifie dans la plupart des cas si la relation entre la section des conducteurs actifs et celle du conducteur de protection équipotentielle associé est conforme au tableau 1

8.2.3 Continuité du circuit de protection équipotentielle

Toutes les masses de l'équipement électrique ou de la machine doivent être raccordées au circuit de protection équipotentielle.

La résistance de chaque partie du circuit de protection équipotentielle doit interdire la présence d'une tension de contact dangereuse sur les masses en cas de défaut d'isolement (voir CEI-364-5-54, 543.2 et 543.3).

Les points de connexion et de liaison doivent être prévus de façon que leurs caractéristiques conductrices ne soient pas altérées, par des influences mécaniques, chimiques ou électrochimiques. Lors de l'utilisation d'enveloppe ou de conducteur en aluminium ou alliage d'aluminium, une considération particulière doit être donnée aux problèmes de corrosion électrolytique.

Les conduits métalliques, flexibles ou rigides et les gaines métalliques de câble ne doivent pas être utilisés comme conducteurs de protection. Néanmoins, de tels conduits métalliques ainsi que la protection métallique des câbles (tube en acier, blindage, gaine en plomb, etc....) doivent être raccordés au circuit de protection équipotentielle.

La continuité du circuit de protection équipotentielle doit être assurée pour les équipements électriques montés sur des couvercles, des portes, des plaques de fermeture, etc... Celle-ci ne doit pas être réalisée par les systèmes de fermeture, les charnières, les rails support, etc.. et le(s) conducteur(s) de protection doit (doivent) être associé(s) avec les conducteurs alimentant l'équipement.

Lorsqu'aucun équipement électrique n'est fixé sur un couvercle, une porte, une plaque de fermeture, des rails support etc. ou lorsqu'on est uniquement en présence de circuits TBTP. L'utilisation de charnières métalliques usuelles et d'accessoires similaires est considérée comme suffisante pour assurer la continuité.

Le démontage pour n'importe quelle raison (par ex. entretien normal) d'une pièce participant à la continuité du circuit de protection ne doit pas entraîner l'interruption du circuit de protection des parties restant en place

8.2.4 Exclusion des appareils de connexion du circuit de protection

Le circuit de protection ne doit pas comprendre d'appareils de connexion ou de protection contre les surintensités (interrupteur, fusible, etc...) ni d'organes de détection de courant utilisés sur ces appareils. Les seuls éléments d'interruption qu'il est permis de monter dans le circuit de protection pour certains essais ou mesures sont des barrettes ne pouvant être ouvertes que par des personnes averties ou qualifiées, de préférence au moyen d'un outil.

Il est permis d'insérer des appareils qui ne causent pas l'interruption du circuit de protection équipotentielle, dont les caractéristiques électriques assurent la prévention d'une élévation dangereuse de tension dans n'importe quelle partie du circuit, et qui ne réduisent pas les caractéristiques du circuit.

8.2.5 Pièces dont le raccordement au circuit de protection équipotentielle n'est pas nécessaire

Il n'est pas nécessaire de raccorder au circuit de protection équipotentielle les masses qui sont montées de telles sortes qu'elles ne constituent pas un danger du fait:

- qu'elles ne peuvent pas être touchées sur de grandes surfaces ou saisies à la main et qu'elles sont de faibles dimensions (moins de 50 mm x 50 mm environ), ou
- qu'elles sont placées de telle façon qu'un contact avec des parties actives ou qu'un défaut d'isolement soit improbable.

Ce paragraphe s'applique aux petites pièces telles que vis, rivets, plaques signalétiques et aux pièces situées à l'intérieur d'une enveloppe quelles que soient leurs dimensions par exemple, électro-aimants de contacteurs ou de relais, parties mécaniques des appareils.

8.2.6. Interruption du circuit de protection équipotentielle par des prises de courant

Lorsque le circuit de protection équipotentielle peut être interrompu par des connecteurs ou des prises de courant, le circuit de protection équipotentielle ne doit être interrompu qu'après la coupure des conducteurs actifs, et la continuité du circuit de protection équipotentielle doit être rétablie avant raccordement de tout conducteur actif. Cela concerne aussi les éléments enfichables, amovibles ou débrochables.

Les boîtiers métalliques des connecteurs et des prises de courant doivent être raccordés au circuit de protection équipotentielle, sauf s'ils sont utilisés en TBTP.

8.2.7. Points de raccordement du conducteur de protection

Tous les conducteurs de protection doivent être raccordés conformément au 15.1.1. Il n'est pas permis de raccorder les conducteurs de protection sur des accessoires utilisés pour fixer ou raccorder entre eux des appareils d'utilisation ou des pièces.

Chaque point de raccordement du conducteur de protection doit être identifié par un symbole tel que celui du symbole 417-IEC-5019. Cette identification peut être remplacée, pour les bornes utilisées au raccordement du circuit de protection, par la combinaison bicolore VERT / JAUNE. **Les lettres PE sont réservées à la borne de raccordement du conducteur de protection extérieur** (voir 5.2.).

8.3 Liaison au circuit de protection équipotentielle pour des raisons fonctionnelles

L'objectif de la liaison fonctionnelle est de minimiser:

- les conséquences d'une défaillance d'isolement sur la sécurité des personnes ou sur la machine ou sur le travail en cours. et
- les conséquences de perturbations sur le fonctionnement des matériels électriques sensibles (voir 8.6).

8.4 Défaillances d'isolement

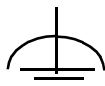
Une méthode de protection contre un fonctionnement intempestif résultant d'une défaillance d'isolement consiste à raccorder un côté du circuit de commande alimenté par transformateur au circuit de protection équipotentielle avec les appareils de commande raccordés conformément au paragraphe 9.1.4. Cette connexion doit être effectuée à la source de l'alimentation du circuit de commande. La connexion peut aussi faire partie du circuit de protection équipotentielle (voir 7.2.3). Dans le cas de circuits électroniques Voir aussi 9.4.3.1.

L'attention est attirée sur le fait qu'en omettant le raccordement des masses des matériels au circuit de protection équipotentielle, comme autorisé par 6.3.2 à 6.3.3, les mesures de sécurité de ce paragraphe peuvent ne pas être effectives.

8.5 Liaison à un potentiel de référence commun

La liaison à un potentiel de référence commun autre que celui délivré par le circuit de protection équipotentielle ou par la borne de raccordement à un conducteur extérieur de terre (terre sans bruit) doit être autorisée sous réserve de respecter les prescriptions des articles 6 et 7.

La liaison équipotentielle à un point unique, raccordée directement à un point aussi près que possible de la borne PE (voir fig. 3 (2)) ou à sa propre borne en vue d'assurer son raccordement à un conducteur extérieur de terre (sans bruit) extérieure, doit être adaptée, si besoin est, pour minimiser les perturbations de mode commun (voir fig 3 (3)). Cette dernière borne doit être identifiée par le symbole 417.IEC.5018.



8.6 Interférence électrique

Les effets d'interférence électrique peuvent être réduits en utilisant un conducteur peu résistant, dans un réseau à basse impédance servant de niveau de référence pour les signaux à fréquence plus élevée à l'intérieur de l'équipement électrique, (par exemple, le châssis ou la platine). Ces points de raccordement doivent être identifiés par le symbole 417-IEC-5020. La conception des connexions de liaison doit être telle que l'impédance vers le châssis soit réduite le plus possible.



9 CIRCUITS DE COMMANDE ET FONCTIONS DE COMMANDE

9.1 Circuits de commande

9.1.1 Alimentation du circuit de commande

Des transformateurs doivent être utilisés pour alimenter les circuits de commande. Ces transformateurs doivent être à enroulements séparés. **Si plusieurs transformateurs sont utilisés, il est recommandé de raccorder leurs enroulements de telle manière que les tensions secondaires soient en phase.**

Quand les circuits de commande à courant continu sont raccordés au circuit de protection équipotentielle (voir 8.2.1), ils doivent être alimentés par un enroulement séparé du transformateur du circuit de commande en courant alternatif ou par un autre transformateur de circuit de commande.

Les transformateurs ne sont pas obligatoires:

- pour les machines de puissance assignée inférieure à 3 kW avec un seul démarreur de moteur et au maximum deux appareils de commande extérieurs (par exemple: dispositif de verrouillage et bouton arrêt d'urgence), et
- pour les machines à usage domestique ou analogues lorsque l'équipement électrique est contenu dans l'enveloppe de la machine.

9.1.2 Tensions du circuit de commande

Les valeurs des tensions de commande doivent être compatibles avec un fonctionnement correct du circuit de commande. La tension assignée ne doit pas excéder 250V lorsqu'elle est fournie par un transformateur.

9.1.3 Protection

Les circuits de commande doivent être fournis avec une protection contre les surintensités en accord avec 7.2.3 et 7.2.9. Une protection contre les surcharges peut être fournie sur demande.

9.1.4 Raccordement des appareils de commande

Dans les circuits de commande dont un côté est relié (ou est destiné à être relié) au circuit de protection équipotentielle (voir 7.2.3), **une borne (ayant de préférence toujours le même marquage) de la bobine de chaque dispositif à commande électromagnétique, ou une borne de tout autre dispositif électrique, doit être reliée directement à ce côté du circuit de commande.** Toute fonction de commutation (par exemple contacts) des appareils de commande qui agissent sur la bobine ou le dispositif doit être placée entre l'autre borne de la bobine ou du dispositif et l'autre côté du circuit de commande (c'est-à-dire celui qui n'est pas relié au circuit de protection équipotentielle).

Les exceptions suivantes sont autorisées:

- les contacts des dispositifs de protection (par ex. relais de surcharge) peuvent être connectés entre ce côté relié au circuit de protection équipotentielle et les bobines, dans la mesure où les conducteurs entre les contacts et les bobines des appareils de commande sur lesquels les contacts du relais agissent sont dans la même enveloppe et où la liaison est si courte et d'un type tel qu'un défaut à la terre est improbable,
- si les prescriptions de 9.4.3.1 sont satisfaites.

9.2 Fonctions de commande

9.2.1 Fonctions MARCHE

Les fonctions MARCHE doivent fonctionner par alimentation du circuit correspondant. (9.2.5.2)

9.2.2 Fonctions ARRET

Il y a trois catégories arrêt:

- **Catégorie 0:** arrêt par suppression immédiate de la puissance sur les actionneurs (par exemple, arrêt non contrôlé, voir 3.59);
- **Catégorie 1:** arrêt contrôlé (cf. 3.12) en maintenant la puissance sur les actionneurs pour obtenir arrêt de la machine, puis coupure de la puissance quand l'arrêt est obtenu.
- **Catégorie 2:** arrêt contrôlé en maintenant la puissance sur les actionneurs.

Chaque machine doit être équipée d'un arrêt de catégorie 0. Les arrêts de catégorie 1 ou de catégorie 2 doivent être fournis si la sécurité et les spécifications fonctionnelles de la machine l'exigent. Les arrêts de catégorie 0 et 1 doivent être opérationnels, quel que soit le mode opératoire (cf. 9.2.3) et l'arrêt de catégorie 0 sera prioritaire. Les fonctions ARRET doivent procéder par coupure du courant du circuit correspondant et doivent être prioritaires sur les fonctions MARCHE correspondantes (voir 9.2.5.3. , 9.2.5.4)

9.2.3 Modes de marche

Chaque machine peut avoir un ou plusieurs modes de marche qui sont déterminés par le type de machine ou son application.

Si la sélection du mode de marche peut entraîner des situations dangereuses, cette opération doit être évitée par un dispositif de verrouillage approprié (par exemple un commutateur à clef, un code d'accès). la sélection d'un mode de marche ne doit pas par elle-même provoquer une opération de la machine . Une action séparée de l'opérateur doit être exigée.

Les protections doivent rester efficaces dans tous les modes de marche (cf. 9.2.4 pour suppression provisoire des protecteurs sous conditions spéciales).

9.2.4 Suppression provisoire des protecteurs

Quand il est nécessaire de supprimer provisoirement un ou plusieurs protecteurs, un dispositif de sélection de mode ou des moyens de sécurité (par ex. verrouillage) dans le mode désiré doit être fourni [voir EN 292-2, 4.1.4] afin d'éviter toute opération automatique. De plus, il est recommandé d'adopter une ou plusieurs des dispositions suivantes:

- mise en marche du mouvement par un appareil de commande nécessitant une action maintenue ou analogue;
- un poste de commande portable (par exemple pendentif) comportant un arrêt d'urgence. Quand un poste de commande portable est utilisé, les mouvements peuvent seulement être commandés à partir de ce poste;
- limitation de vitesse de mouvement ou de puissance;
- limitation de l'amplitude du mouvement.

9.2.5. Fonctionnement

9.2.5.1 Généralités

Les verrouillages nécessaires (cf. 9.3) doivent être prévus pour que les opérations se déroulent en sécurité.

9.2.5.2 Marche

Le démarrage du fonctionnement ne sera possible que si les protecteurs sont en place et opérationnels, sauf dans les conditions décrites au 9.2.4.

Des verrouillages appropriés doivent être prévus pour assurer une séquence de départ correcte.

Une machine nécessitant l'utilisation de plusieurs postes de commande pour provoquer un démarrage de la machine implique que les conditions suivantes soient satisfaites:

- chaque poste de commande doit comporter un appareil de commande séparé à action manuelle pour le démarrage;
- toutes les conditions requises pour le fonctionnement de la machine doivent être remplies;
- tous les appareils de commande MARCHE doivent être en position "relâchée" avant qu'un démarrage ne soit permis;
- tous les appareils de commande de marche doivent être commandés de façon concomitante.

9.2.5.3 Arrêt

Le choix de la catégorie d'arrêt doit être déterminé à partir de l'évaluation du risque de la machine (voir 4.1).

En outre, les mesures adéquates pour assurer un arrêt fiable doivent être prescrites (voir 9.4). (Des principes de conception de parties de systèmes de commande relatifs à la sécurité sont à l'étude au CEN/TC 114).

Sur demande, des moyens de raccordement des dispositifs de protection et de verrouillage doivent être fournis. Si applicable, la fonction arrêt doit signaler à la logique du système de commande qu'une telle condition existe. Le réarmement de la fonction arrêt ne doit pas entraîner de conditions dangereuses.

9.2.5.4 Arrêt d'urgence

Les aspects fonctionnels relatifs à l'équipement arrêt d'urgence sont donnés dans l'EN 418

Outre les prescriptions arrêt (voir 9.2.5.3), un arrêt d'urgence correspond aux prescriptions suivantes:

- il doit être prioritaire par rapport à toutes les fonctions dans tous les modes de marche;
- l'énergie sur les actionneurs qui peut occasionner des conditions dangereuses doit être supprimée aussi rapidement que possible sans créer d'autre danger (par exemple en employant un dispositif mécanique arrêt qui ne nécessite aucune énergie extérieure ou par freinage à contre courant pour un arrêt de catégorie 1); et
- son annulation ne doit pas provoquer de redémarrage.

Sur demande, des moyens de raccordement de dispositifs d'arrêt d'urgence supplémentaires doivent être fournis. (voir 10.7 pour les prescriptions concernant les dispositifs arrêt d'urgence) .

L'arrêt d'urgence doit fonctionner comme un arrêt de catégorie 0 ou 1 (voir 9 2.2). Le choix de la catégorie de l'arrêt d'urgence doit être déterminé en fonction de l'évaluation du risque de la machine.

Si un arrêt de catégorie 0 est utilisé pour une fonction d'arrêt d'urgence, il doit être réalisé uniquement avec des composants électromécaniques câblés. En outre cette fonction ne doit pas dépendre d'une logique électronique (matériel ou logiciel) ou d'une transmission d'ordres par un réseau ou une liaison de communication.

Si une fonction d'arrêt de catégorie 1 est utilisée pour une fonction arrêt d'urgence, la suppression d'énergie aux actionneurs doit être assurée et réalisée au moyen de composants électromécaniques.

9.2.5.5 Contrôle des actions de commande

Tout mouvement ou action d'une machine ou d'une partie de machine qui pourrait entraîner une situation dangereuse doit être exécuté en contrôlant la position ou le résultat de ce mouvement ou action.

9.2.5.6 Commande nécessitant une action maintenue

La commande nécessitant une action maintenue doit exiger une action continue sur le(s) appareil(s) de commande pour que l'opération soit effective.

9.2.5.7 Commande bimanuelle

Il y a trois types de commandes bimanuelles, leur sélection dépend de l'évaluation du risque. Ils doivent comporter les caractéristiques suivantes (des prescriptions de fonctionnement de la commande bimanuelle sont à l'étude au CEN/TC 114).

Type 1

Ce type requiert:

- action concomitante des deux mains sur deux appareils de commande;
- commandes nécessitant une action maintenue durant les situations dangereuses;
- fonctionnement interrompu de la machine dès que l'un des deux appareils de commande est relâché, si les conditions restent dangereuses.

Type 2: commande de type 1 nécessitant le relâchement des deux appareils de commande avant tout redémarrage de la machine.

Type 3: commande de type 2 nécessitant une action simultanée des appareils de commande dans les conditions suivantes:

- les appareils de commande doivent être actionnés dans une fourchette de temps n'excédant pas 0,6 s (voir Annexe B), et
- si ce temps limite est dépassé, les deux appareils de commande doivent être relâchés avant qu'un nouveau fonctionnement ne puisse être provoqué .

9.2.6 Commandes marche arrêt combinées

Les boutons-poussoirs et autres dispositifs de commande qui alternativement démarrent ou arrêtent le mouvement ne doivent être utilisés que pour des fonctions secondaires où aucune situation dangereuse ne peut se produire lors de leur fonctionnement.

9.3 Interverrouillages de protection

9.3.1 Remise en place d'un protecteur à dispositif de verrouillage

La remise en place d'un protecteur à dispositif de verrouillage ne doit pas par elle-même initialiser un mouvement ou un fonctionnement qui pourrait entraîner une situation dangereuse.

9.3.2 Limitation de course

Quand une surcourse provoque une situation dangereuse, un dispositif de limitation doit être installé pour couper le circuit de puissance des actionneurs correspondants.

9.3.3 Fonctions auxiliaires

Le fonctionnement des fonctions auxiliaires doit être contrôlé par un dispositif de pression) approprié (par exemple capteur.

Si l'absence de fonctionnement d'un moteur ou d'un dispositif relatif à une fonction auxiliaire (par ex. lubrification, refroidissement ou évacuation des copeaux) peut conduire à des situations dangereuses, causer des dommages à la machine, ou aux travaux en cours. un dispositif approprié doit être mis en place.

9.3.4. Interverrouillages entre différentes opérations et mouvements contraires

Tous les contacteurs, relais et autres dispositifs qui commandent la machine et qui peuvent entraîner des conditions dangereuses quand ils fonctionnent en même temps (par exemple la commande simultanée de deux mouvements contraires) doivent être interverrouillés en vue d'interdire des opérations incorrectes.

Les contacteurs inverseurs (par ex. contrôlant le sens de rotation d'un moteur) doivent être interverrouillés de telle sorte qu'en service normal aucun court-circuit ne puisse se produire à l'instant de la commutation.

Si, par sécurité, ou pour assurer la continuité de fonctionnement, certaines fonctions de la machine doivent être en corrélation, une coordination doit être assurée par interverrouillage. Pour un ensemble de machines fonctionnant ensemble, de façon coordonnée avec plus d'un équipement de commande, on devra prendre les mesures pour coordonner le fonctionnement des équipements de commande, si nécessaire

9.3.5. Freinage par contre-courant

Quand on utilise un freinage par contre-courant pour un moteur, des mesures efficaces doivent être prises pour interdire l'inversion du sens de marche à la fin du freinage, quand cette inversion peut causer des conditions dangereuses ou un dommage pour la machine ou le travail en cours.

L'usage d'un dispositif agissant exclusivement en fonction du temps n'est pas admis à cet effet.

Les circuits de commande doivent être conçus pour que la rotation d'un arbre de moteur, à la main ou autrement, n'entraîne pas de situation dangereuse.

9.4 Fonctions de commande en cas de défaillance

9.4.1 Prescriptions générales

Quand des défauts ou des perturbations de l'équipement électrique peuvent entraîner une situation dangereuse pour le personnel, la machine, ou les travaux en cours, des mesures appropriées doivent être prises pour minimiser la probabilité d'apparition de situations dangereuses. Les mesures prescrites ainsi que leurs extensions soit individuelles, soit combinées, dépendent du niveau de risque en fonction de leur utilisation (voir 4.1)

Les moyens de diminuer la probabilité d'apparition de tels risques comprennent, de façon non limitative:

- des appareils de protection sur la machine, (par ex. protecteurs avec interverrouillage, dispositifs sensibles),
- un interverrouillage de protection des circuits électriques,
- l'utilisation de schémas et composants éprouvés (voir 9.4.2.1),
- la redondance partielle ou complète ou la diversité (voir 9.4.2.2 et 9.4.2.3),
- des moyens réalisant les essais de fonctionnement (voir 9.4.2.4).

En général, seuls les défauts uniques sont pris en compte. En cas de risque plus élevé, il peut être nécessaire de s'assurer qu'aucun défaut unique ne peut engendrer de situation dangereuse.

9.4.2 Mesures pour minimiser les risques en cas de défaillance

9.4.2.1 Utilisation de schémas et de composants éprouvés

Ces techniques comprennent entre autres:

- l'équipotentialité des circuit de commande, dans un but opérationnel (9.4.3.1).

- une des bornes des appareils de commande (par exemple bobine de commande) reliée au commun, et toutes les fonctions de commutation (c'est-à-dire les contacts) reliées au côté non mis à la terre du circuit de commande (9.1 4),
- l'arrêt par coupure de l'énergie du circuit correspondant (9.2.2),
- la coupure de tous les conducteurs actifs du dispositif contrôlé (voir 9.4.3.1),
- l'utilisation d'appareils de connexion à ouverture positive (voir EN 60947-5-1) et,
- la conception du circuit pour réduire la possibilité de défaillances provoquant des fonctionnements indésirables.

9.4.2.2 Redondance

Grâce à une redondance partielle ou complète, on peut minimiser la probabilité qu'une seule panne du circuit électrique conduise à une situation dangereuse. La redondance peut être effective en fonctionnement normal (c.à.d. redondance en ligne) ou réalisée par des circuits spéciaux qui assurent la fonction de protection uniquement si le fonctionnement normal est perturbé (c.à.d. redondance hors ligne)

Quand on utilise une redondance hors ligne qui n'est pas active en fonctionnement normal, de mesures appropriées doivent être prises pour garantir que ces circuits de commande seront disponibles en cas de besoin.

9.4.2.3 Utilisation de la diversité

L'utilisation des circuits de commande fonctionnant selon des principes différents ou de dispositifs de types différents peut réduire la probabilité de défaillances ou de pannes susceptibles d'accroître les risques, par exemple:

- en combinant les contacts à l'ouverture et à la fermeture actionnés par des protecteurs interverrouillés;
- en utilisant des composants de types différents dans les circuits de commande;
- en combinant des circuits électromécaniques et électroniques dans des configurations redondantes;
- en combinant des technologies électriques et non électriques, par exemple mécaniques, hydrauliques et pneumatiques, on peut obtenir des fonctions redondantes et introduire la diversité.

9.4.2.4 Essais de fonctionnement

Ils peuvent être effectués automatiquement, manuellement par inspection ou tests à intervalles prédéterminés ou une combinaison de ces mesures (voir aussi 19.2 et 20 7).

9.4.3 Protection contre les fausses manoeuvres résultant de défauts de masse ou d'interruptions de tension

9.4.3.1 Défauts de masse

Des défauts de masse sur n'importe quel circuit de commande ne doivent pas provoquer de départ intempestif, de fonctionnement dangereux, ou empêcher l'arrêt de la machine.

Afin de satisfaire ces exigences, la liaison du circuit de protection sera conforme au 8.2.1 et les appareils seront câblés conformément au 9.1.4. Les circuits de commande qui sont alimentés à partir d'un transformateur, et qui ne sont pas reliés au circuit de protection équipotentielle doivent être munis d'un circuit de surveillance d'isolement (par exemple, un dispositif à courant résiduel), soit indiquant un défaut de mise à la masse, soit interrompant automatiquement ce circuit en présence d'un défaut de masse.

Dans le cas de circuits électroniques, la connexion au circuit de protection équipotentielle d'un côté du circuit de commande suivant 9.1.4 peut éviter des fonctionnements intempestifs. Si cette mesure n'est pas suffisante ou si d'autres raisons interdisent de relier une polarité du circuit de commande au circuit de protection équipotentielle, d'autres mesures doivent être prises pour assurer le même niveau de sécurité.

Lorsque le circuit de commande est directement alimenté entre deux conducteurs de phase du réseau, ou entre une phase et un neutre qui est, soit non relié à la terre, soit relié à la terre à travers une impédance élevée, des auxiliaires de commande à coupure bipolaire doivent être utilisés pour les fonctions MARCHE ou ARRET des machines qui pourraient entraîner des situations dangereuses pour le personnel, la machine ou les travaux en cours en cas de démarrage intempestif ou de défaut de la fonction ARRET.

9.4.3.2 Interruptions de tension

Les spécifications détaillées au 7.5 doivent être appliquées.

Quand une mémoire est utilisée, un fonctionnement correct doit être assuré en cas de défaut d'alimentation (par exemple en utilisant une mémoire non volatile) si la perte du contenu de la mémoire peut entraîner une situation dangereuse.

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 manoeuvrés 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 manoeuvre
- minimiser la possibilité de manoeuvre 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).

SECURITE des MACHINES EQUIPEMENT ELECTRIQUE DES MACHINES - REGLES GENERALES

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.)


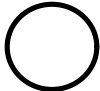


MISE SOUS TENSION	MISE HORS TENSION	provoquant alternativement MARCHE et ARRET ou MISE SOUS TENSION et MISE HORS TENSION	provoquant un mouvement lorsqu'ils sont actionnés et un arrêt lorsqu'ils sont relâchés (par exemple action maintenue)
417-IEC-5007	417-IEC-5008	417-IEC-5010	417-IEC-5111
			

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'éclairement 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, annonciateur 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).

11 INTERFACES DE COMMANDE

11.1 Généralités

Cet article traite des règles concernant les signaux entre les commandes numériques ou les automates programmables et les divers dispositifs extérieurs, en particulier les dispositifs d'entrée ou de sortie numériques, les variateurs de vitesse, et les entraînements d'asservissement. Les règles de câblage entre les commandes numériques, ou les automates et les dispositifs extérieurs sont données aux articles 14 et 15.

11.2 Interfaces d'entrée/sortie numériques

Pour chaque signal numérique (E/S), la commande numérique ou l'automate programmable doit disposer d'au moins une borne convenable (par exemple, connecteur à broches, bornier à vis ...) ainsi que d'un nombre de bornes suffisant pour le raccordement du commun et des blindages de câbles. Il est recommandé de prévoir un raccordement réservé au commun avec chaque borne de signal.

11.2.1 Entrées

Un côté de chaque dispositif d'entrée doit être raccordé à un côté du circuit d'alimentation; l'autre côté à la borne d'entrée appropriée. L'autre côté du réseau qui fournit la tension de chaque dispositif d'entrée devrait être connecté au circuit de protection équipotentielle par la borne commune du réseau

Il est recommandé que les circuits d'entrée soient isolés des circuits internes de la commande numérique ou de l'automate programmable en utilisant soit des transformateurs, soit des coupleurs optiques, soit tout autre dispositif à haute impédance conjointement avec des conducteurs isolés.

Les dispositifs d'entrée doivent être raccordés par l'intermédiaire d'un contact à fermeture, sauf si des considérations de défaillances imposent l'utilisation d'un contact à ouverture (par exemple une fonction arrêt).

11.2.2 Sorties

Un côté de chaque charge de sortie doit être raccordé au côté du commun du réseau qui fournit la tension de sortie qui, lui-même, devra être raccordé au circuit de protection équipotentielle.

Chaque module ou circuit de sortie devrait être raccordé à un seul dispositif de sortie.

Lorsqu'on raccorde des charges inductives aux sorties de la commande numérique ou de l'automate programmable, on doit assurer que la coupure des charges inductives satisfait aux recommandations du fournisseur de la commande numérique ou de l'automate programmable. L'antiparasitage doit également être prévu sur les enroulements des moteurs qui sont démarrés ou stoppés lorsque la commande numérique ou l'automate programmable sont sous tension.

11.3 Interfaces d'entraînement à entrée analogique

11.3.1 Séparation entre les commandes et les entraînements électriques

Le fournisseur de l'entraînement doit s'assurer qu'une entrée différentielle est utilisée entre la commande numérique et les circuits de commande de l'entraînement à l'exception de tous les raccordements du commun au

circuit de protection équipotentielle. Ceci comprend tous les dispositifs utilisés pour la mesure du courant d'induit du moteur. L'entraînement ne doit pas être sensible aux signaux d'entrée de mode commun entre ses bornes d'entrée et la carcasse.

11.3.2 Servovalves hydrauliques

Sur demande, le fournisseur de la commande numérique doit fournir, à la servovalve hydraulique, un courant de sortie proportionnel à la vitesse de l'axe commandé ou, sinon, signaler au fournisseur de la machine quels sont les dispositifs appropriés de conversion courant/tension.

11.3.3 Asservissements électriques et variateurs de vitesse

Si le signal de commande de vitesse ou de rattrapage d'erreur, en provenance de la commande numérique vers l'asservissement électrique ou le variateur de vitesse est analogique, il est recommandé, que les ± 10 V correspondent au maximum de tours par minute du moteur, ou au couple maximal.

1 1.4 Périphériques

Les dispositifs périphériques (par ex. écrans, imprimantes) doivent être raccordés et utilisés conformément aux recommandations du fournisseur

1 1.5 Communications

Il convient que les systèmes et les réseaux de communication soient incorporés conformément aux normes appropriées du CENELEC, du CEN, de la CEI et de l'ISO. Lorsque la machine et ses équipements associés doivent être raccordés à un réseau de communication (par exemple pour la transmission des ordres et des données entre la machine et un automate situé à distance), l'interface du réseau devrait être conforme aux normes appropriées du CENELEC et du CEN ou de la CEI et de l'ISO ainsi qu'aux recommandations du fournisseur. Dans de tels cas, l'équipement doit être équipé d'un interrupteur à clef ou équivalent qui bloquera tous les ordres en provenance de l'automate programmable, susceptibles d'engendrer des situations dangereuses. Le circuit mis en oeuvre par l'interrupteur ne doit autoriser la commande de la machine que par des personnes à proximité immédiate de celle-ci

12 EQUIPEMENT ELECTRONIQUE

12.1 Généralités

Cet article s'applique à tous les types d'équipements électroniques y compris les systèmes électroniques programmables, les sous-ensembles, les cartes de circuits imprimés, les dispositifs et les composants

12.2 Règles de base

12.2.1 Entrées et sorties

Il est recommandé de prévoir des dispositifs signalant l'état des entrées et des sorties numériques.

12.2.2 Matériel de commande électronique

Le matériel de commande électronique (par ex. commande numérique et programmable) doit être alimenté à partir de l'alimentation électrique de la machine. Les alimentations doivent provenir d'un transformateur dédié ou commun. Pour les spécifications complémentaires, voir 9.1.1.

12.2.3 Liaison équipotentielle

Tous les coffrets (locaux ou à distance) d'entrées/sorties, coffrets de processeurs et certaines alimentations doivent être reliés électriquement ensemble conformément aux spécifications du fournisseur et raccordés au circuit de protection équipotentielle (voir 8.2.3).

Si pour des raisons opérationnelles, il est nécessaire d'isoler un équipement du conducteur de protection, un tel équipement peut être exclu de cette prescription conformément à l'article 8.

12.3 Equipement programmable

12.3.1 Commande programmable

Les commandes programmables doivent satisfaire aux normes correspondantes de la CEI (voir CEI 1131).

12.3.2 Protection et maintien de la mémoire

Des moyens doivent être prévus pour éviter toute modification de la mémoire par des personnes non autorisées, et les règles décrites au paragraphe 9.4.3.2 s'appliquent.

12.3.3 Equipement de programmation

Pour des motifs de sécurité, le fournisseur peut se réserver le droit d'interdire la modification du programme par l'utilisateur.

Dans les applications de sécurité, l'utilisation de l'équipement de programmation ne doit pas interférer mécaniquement avec l'interface des communications des données.

12.3.4 Vérification du logiciel

L'équipement qui utilise des logiques reprogrammables doit disposer de moyens pour vérifier que le logiciel, est conforme au cahier des charges du programme concerné.

12.3.5 Utilisation pour des fonctions de sécurité

L'équipement électronique programmable ne doit pas être utilisé pour des fonctions d'arrêt d'urgence de catégorie 0 (voir 9.2.5.4).

Pour des fonctions d'arrêt d'urgence de catégorie 1, et pour toute autre fonction arrêt de sécurité, l'usage de composants électromécaniques câblés est préférable (c'est à dire que la fonction ne devrait pas dépendre du fonctionnement de l'équipement électronique programmable - voir 9.2.5.4). Si l'équipement électronique programmable est utilisé pour assurer de telles fonctions, des mesures conformes au 9.4 doivent être prises.

Ces règles ne doivent pas exclure l'utilisation d'un équipement électronique programmable pour contrôler, tester ou renforcer de telles fonctions. Cependant cet équipement ne doit pas empêcher le bon fonctionnement de ces fonctions.

NOTE: Il est admis, actuellement, qu'il est difficile, de déterminer avec un certain degré de certitude les cas où un accident significatif peut résulter du mauvais fonctionnement du système de commande, et de se fier au bon fonctionnement d'un canal unique sur un équipement électronique programmable. Tant que cette situation perdurera, il n'est pas judicieux de se fier uniquement au bon fonctionnement d'un tel dispositif à canal unique.

13 APPAREILLAGE DE COMMANDE: EMBLACEMENT, MONTAGE ET ENVELOPPES

13.1 Généralités

Tout appareillage de commande doit être situé et monté de façon à faciliter l'accessibilité et la maintenance, et doit être protégé contre les influences externes ou conditions dans lesquelles la machine est destinée à fonctionner.

13.2 Emplacement et montage

13.2.1 Accessibilité et maintenance

Tous les éléments de l'appareillage de commande doivent être placés et orientés de telle sorte qu'ils puissent être identifiés sans qu'il faille les déplacer, ou déplacer le câblage. La disposition des éléments nécessitant un contrôle pour un bon fonctionnement, ou susceptibles être remplacés, doit permettre ces opérations sans démontage d'équipements ou parties de la machine (à l'exception de l'ouverture des portes ou de l'enlèvement de couvercles). Les bornes non associées à l'appareillage de commande doivent aussi respecter ces exigences.

Tout appareillage de commande doit être monté de façon à faciliter le fonctionnement et l'entretien depuis la face avant. Si un outil spécial est nécessaire pour démonter un dispositif, un tel outil doit être fourni. (Les dimensions appropriées des entrées et espaces de travail sont à l'étude au TC122). Quand un accès est nécessaire pour l'entretien ou le réglage, les dispositifs appropriés doivent être situés entre 0,4 m et 2 m au dessus du plancher de

service. Il est recommandé que les bornes soient au moins à 0,2 m du plancher de service et placées de manière à ce que les câbles et les conducteurs puissent y être aisément reliés.

Aucun équipement ne doit être monté sur les portes ou sur des couvercles d'accès normalement démontables exceptés les dispositifs de commande, d'indication, de mesure et de refroidissement.

Quand des dispositifs de commande sont connectés par des systèmes enfichables, on doit rendre leur association évidente, par le type (forme), par le marquage ou par la désignation (ou par une combinaison de ces moyens) (voir 15.4.5.).

Les dispositifs enfichables qui sont manœuvrés en fonctionnement normal, doivent être équipés de détrompeurs, si l'absence de détrompeur peut conduire à un dysfonctionnement.

Les ensembles socles-prises qui sont manœuvrés en fonctionnement normal doivent être disposés et installés de telle sorte que leur accès soit dégagé.

Les points de test, s'ils existent, doivent être:

- montés de manière facilement accessibles;
- clairement identifiés en correspondance avec la documentation, (voir 19.3);
- convenablement isolés, et
- suffisamment espacés pour permettre le branchement du matériel de test.

13.2.2 Séparation

L'appareillage de commande doit être installé de façon à ce qu'il ne gêne pas le fonctionnement et la maintenance de la machine et de son appareillage associé

Les pièces et dispositifs non électriques, non associées à un équipement électrique, ne doivent pas être installés dans des enveloppes contenant de l'appareillage de commande. Les dispositifs tels que les électrovalves devraient être séparés de l'équipement principal, par exemple dans un coffret séparé.

Les dispositifs de commande, installés dans un même emplacement et accordés à la source d'alimentation ou aux sources d'alimentation et de commande, doivent être groupés séparément des dispositifs raccordés uniquement à la source d'alimentation de commande. Les blocs de jonction pour circuits de puissance doivent être regroupés séparément des blocs de jonction des circuits de commande, cependant les bornes de puissance et les bornes de commande peuvent être adjacentes pourvu que chaque groupe puisse être clairement identifié (par exemple par utilisation de tailles différentes, de cloisons ou de la couleur).

Lors de la mise en place des dispositifs incluant les connexions, les distances d'isolement et lignes de fuites spécifiées doivent être maintenues, il y a lieu de tenir compte des conditions des influences externes ou des conditions de l'environnement du matériel.

13.2.3 Effets de la chaleur

Les composants générateurs de chaleur (par ex. puits de chaleur, résistances de puissance) doivent être installés de telle manière que l'élévation de la température des composants au voisinage ne dépasse pas les limites permises.

13 3 Degrés de protection

La protection de l'appareillage de commande contre la pénétration des corps solides et contre la pénétration des liquides doit être compatible avec les influences externes dans lesquelles la machine est destinée à fonctionner, par exemple l'emplacement et les conditions d'environnement, et doit être suffisante contre la poussière, les liquides de refroidissement ou les copeaux et contre les dommages mécaniques

Les enveloppes de l'appareillage de commande doivent offrir un degré de protection minimal IP54 (voir EN 60529).

Les exceptions à cette protection minimale sont:

- les enveloppes ventilées ne renfermant que des résistances de démarrage de moteur ou un équipement similaire IP22
- les moteurs IP 23 (voir 16.2), et

- les enveloppes ventilées renfermant d'autres matériels IP33.

Ces degrés de protection sont des degrés minimaux. Un degré de protection supérieur peut être nécessaire en fonction des conditions d'installation (par exemple, appareillage situé dans un endroit nettoyé au jet le degré de protection minimal devrait être IP66).

L'appareillage protégé contre la pénétration de poussières fines doit présenter un degré de protection minimal IP65.

13.4 Enveloppes, portes et ouvertures

Les fermetures utilisées pour les portes et couvercles doivent être du type captif. Les regards prévus pour lire les cadrans des appareils indicateurs installés à l'intérieur des enveloppes doivent être réalisés en matériau capable de résister aux contraintes mécaniques et aux produits chimiques (par ex verre trempé ou polycarbonate, de 3 mm d'épaisseur).

Il est recommandé d'équiper les enveloppes de portes à charnières verticales, de préférence de type dégondable, avec un angle d'ouverture d'au moins 95 degrés, et dont la largeur n'excède pas 0,9 m.

Les enveloppes permettant à des personnes d'entrer totalement doivent être fournies avec des moyens permettant de s'échapper, par exemple verrou anti-panique sur la face intérieure des portes. Les enveloppes destinées à un tel accès, par exemple pour la maintenance doivent avoir une largeur de passage minimale de 0,7 m et une hauteur de passage minimale de 2 m.

Dans le cas où:

- l'équipement est supposé sous tension pendant l'accès, et
- les parties actives ne sont pas protégées

la largeur de passage minimale doit être de 1 m. Lorsque le passage est bordé des deux côtés par des parties actives, la largeur du passage minimale doit être de 1,5 m.

Les joints des portes, couvercles, enveloppes, etc., doivent résister aux effets chimiques des liquides agressifs, vapeurs ou gaz, utilisés sur la machine. Les moyens utilisés pour maintenir le degré de protection d'une enveloppe nécessitant l'ouverture ou l'enlèvement de portes et couvercles pour le travail ou la maintenance doivent:

- être maintenus de façon sûre soit aux portes/couvercles soit à l'enveloppe;
- ne pas être détériorés par enlèvement ou remplacement de la porte ou du couvercle et ainsi altérer le degré de protection

Toutes les ouvertures ménagées dans les enveloppes, y compris celles placées à même le sol, ou vers d'autres parties de la machine, doivent être fermées par le fournisseur de façon à assurer le degré de protection spécifié pour l'équipement. Les ouvertures destinées aux passages des câbles doivent être facilement rouvertes sur le site. Une ouverture convenable, peut, cependant, être ménagée à la base des enveloppes situées dans la machine, pour permettre à l'humidité due à la condensation d'être évacuée.

Il ne doit pas exister d'ouverture entre les enveloppes renfermant du matériel électrique et les boîtiers renfermant des liquides de refroidissement, des huiles de graissage ou des fluides hydrauliques, ou bien ceux à l'intérieur desquels de l'huile, d'autres liquides ou des poussières pourraient pénétrer. Cette prescription ne s'applique pas aux appareils électriques conçus spécialement pour fonctionner dans l'huile tels que les embrayages électromagnétiques, ni à l'appareillage électrique utilisant des liquides de refroidissement.

Si des trous sont prévus dans une enveloppe en vue de sa fixation, des précautions particulières doivent être prises pour qu'après montage, ils ne soient pas la cause d'une diminution du degré de protection exigé.

14 CABLES ET CONDUCTEURS

14.1 Spécifications générales

Les câbles et conducteurs doivent être choisis de telle sorte qu'ils conviennent aux conditions d'utilisation (tension, courant, protection contre les chocs électriques, groupement de câbles, etc.) et aux conditions d'influences externes (température ambiante, présence d'eau ou de substances corrosives, contraintes mécaniques, etc.) qui peuvent exister.

La préférence doit être donnée aux conducteurs et câbles qui présentent des propriétés de retardement au feu.

Ces prescriptions ne concernent pas le câblage intégré des ensembles, sous-ensembles, de dispositifs qui sont fabriqués et font l'objet d'un essai de type suivant les normes européennes ou publications CEI qui les concernent (par ex. EN 60439-1).

14.2 Conducteurs

En général, l'âme des conducteurs doit être en cuivre. Les conducteurs dont l'âme serait constituée d'un autre matériau doivent avoir une section nominale telle que lorsqu'ils transportent le même courant, l'élévation de température n'excède pas les valeurs données au tableau 4. Si l'aluminium est utilisé, la section minimale ne devra pas être inférieure à 16 mm²

Bien que les conducteurs de classe 1 soient normalement prévus pour relier des parties fixes, sans mouvement, ils peuvent aussi être utilisés s'il y a peu de flexion, à condition que leur section soit inférieure à 0,5 mm². Tous les conducteurs soumis à des mouvements fréquents (par ex. un mouvement par heure de fonctionnement de la machine) doivent être du type extra souple de classe 5 et 6 (voir tableau C.5).

14.3 Isolation

Les types d'isolation disponibles comprennent (de façon non limitative):

- polychlorure de vinyle (PVC)
- caoutchouc naturel ou synthétique
- caoutchouc siliconé (SIR)
- minéral
- polyéthylène réticulé XLPE
- éthylène propylène (EPR)

Dans les applications où les câbles peuvent constituer un risque de propagation d'incendie ou d'émission de fumées toxiques ou corrosives (par ex. PVC), il est recommandé de rechercher les conseils du fabricant de câbles. En particulier il est important de préserver l'intégrité des circuits ayant une fonction liée à la sécurité (par exemple arrêt d'urgence) aussi longtemps qu'il est possible dans ces conditions

La rigidité diélectrique de l'isolation doit être suffisante pour supporter la tension d'essai avec un minimum de 2000 V en courant alternatif, pendant 5 mn, pour les câbles soumis à des tensions supérieures à 50 V en courant alternatif, ou 120 V en courant continu. Pour des circuits TBTP (PELV) indépendants, la rigidité diélectrique doit être suffisante pour supporter une tension d'essai de 500 V courant alternatif, pendant 5 mn (voir CEI 364.4.41. Matériels de classe III).

La contrainte mécanique et l'épaisseur de l'isolant doivent être telles que l'isolation ne puisse pas être endommagée en fonctionnement ou durant le câblage, en particulier pour les câbles tirés dans des conduits.

14.4 Courant maximal admissible en fonctionnement normal

Le courant maximal admissible des câbles et conducteurs est déterminé à la fois par:

- la température maximale admissible du conducteur correspondant au courant constant le plus élevé, dans des conditions normales; et
- la température maximale admissible à ne jamais dépasser pendant un temps très court dans des conditions de court-circuit.

La section du conducteur pour le courant constant le plus élevé ou son équivalent doit être telle que les températures maximales données au tableau 4 ne soient pas dépassées.

Tableau 4
Températures maximales admissibles
dans les conditions normales et de court-circuit

Type de l'isolation	Température maximale admissible dans des conditions normales (°C)	Température à ne jamais dépasser dans des conditions de court-circuit. (°C) ⁽¹⁾
PVC	70	160

Caoutchouc	60	200
PER (XLPE)	90	250
Caoutchouc siliconé (SIR)	180	350

⁽¹⁾ En supposant les conditions adiabatiques réalisées en moins de 5 s.

Le courant maximal admissible en régime continu pour des applications d'usage courant est donné dans le tableau 5. Pour le choix des conducteurs et des câbles dans les applications en régime intermittent, voir C.2. Si les câbles utilisent des conducteurs en aluminium à la place du cuivre un facteur de réduction de 0,78 doit être appliqué sur les valeurs du tableau 5

14.5 Chutes de tension

La valeur des chutes de tension ne doit pas dépasser 5 % de la tension nominale. Pour cela il peut s'avérer nécessaire d'utiliser des conducteurs de section supérieure.

14.6 Section minimale

Pour assurer une résistance mécanique convenable la section des conducteurs ne doit pas être inférieure à celles définies dans le tableau 6. Cependant, des sections plus faibles sont autorisées dans les appareillages où les efforts mécaniques sont pris en compte par des moyens différents et que leur bon fonctionnement n'est pas altéré.

Le câblage des circuits avec un courant maximal de 2 A à l'intérieur d'une enveloppe peut ne pas respecter les exigences du tableau 6.

Tableau 5

Courant maximal admissible (Iz) des conducteurs et câbles en cuivre/isolés par PVC pour différentes méthodes d'installation en régime continu et à température ambiante de 40 °C.

Méthode d'installation (C.1.2)	B1	B2	C	E
Section (mm ²)	Courant maximal admissible - Iz (A)			
Electronique (paires)				
0.2	-	-	4.0	4.0
0.3	-	-	5.0	5.0
0.5	-	-	7.1	7.1
0.75	-	-	9.1	9.1
Câbles monoconducteurs non armés en distribution triphasée				
0.75	7.6	-	-	-
1.0	10.4	9.6	11.7	11.5
1.5	13.5	12.2	15.2	16.1
2.5	18.3	16.5	21	22
4	25	23	28	30
6	32	29	36	37
10	44	40	50	52
16	60	53	66	70
25	77	67	84	88
35	97	83	104	114
50	-	-	123	123
70	-	-	155	155
95	-	-	192	192
120	-	-	221	221

NOTES

- 1: Pour les températures ambiantes différentes de 40°C, corriger en utilisant les valeurs données au tableau C.1.
- 2: Pour les installations comportant des paires/câbles chargées, corriger les valeurs selon les tableaux C.2 ou C.3.
- 3: Pour un isolant autre que le PVC, les facteurs de correction sont donnés au tableau C.4
- 4: Si on utilise des conducteurs en aluminium et non en cuivre, on doit appliquer un facteur de réduction de 0,78.

5: Les câbles souples suspendus librement peuvent être surchargés de 5 % par rapport aux valeurs de ce tableau pour la méthode C. (La charge de court-circuit est alors réduite de 10%).

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 raccordements 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 ARRET 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.

15.4.5 Connecteurs embrochables

Lorsque le matériel est démontable, le raccordement à l'aide de connecteurs embrochables polarisés doit être admis. La fiche mâle doit être raccordée au circuit de charge. Les circuits TBTP (PELV) ne sont pas concernées par cette prescription.

Les ensembles fiche et socle doivent être conçus de telle façon que la connexion au circuit de protection soit faite avant la connexion aux parties sous tension et ne soit pas interrompue avant que toutes les parties sous tension ne soient déconnectées (voir aussi 6.2.3) exceptés ceux conformes à 6.4 ou ceux utilisés pour faciliter l'assemblage/ démontage (connecteurs à pôles multiples).

Les fiches et socles qui sont calibrés pour plus de 16 A, et qui restent connectés en service normal doivent être du type à ergot de retenue afin d'éviter toute déconnexion involontaire. Les fiches et socles de 63 A et plus doivent être du type verrouillé avec un interrupteur combiné.

Les fiches et les socles doivent être d'un type conçu pour éviter, dans tous les cas, tout contact involontaire avec les parties sous tension même pendant l'insertion et le désaccouplement des connecteurs.

Les fiches et socles doivent être d'une taille convenable et avoir une pression et une action de fermeture afin d'assurer une bonne continuité électrique. Les distances d'isolement entre contacts doivent être convenables et correspondre à la tension d'emploi. Ces distances doivent être conservées pendant l'insertion et le désaccouplement des connecteurs.

Lorsque plusieurs fiches et socles sont utilisés dans le même matériel électrique, ceux-ci doivent être clairement identifiés Il est recommandé d'utiliser un détrompage mécanique afin d'éviter une insertion non correcte.

Les socles de type correspondant à l'EN 60309-1 ou utilisés pour les appareils à usage domestique ne doivent pas être utilisés pour les circuits de commande.

15.4.6 Démontage pour le transport

Lorsque la construction est telle que le câblage doit être déconnecté pour le transport, des bornes dans un bornier accessible ou des connecteurs embrochables doivent être prévus aux endroits de fractionnement. Ces bornes ou connecteurs doivent être intrinsèquement protégés contre l'environnement physique, ou mis dans une enveloppe convenable.

15.4.7 Conducteurs supplémentaires

Il convient de prévoir des conducteurs supplémentaires pour l'entretien et la réparation. Lorsque ces conducteurs sont fournis, ils doivent être raccordés à des bornes de réserve ou isolés de façon à éviter tout contact avec les parties sous tension.

15.5 Canalisations, connexions et boîtes de jonction

15.5.1 Généralités

Toute arête vive, éclat, bavure, surface rugueuse, ou filetage avec lesquels l'isolation des conducteurs peut entrer en contact doivent être enlevés des conduits et des accessoires Si nécessaire, des protections supplémentaires telles que des matériaux non propagateurs de la flamme, résistant à l'huile doivent être prévues pour protéger l'isolant du conducteur

Les conduits doivent assurer un degré minimal de protection IP 33 (voir EN 60529)

Des trous d'évacuation de liquide de 6 mm de diamètre sont admis dans les systèmes de goulottes, les boîtes de jonction ou de dérivation si l'huile ou l'humidité peuvent s'y accumuler.

Afin d'éviter une confusion entre les conduits électriques et les conduits d'huile, d'air ou d'eau, il est recommandé que le conduit électrique soit physiquement séparé ou clairement identifié.

Les conduits et les chemins de câbles doivent être fixés de façon rigide, et placés à une distance suffisante des parties mobiles de manière à réduire les risques de détérioration ou d'usure. Dans les endroits où un passage humain est exigé, les conduits et les chemins de câbles ouverts doivent être montés pour laisser une hauteur libre d'au moins 2 m pour ces passages.

Les canalisations et boîtes de jonction sont seulement prévues pour la protection mécanique. (voir 8.1.2 pour des moyens convenables de liaison équipotentielle).

15.5.2 Taux de remplissage des conduits

Le taux de remplissage doit être fondé sur les dimensions réelles des conducteurs et câbles utilisés

Le taux de remplissage devrait tenir compte de la longueur, de la rigidité de la canalisation et de la souplesse des conducteurs. Il est recommandé que les dimensions et les dispositions des conduits permettent la mise en place aisée des conducteurs et des câbles.

15.5.3 Canalisations métalliques rigides et accessoires.

Les canalisations métalliques rigides et moyens de raccordement doivent être en acier galvanisé ou en matériau résistant à la corrosion, adapté aux conditions d'utilisation. Il est recommandé d'éviter l'usage de matériaux différents en contact qui peuvent être source de corrosion galvanique.

Les canalisations doivent être maintenues en place de façon sûre et fixées à chacune de leurs extrémités.

Les moyens de raccordement doivent être compatibles avec les canalisations et adaptés à l'application.

Les moyens de raccordement doivent être filetés à moins que des difficultés de structure empêchent l'assemblage. Lorsque des moyens de raccordement sans filetage sont utilisés, la canalisation doit être fixée au matériel de façon sûre.

Les courbures de canalisations doivent être faites de façon que la canalisation ne soit pas endommagée et que le diamètre interne de la canalisation ne soit pas réduit de façon significative.

15.5.4 Canalisations métalliques souples et moyens de raccordement

La canalisation métallique souple doit consister en un tube métallique souple ou une armature de fil tissé. Elle doit convenir aux conditions d'environnement prévues.

Les moyens de raccordement doivent être compatibles avec les canalisations et adaptés à l'application.

15.5.5 Canalisation souple non métallique et moyens de raccordement

La canalisation souple non métallique doit résister à la torsion et doit avoir des caractéristiques physiques comparables à la gaine des câbles multiconducteurs.

La canalisation doit convenir aux conditions d'environnement prévues et être utilisée aux températures ambiantes prévues.

Les moyens de raccordement doivent être compatibles avec les conduits et adaptés à l'application.

15.5.6 Systèmes de goulottes

Les systèmes de goulottes extérieurs aux enveloppes doivent être rigidement fixés et éloignés de toute partie mobile ou polluante de la machine.

Les couvercles doivent avoir une forme telle qu'ils recouvrent les flancs; des joints sont autorisés. Les couvercles doivent être attachés aux systèmes de goulottes par des charnières ou des chaînes et maintenus fermés par l'utilisation de vis imperdables ou par d'autres dispositifs d'attache convenables. Sur des systèmes de goulottes horizontales, le couvercle ne doit pas être sur la partie inférieure.

Lorsque le système de goulottes est fourni en sections, les joints entre sections doivent s'emboîter parfaitement, mais ne doivent pas nécessiter l'emploi de garnitures d'étanchéité.

Seules, les ouvertures fournies doivent être celles nécessaires au câblage ou au drainage. Les systèmes de goulottes ne doivent pas avoir de parties défonçables ouvertes non utilisées

15.5. 7 Compartiments de machine et systèmes de goulottes

Les compartiments ou les systèmes de goulottes à l'intérieur de la colonne ou de la base d'une machine peuvent être admis pour enfermer les conducteurs si le compartiment ou le système de goulottes est isolé des réservoirs de l'agent de refroidissement ou de l'huile et s'il est entièrement fermé. Le cheminement des conducteurs dans les compartiments et goulottes fermés doit être garanti et disposé de façon à ce qu'il ne soit pas soumis à des détériorations physiques.

15.5.8 Bornes, boîtes de raccordement et de jonction

Les bornes doivent être placées dans des enveloppes facilement accessibles Les connexions et les boîtes de raccordement (y compris tous les orifices) montées sur la (les) machine(s) doivent avoir un degré minimal de protection IP 44 (voir EN 60529). Les joints ou les garnitures d'étanchéité de ces boîtes doivent supporter tout effet prévisible des conditions d'environnement y compris les agents polluants.

Les boîtes de raccordement et de jonction ne doivent pas avoir de parties défonçables ouvertes non utilisées ni d'orifices et doivent être conçues pour éviter que des matières telles que poussière huile ou réfrigérant n'y pénètrent

15.5.9 Boîtes à bornes de moteurs

Les boîtes à bornes de moteurs ne doivent renfermer que les raccordements au moteur et aux dispositifs montés sur le moteur (par ex. freins capteur de température interrupteur ou générateurs tachymétriques).

16 MOTEURS ELECTRIQUES ET MATERIELS ASSOCIES

16.1 Prescriptions générales

Les moteurs devront satisfaire aux prescriptions de la CEI 34-1.

Les moteurs et matériels associés doivent être protégés contre les:

- surcharges conformément au 7. 3
- survitesses conformément au 7.6
- pertes de champ pour les moteurs à courant continu par détection de courant ou protection de survitesse
- surintensités conformément au 7.2 (voir aussi CEI 146).

Beaucoup de commandes ne coupent pas l'alimentation du moteur lorsqu'il est au repos En conséquence des précautions doivent être prises pour s'assurer que les prescriptions de 5.3, 5.4, 7.5, 7.6 et 9.4 sont remplies Le matériel de commande du moteur doit être placé et monté conformément au paragraphe 13.

16.2 Enveloppes des moteurs

Il est recommandé de choisir les enveloppes des moteurs parmi celles définies dans l'EN 60034.5.

Le degré de protection pour tous les moteurs doit être au moins égal à IP 23. Des prescriptions plus sévères peuvent être exigées selon tes conditions d'utilisation et d'environnement (voir 4 4.) Dans le cas de moteurs à courant alternatif et courant continu utilisés dans du matériel industriel léger, des protections supplémentaires doivent être fournies si nécessaire. Les moteurs incorporés faisant partie intégrante de la machine doivent être correctement montés de manière à être correctement protégés mécaniquement.

16.3 Dimensions des moteurs

Les dimensions des moteurs doivent satisfaire autant que possible aux prescriptions des CEI 72 et 72-2.

16.4 Montage des moteurs

Chaque moteur et ses accessoires, courroies, poulies, ou chaînes doivent être montés de façon à être protégées correctement contre toute détérioration mécanique au châssis du moteur, ou aux boîtes à bornes et être facilement accessibles pour le contrôle, la maintenance, le réglage et l'alignement, la lubrification et le remplacement. Le montage du moteur doit être tel que tous les moyens de fixation puissent être enlevés et les boîtes à bornes atteintes.

Les moteurs doivent être montés de telle façon qu'un refroidissement correct soit assuré, et que leur échauffement reste dans les limites de la classification thermique (voir CEI 34.1).

Si possible, les compartiments-moteurs devront être, propres et secs et, si nécessaire, ventilés directement vers l'extérieur de la machine. Les ouïes de ventilation doivent être telles que la pénétration de copeau, poussière ou projection d'eau soit à un niveau acceptable.

Il ne doit pas y avoir d'ouverture entre le compartiment-moteur et toute autre partie ne satisfaisant pas aux prescriptions du compartiment-moteur. Si une goulotte ou une canalisation circule dans le compartiment moteur à partir d'un autre compartiment sans respecter les prescriptions du compartiment moteur, tout jeu autour de la canalisation doit être étanché.

Les éléments mobiles mus par un(des) moteur(s) qui présentent un danger doivent être munis de protecteurs ou d'enveloppes de façon à réduire le risque.

16.5 Plaques signalétiques des moteurs

Lorsque la plaque signalétique d'un moteur n'est pas clairement visible, une seconde plaque signalétique doit être placée dans un endroit facilement visible au voisinage du moteur.

Une seconde plaque signalétique devra aussi être apposée lorsque les conditions de service ou d'environnement imposent que le moteur ait des caractéristiques différentes.

Lorsque l'inversion de la rotation peut entraîner des conditions dangereuses, une flèche indiquant le sens de rotation doit être fixée à proximité du moteur et être clairement visible.

16.6 Critère de choix

Les caractéristiques des moteurs et du matériel associé doivent être choisies conformément aux conditions de service et d'environnement (voir 4.4). Les paramètres qui doivent être soigneusement pris en compte comprennent:

- le type du moteur;
- le type du cycle en service (voir CEI 34.1);
- le fonctionnement à vitesse fixe ou à vitesse variable et par conséquent l'influence variable de la ventilation;
- la vibration mécanique;
- le type de convertisseur pour la commande de la vitesse du moteur (voir CEI 146);
- le spectre des harmoniques de la tension ou du courant alimentant le moteur (courant alternatif ou courant continu) quand celui-ci est fourni par un convertisseur statique, ce qui a une influence sur l'échauffement;
- la méthode de démarrage et l'influence possible du courant d'appel sur le fonctionnement d'autres utilisateurs, prenant aussi en compte des règlements spéciaux possibles de l'organisme fournissant l'énergie;
- la variation du couple résistant en fonction du temps et de la vitesse;
- l'influence des charges à inertie importante;
- l'influence du couple constant ou du fonctionnement à puissance constante; et
- le besoin éventuel de réactances inductives entre le moteur et le convertisseur.

17 ACCESSOIRES ET ECLAIRAGE

17.1 Accessoires

Lorsque la machine ou son matériel connexe est pourvu de prises de courant pour être utilisées avec du matériel accessoire (par ex. outillage électro portatif et matériel d'essai), les conditions suivantes doivent s'appliquer:

- la tension d'alimentation et le courant nominaux ne doivent pas dépasser 250 V en courant alternatif et 16A;
- elles devraient satisfaire à l'EN 60309-1. Si ce n'est pas possible, elles devraient être clairement marquées en indiquant les valeurs assignées de tension et de courant;

- des précautions doivent être prises afin d'assurer la continuité du circuit de protection (exception voir 6.3 et 6.4);
- tous les conducteurs non reliés à la terre et raccordés à un socle doivent être convenablement protégés contre les surintensités et, si exigé, contre les surcharges conformément aux prescriptions des paragraphes 7.2 et 7.3 indépendamment de la protection des autres circuits;
- lorsque l'alimentation de la prise n'est pas coupée par l'interrupteur général placé sur la machine, il faut appliquer les prescriptions de 5.3.5

17.2 Eclairage individuel de la machine et du matériel

17.2.1 Généralités

Les liaisons avec le circuit de protection doivent être conformes à 8.2.2.

L'interrupteur MARCHE/ARRET ne doit pas se trouver sur la douille ou sur le câble souple d'alimentation.

Les effets stroboscopiques des lampes doivent être évités.

Lorsqu'un éclairage est prévu dans une enveloppe, la compatibilité électromagnétique doit être prise en compte (voir 4.4.1)

17.2.2 Alimentation

Il est recommandé que la tension nominale du circuit d'éclairage n'excède pas 50 V entre conducteurs. Si des tensions supérieures sont utilisées, la valeur ne doit pas dépasser 250 V entre conducteurs.

Les circuits d'éclairage doivent être alimentés par l'une des sources suivantes (voir également 7-5):

- un transformateur de séparation raccordé côté charge du dispositif de sectionnement de l'alimentation. Une protection contre les surintensités doit être prévue au circuit secondaire;
- un transformateur de séparation raccordé côté ligne du dispositif de sectionnement de l'alimentation. Ceci ne doit être admis que pour les circuits d'éclairage de maintenance dans les armoires de commande. Une protection contre les surintensités doit être prévue au circuit secondaire;
- un circuit de machine ayant une protection séparée contre les surintensités;
- un transformateur de séparation raccordé en amont du dispositif de sectionnement de l'alimentation, si des dispositifs séparés de sectionnement au primaire, et une protection contre les surintensités au secondaire, sont livrés dans un boîtier et montés dans l'armoire de commande placée à côté des dispositifs de sectionnement de l'alimentation [voir 5.3.5 et 15.1.3], et
- un circuit d'éclairage alimenté de l'extérieur (par ex alimentation de l'éclairage d'une usine). Ceci est autorisé seulement dans les armoires de commande et pour l'éclairage de travail des machines, si la charge totale du moteur sur la machine ne dépasse pas 3 kW.

17.2.3 Protection

Les circuits d'éclairage local doivent être conformes au 7.2.5.

17.2.4 Raccordement

Le raccordement des luminaires réglables doit être adapté aux conditions d'environnement.

Les douilles doivent être:

- conformes à la publication correspondante de la CEI, et
- en matière isolante enrobant entièrement le culot de l'ampoule de façon à éviter tout contact fortuit.

Les réflecteurs doivent être supportés par l'armature de la lampe et non par la douille.

18 SIGNAUX D'AVERTISSEMENT ET REPERES D'IDENTIFICATION

18.1 Plaques signalétiques, marquages et plaques d'identification

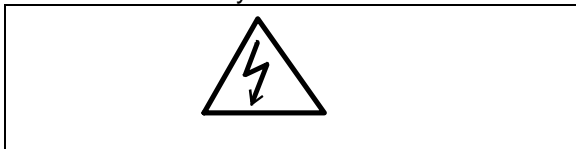
L'équipement électrique doit être marqué avec le nom du fournisseur, sa marque de fabrique ou autre symbole d'identification et, lorsque c'est prescrit, avec la marque de certification. (Des principes de marquage sont à l'étude au TC 44X du CENELEC).

Les plaques signalétiques de moteur doivent être conformes à 16.5.

Les plaques signalétiques, marquages et plaques d'identification doivent être de durabilité suffisante pour supporter les conditions d'environnement prévues.

18.2 Signaux d'avertissement

Les enveloppes qui ne montrent pas clairement qu'elles contiennent des équipements électriques doivent être marquées par un éclair noir sur un fond jaune dans un triangle noir, disposés conformément au symbole graphique 41 7-CEI-5036., le tout conforme au symbole 13 de l'ISO 3864.



Ce signal d'avertissement doit être durablement fixé aux enveloppes de commande électrique qui n'ont pas le dispositif de sectionnement de l'alimentation faisant partie de l'enveloppe:

- ont plus d'un appareil électrique incorporé; et
- n'ont pas de boîte de jonction ou de raccordement

Les signaux d'avertissement doivent être:

- fixés à la porte ou au couvercle de l'enveloppe, et
- visibles distinctement de tout le personnel de conduite.

18.3 Identification fonctionnelle

Les organes de commande, indicateurs visuels et les afficheurs (particulièrement ceux relatifs à des fonctions de sécurité) utilisés dans l'interface homme-machine doivent être clairement et durablement marqués, pour ce qui concerne leurs fonctions, soit sur eux-mêmes soit à proximité. De tels marquages doivent être convenus entre l'utilisateur et le fournisseur de l'équipement (voir annexe B). La préférence devrait être donnée à l'utilisation des symboles normalisés de CEI 417 et ISO 7000.

18.4 Marquage de l'équipement de commande

L'équipement de commande (par ex ensembles d'appareillage) doit être lisible et durablement marqué de manière à être facilement visible par le personnel, une fois installé. Chaque fois que possible, une plaque signalétique donnant les informations suivantes doit être fixée à l'enveloppe:

- nom ou marque de fabrique du fournisseur;
- marque de certification si elle est prescrite;
- numéro de série, si applicable;
- tension assignée, nombre de phases et fréquence (en courant alternatif et courant de pleine charge (pour chaque alimentation s'il y en a plus d'une). (Voir CEI 1082);
- courant assigné du plus gros moteur ou de la plus grande charge;
- pouvoir de coupure en court-circuit du dispositif de protection contre les surintensités de la machine lorsqu'il est fourni comme partie de l'équipement;
- le(s) numéro(s) du schéma électrique ou le numéro de l'indice correspondant aux dessins électriques;

Lorsqu'un seul démarreur de moteur est utilisé, cette indication peut être portée que sur la plaque signalétique de la machine, si elle est clairement visible.

Le courant de pleine charge indiqué sur la plaque signalétique ne doit pas être inférieur à la combinaison des courants de pleine charge de tous les moteurs et des autres matériels qui peuvent être en service en même temps dans les conditions normales d'utilisation. Lorsque des charges exceptionnelles ou des cycles d'emploi nécessitent des conducteurs surcalibrés, la marge nécessaire doit être incluse dans la valeur du courant de pleine charge spécifiée sur la plaque signalétique.

18.5 Marquage des appareils de commande

Tous les appareils de commande et les composants doivent être distinctement identifiés avec le même repérage que celui figurant sur le(s) schéma(s). Cette identification doit être conforme à la CEI 750.

Lorsque la taille ou l'emplacement de l'appareil ne permet pas des repères d'identification individuels, une identification par groupe doit être utilisée.

Les prescriptions de ce paragraphe peuvent ne pas s'appliquer pour les machines dont l'équipement ne comporte qu'un seul moteur, un démarreur pour moteur, un(des) poste(s) de commande à boutons poussoirs et un(des) éclairage(s).

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.

20 ESSAIS

20.1 Généralités

Lorsque l'équipement électrique est complètement raccordé à la machine, il doit être soumis aux essais suivants:

- continuité du circuit de protection équipotentielle (voir 20.2);
- essais de résistance d'isolement (voir 20.3);
- essais diélectriques (voir 20.4);
- protection contre les tensions résiduelles (voir 20.5);
- essais de compatibilité électromagnétique (voir 20.6), et
- essais fonctionnels (voir 20.7).

Lorsque l'équipement électrique est modifié, les exigences de 20.8 s'appliquent

20.2 Continuité du circuit de protection équipotentielle

Le circuit de protection équipotentielle doit être inspecté visuellement pour conformité avec l'article 8 et une vérification du serrage des raccordements des conducteurs de protection équipotentielle doit être effectuée,

De plus, la continuité du circuit de protection équipotentielle doit être vérifiée en y faisant passer un courant d'au moins 10 A à 50 Hz délivré d'une source TBTP (PELV) pour une période d'au moins 10 s. Les essais doivent être faits entre la borne PE (voir 5.2) et les différents points du circuit de protection équipotentielle.

Les tensions mesurées entre la borne PE et les points d'essais ne doivent pas excéder les valeurs données dans le tableau 7.

Tableau 7
Vérification de la continuité du circuit de protection équipotentielle

Section minimale utile du conducteur de protection de la portion en essai (mm ²)	Chute de tension maximale mesurée (V)
1.0	3.3
1.5	2.6
2.5	1.9
4	1.4
> 6	1.0

20.3 Essais de résistance d'isolement

La résistance d'isolement mesurée sous 500 V continu, entre les conducteurs du circuit de puissance et le circuit de protection équipotentielle, ne doit pas être inférieure à 1 Mohm

20.4 Essais diélectriques

L'équipement électrique doit résister à un essai diélectrique appliqué pendant une seconde entre les conducteurs de tous les circuits, à l'exclusion de ceux destinés à fonctionner sous la PELV (TBTP) et le circuit de protection équipotentielle.

La tension d'essai doit:

- avoir une valeur double de la tension d'alimentation nominale, avec un minimum de 1000 V,
- être à une fréquence de 50 Hz, et être délivrée par un transformateur de puissance nominale de 500 VA

Les composants qui ne sont pas calibrés pour supporter cet essai doivent être déconnectés durant l'essai.

20.5 Protection contre les tensions résiduelles

L'essai doit être effectué pour vérifier la conformité avec 633.

20.6 Essais de compatibilité électromagnétique

Les essais doivent être effectués selon la CEI 801. Les niveaux d'interférence utilisés doivent être choisis selon l'environnement dans lequel il est prévu de placer la machine.

Il est reconnu que pour des machines grosses ou complexes (par exemple, plusieurs machines fonctionnant de manière coordonnée) les essais ne peuvent être effectués sur la machine complète. Dans ces cas, ces essais peuvent être effectués sur les sous-ensembles de commande appropriés du système plutôt que sur le système intégré.

20.7 Essais fonctionnels

Les fonctions de l'équipement électrique, particulièrement celles relatives à la sécurité, aux protecteurs et aux dispositifs de protection, doivent être essayées.

20.8 Nouveaux essais

Lorsqu'une partie de la machine et son équipement connexe sont remplacés ou modifiés, cette portion doit être essayée à nouveau conformément aux paragraphes 20.2 à 20.7.

ANNEXE A (Informative)
Exemples de machines couvertes par cette norme

A.1 Les listes suivantes donnent des exemples de machines industrielles et d'autres machines dont l'équipement électrique est couvert par cette norme européenne. La liste 1 donne des exemples de machines dont l'équipement électrique est soit totalement couvert par la présente norme européenne (option 1), soit nécessite des prescriptions complémentaires (option 2). La liste 2 donne des exemples de machines auxquelles la présente norme s'applique parallèlement (option 3). Les options 1, 2 et 3 sont décrites dans le préambule.

Liste 1

Métallurgie

- enlèvement de matière
- formage

Machines pour plastiques et caoutchouc

- machine de moulage par injection
- machine d'extrusion
- rancunes d'extrusion - soudage
- rancunes de moulage thermoformage
- machine de thermorétraction

Machines à bois

- machine de travail du bois
- machine de laminage
- machines de scierie

Machine d'assemblage

Machines de manutention

- robots
- convoyeurs
- machines transfert
- stockage et déstockage

Machines d'inspection/contrôle

- machines de mesures coordonnées
- machines de contrôle dimensionnel en cours de fabrication

Emballage

- palettiseurs/dépalettiseurs
- fardeleuses et machines d'emballage sous film thermorétractable.

Alimentaire

- broyeurs
- malaxeurs
- machines à tartes
- équipements de boulangers
- machines à viande
- machines à lameller

Impression, papier et carton

- machines à imprimer
- machines de finition, de pliage, guillotine
- relieuses
- machines à tambour ou cisailage
- colleuses
- machines à papier et carton

Machines de tannerie

- machines à rouleaux multiples
- machines à couteaux

- machines hydrauliques de tannage

Machines pour articles en cuir ou imitation cuir et pour chaussures

- machines à découper, et à emboutir
- machines à dégrossir, à découper, à polir, à ébarber et à broser
- machines à cirer les chaussures
- machines de vieillissement

Machines textiles

Machines de nettoyage

Machines de matériaux de construction

- tunneliers
- bétonnières
- machines à briques
- machines à pierre, céramique et verre

Compresseurs

Pompes

Machines pour mines et carrières

Machines de réfrigération et d'air conditionné

Machines de chauffage et de ventilation

Machines de levage

- grues
- treuils

Machines pour le travail de métal chaud

Machines de loisirs

- manèges

Liste 2

Machines mobiles

- machines agricoles et forestières
- machines de levage et plateformes
- camions à fourche
- machines de construction

Machines pour le transport des personnes

- escaliers mécaniques
- machines à câbles pour le transport des personnes, par exemple télésièges, téléskis
- ascenseurs

Machines portables

- machines à bois
- machines à métaux

Machines domestiques

ANNEXE B (Informative)
Questionnaire concernant l'équipement électrique des machines

Les renseignements ci-dessous sont fournis par l'utilisateur final de l'équipement pour garantir une conception, une application et une utilisation correctes de l'équipement électrique de la machine.

Nom du fabricant/fournisseur

Nom de l'utilisateur final

Numéro de l'offre /commandeDate

Type de machine/numéro de série.....

1 - Y a-t-il des modifications à venir, comme c'est autorisé dans cette norme ?

OUI..... NON.....

Conditions de fonctionnement - Conditions spéciales.(4.4)

2 - Gamme de température ambiante

3 - Gamme d'humidité

4 - Altitude

5 - Environnement (par ex. atmosphères corrosives, particules, EMC)

6 -Rayonnement.....

7 - Vibrations, chocs

8 - Exigences particulières concernant l'installation et le fonctionnement

Alimentation et conditions connexes (4.3)

9 - Variations probables de tension (si elles sont supérieures à $\pm 10\%$)

10 -Variations probables de la fréquence (si elles sont supérieures à celles de 4.3.1)

Spécification de la valeur sur une courte période

11 -Indiquez les modifications envisageables de l'équipement électrique qui nécessiteront une augmentation des ressources en alimentation électrique

12 -Pour chacune des sources d'alimentation requises indiquez:

Tension nominale (V)..... AlternatifContinu .

En cas de courant alternatif nombre de phases..... Fréquence (Hz)

13 -Schéma des liaisons à la terre du réseau d'alimentation

- TN Schéma dans lequel un point est directement relié à la terre, le conducteur de protection (PE) étant relié à ce point.....

- TT Schéma dans lequel un point est directement relié à la terre, mais le conducteur de protection (PE) n'étant pas relié à ce point

- IT Schéma dans lequel aucun point n'est relié à la terre

14 -L'équipement électrique doit-il être relié à un conducteur neutre (N) de l'alimentation (5.1) ?

OUI NON

15-L'utilisateur ou le fournisseur fournit - t'il la protection de surintensité des conducteurs d'alimentation (7.2.1).....

Type et calibrage des dispositifs de protection de surintensité

16 -Appareil de sectionnement de l'alimentation

- le sectionnement du conducteur neutre (N) est il obligatoire ?

OUI NON.....

- une liaison au neutre (N) est elle permise ?

OUI NON.....

17 -Type d'appareil de sectionnement à fournir ?.....

18 -Puissance au-dessous de laquelle les moteurs triphasés à cage peuvent être démarrés directementkW

19 -Le nombre de dispositifs de surcharge d'un moteur triphasé peut-il être réduit à 2 ? (7.3)

OUI NON.....

20 -Si la machine est équipée d'un éclairage individuel

- quelle est la tension maximale permise ?V

- Si le circuit d'éclairage n'est pas raccordé directement au réseau, quelle est la tension préférentielle ?V

Autres aspects:

21 -Identification fonctionnelle (18.3)

22 -Inscription/marquages spéciaux.....

23 -Marque de certification OUI NON.....

Si oui, laquelle?

Sur l'équipement électrique ?

En quelle langue?

24 -Documentation technique (19.1)

Sur quel supportEn quelle langue ?

25 -Taille, position et but des canalisations, tablettes, ou supports de câbles à fournir par l'utilisateur (19.5)
(fournir des feuilles supplémentaires si nécessaire)

.....

26-Pour quelles personnes suivantes l'accès aux zones dangereuses est-il nécessaire à l'intérieur des enveloppes pendant le fonctionnement normal de l'équipement ?

- Personnes qualifiées

- Personnes averties

27 -Faut il fournir des fermetures à clé amovible pour verrouiller les portes et couvercles ?.....

28 -S'il y a commande bimanuelle, spécifier le type:

.....

Si elle est de type 3. spécifier le laps de temps autorisé pour actionner chaque paire de boutons-poussoirs (0,5 s maximum).....

29 -Limitations particulières de dimensions ou de masse pour le transport à pied d'oeuvre des machines, ou des ensembles d'appareillage ?

Si oui, indiquez:

- dimensions maximales

- masse maximale

30 -Si la machine doit pouvoir répéter fréquemment son cycle de fonctionnement sous l'action de l'opérateur, indiquez la fréquence maintenue de ces répétitions en nombre de cycles par heure.....

31 -Pendant combien de minutes cette fréquence maximale de répétition de cycles peut elle être maintenue sans interruption ?min.

32 -Pour les machines d'exécution spéciale, y a-t-il lieu de fournir un certificat d'essai de type en fonctionnement de la machine essayée en charge ?

OUI NON

33 -Dans les autres cas, y a-t-il lieu de fournir un certificat d'essai de type de fonctionnement réalisé sur une machine témoin identique essayée en charge ?

OUI NON

ANNEXE C (Informative)

Courant maximal admissible et protection contre les surintensités des câbles dans les équipements électriques des machines

Le but de cette annexe est de donner des informations supplémentaires pour choisir la dimension des conducteurs quand les conditions données au tableau 5 (voir article 14) doivent être modifiées (voir notes du tableau 5).

C.1 Considérations générales

C.1.1 Température de l'air ambiant

Le courant maximal admissible selon le tableau 5 se rapporte, pour des câbles isolés en PVC, à une température de l'air ambiant de 40°C. Pour d'autres températures ambiantes, l'installateur doit corriger les valeurs par les facteurs donnés dans le tableau C.1 suivant

Tableau C.1
Facteurs de correction

Température de l'air ambiant (°C)	Facteurs de correction
30	1.15
35	1.03
40	1
45	0.91
50	0.82
55	0.71
60	0.58
NOTE: Ces facteurs sont dérivés de ceux indiqués dans la CEI 364-5-523, tableau 52.D1	

C.1.2 Méthodes d'installation

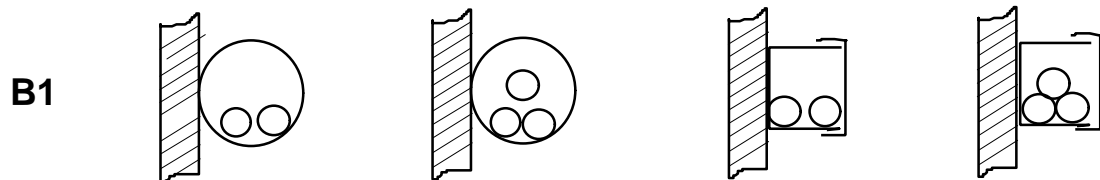
Dans les machines, les méthodes suivantes d'installation entre les enveloppes et les éléments individuels sont supposées typiques (les lettres utilisées sont conformes à CEI 364-5-523, voir aussi figure C.1).

Méthode B1 Utilisation de conduits (3.8) ou de systèmes de goulottes (3.5) pour supporter et protéger les conducteurs (câbles à un seul conducteur);

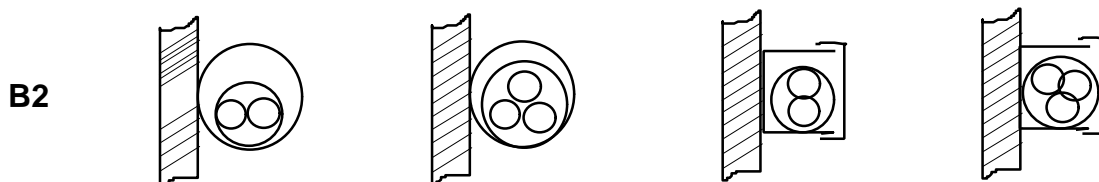
Méthode B2 Comme B1, mais avec des câbles multiconducteurs;

Méthode C Câbles fixés sur les murs sans canalisations ni conduits;

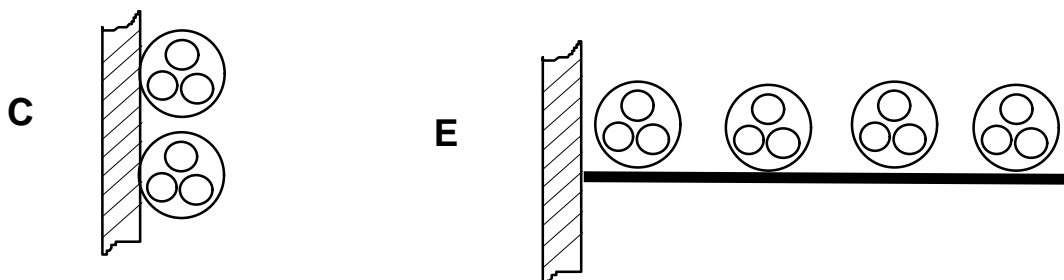
Méthode E Câbles sur chemin des tablettes horizontales ou verticales (3,4);



Conducteurs dans un conduit ou dans des systèmes de goulottes



Câbles dans des conduits et dans des systèmes de goulottes.



Câbles fixés sur les murs et sur des chemins de câbles.

Figure C1
Méthodes d'installation des conducteurs et des câbles

C.1.3 Groupage

Les valeurs de courant maximal admissible du tableau 5 sont basées sur:

- un câble triphasé en charge, pour les sections de 0,75 mm² et plus;
- une paire en charge (de 2 conducteurs) pour les circuits de commande en courant continu, pour les sections comprises entre 0,2 mm² et 0,75 mm².

Quand un plus grand nombre de câbles ou de paires en charge est installé, attribuer aux valeurs du tableau 5 les coefficients de réduction des tableaux C.2 et C.3 ci-après.

Tableau C2
Facteur de réduction pour groupage

Méthode d'installation {voir figure C.1)	Nombre de câbles/paires en charge			
	2	4	6	9
Câble alternatif triphasé (1)				
B1 et B2	0.80	0.65	0.57	0.5
C	0.85	0.75	0.72	0.7
E - Couche unique	0.87	0.78	0.75	0.73
E - Couche multiple	0.86	0.76	0.72	0.68
Paire courant continu (indépendant de la méthode) (2)	1.0	0.76	0.64	0.43
1) - Facteurs dérivés de ceux donnés dans CEI 364 -5-523 et CEI 287.				
2) - Facteurs dérivés de DIN-VDE 0891 -Tableau 1				

Tableau C.3
Facteurs de réduction pour les câbles multiconducteurs jusqu'à 10 mm²

Nombre de conducteurs/paires en charge	Alternatif (conducteur > 1 mm ²) (1)	Continu (paires - 0,2 à 0,75 mm ²)
5	0.75	0.52
7	0.65	0.46
10	0.55	0.39
24	0.40	0.27

Dans la pratique, les conducteurs des circuits de commande ne nécessitent pas de réduction
 1) - Facteurs dérivés de CEI 364-5-523
 2) - Facteurs dérivés de DIN-VDE 0891, Partie 1 (04.88)

C.1.4 Correction pour l'isolation des conducteurs

Si les câbles utilisent des matériaux autres que le PVC, les valeurs du tableau 5 doivent être corrigées par les facteurs du tableau C.4

Tableau C.4
Facteurs de correction pour les isolants

Matériau isolant	Température de fonctionnement maximale	Coefficient
PVC	70	1.0
Caoutchouc (naturel ou synthétique)	60	0.92
EPR	90	1.13
Caoutchouc siliconé	120	1.60

NOTE: Dérivés de CEI 724 (1984) et 20A (Sec) 54.

C.1.5 Classification des conducteurs

Tableau C.5 Classification des conducteurs

Classe	Description	Usage/Application
1	Conducteur rigide de section droite circulaire, en cuivre ou en aluminium jusqu'à 16 mm ²	Uniquement pour installations fixes sans vibrations
2	Conducteur composé d'un nombre minimal de brins, en cuivre ou en aluminium normalement > 25 mm ²	
3	Conducteur en cuivre composé de nombreux brins fins	Installation de machine avec vibrations: liaison aux pièces mobiles
4	Conducteur en cuivre composé de nombreux brins très fins	Mouvements fréquents

NOTE: Dérivé de CEI 228 et 228A

C.2 Applications en usage intermittent

Pour les utilisations en régime périodique et intermittent où il y a de fréquents démarrages moteur, il faut calculer le courant efficace thermique pour voir si ce courant efficace, I_n , dépasse le courant de régime permanent, I_b . Au cas où $I_q > I_b$, I_q devrait être utilisé à la place de I_b pour le choix du câble et l'adéquation avec la protection de surintensité. I_q peut être calculé comme suit: $I_q = [\sqrt{I_i^2 \times t_i + I_b^2 \times t_b}] / t_s$

I_q courant thermique équivalent, en ampères;
 I_j courant d'appel au démarrage, en ampères;
 I_b courant en régime permanent à pleine charge, en ampères;
 t_j durée de présence du courant d'appel, en secondes;
 t_b durée d'utilisation en charge, en secondes, et

ts durée de cycle opératoire, en secondes.

C.3 Coordination entre les conducteurs et les dispositifs protecteurs

C.3.1 Dans tous les cas, les relations suivantes existent:

Ib In, et Ib Iz

avec:

In courant nominal ou courant de réglage, en ampères, du dispositif de protection contre les surintensités

Iz courant effectif maximal admissible, en ampères, d'un câble en régime continu dans les conditions d'installation particulières de l'installation concernée.

C.3.2 Lorsque le dispositif de protection contre les surintensités doit assurer la protection contre les surcharges, les relations suivantes doivent être vérifiées

Ib In Iz

I2 1,45 Iz

où I2 est le courant minimal (en ampères) qui, s'il est maintenu pendant une heure, entraînera l'ouverture du circuit par le dispositif de protection.

C.3.3. Lorsque le dispositif de protection contre les surintensités ne doit assurer que la protection contre les courts-circuits

In peut être plus grand que I2, et
I2 peut être plus grand que 1,45 Iz.

Toutefois, on doit se rappeler que plus In est élevé, en comparaison à Iz, plus on peut dépasser la température maximale de court-circuit du conducteur, en cas de court-circuit. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des conducteurs plus petits, de taille inférieure à 16 mm. Pour les calculs, voir C.4.

C.4 Protection des conducteurs contre les surintensités

Tous les conducteurs doivent être protégés contre les surintensités (voir 7.2) par des dispositifs de protection insérés dans tous les conducteurs actifs de façon telle que tout courant de court-circuit traversant un câble soit interrompu avant que le conducteur n'ait pu atteindre une température dangereuse (voir tableau 4). Par exemple pour les conducteurs isolés en PVC, et ayant une température en régime normal de 70°C, la température du conducteur passe de 70°C à 160°C, en moins de 5 s lorsque le courant de court-circuit traverse ce conducteur.

NOTE: Pour le conducteur neutre voir 7.2 deuxième paragraphe

En pratique l'exigence du 7.2 est satisfaite si le dispositif de protection, pour un courant I, interrompt le circuit en un temps total de coupure qui, en aucun cas, ne dépasse le temps t.

La valeur du temps t doit être calculée par la formule: $t = (K \times S)^2 / I^2$

où:

S - section droite en mm²

I - courant effectif de court-circuit, en ampères, exprimé, pour l'alternatif, en valeur efficace.

K - facteur applicable aux conducteurs en cuivre, selon l'isolation

PVC 115

Caoutchouc 141

Caoutchouc silicone 132

PER/XUE 143

L'usage de fusibles avec des caractéristiques gG ou gM (voir CEI 269-1), et de disjoncteurs avec les caractéristiques B et C selon la CEI 898 garantissent la conformité à cette exigence. Ceci s'applique si le courant assigné, In, est choisi selon le tableau 5 avec In Iz (voir 14.4).

ANNEXE D non utilisée
INDEXnon utilisé