

4.9 Protection contre les contraintes environnementales

Le fabricant doit spécifier les conditions de service suivantes en ce qui concerne le fonctionnement, le stockage et le transport:

- température du liquide de refroidissement (min./max.);
- température ambiante (min./max.);
- humidité (min./max.);
- *degré de pollution*;
- vibration;
- résistance au rayonnement UV;
- *OVC (catégorie de surtension)*;
- altitude pour l'aspect thermique, si la caractéristique assignée de fonctionnement est supérieure à 1 000 m; et
- altitude pour les aspects de coordination de l'*isolation*, si la caractéristique assignée de fonctionnement est supérieure à 2 000 m.

NOTE Les catégories environnementales spécifiées dans l'IEC 60721 (toutes les parties) peuvent être utilisées le cas échéant.

Le fabricant doit spécifier la condition environnementale de service pour le *PECS* selon le Tableau 18.

Lorsque le *PECS* satisfait aux exigences du présent document uniquement aux conditions supérieures aux valeurs minimales ou inférieures aux valeurs maximales données dans le Tableau 18, ceci doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur. Les conditions particulières doivent être identifiées dans la documentation et sur le produit, comme cela est spécifié en 6.3.3.

Tableau 18 – Conditions environnementales de service

Condition	A l'intérieur avec condition	A l'intérieur sans condition	A l'extérieur sans condition
Norme	IEC 60721-3-3:1994, IEC 60721-3-3:1994/AMD1:1995 et IEC 60721-3-3:1994/AMD2:1996		IEC 60721-3-4:1995 et IEC 60721-3-4:1995/AMD1:1996
Climatique	Classe 3K2	Classe 3K3	Classe 4K6
Basse température	+15 °C	+5 °C	-20 °C
Haute température	30 °C	40 °C	55 °C
Faible humidité	10 % HR	5 % HR	4 % HR
Forte humidité	75 % HR	85 % HR	100 % HR
Condensation	Non admise	Non admise	Admise
Degré de pollution	2	3 ^b	4 ^c
Condition d'humidité de la peau ^d	Sèche	Humide ^a	Humide salée ^a
Substances chimiquement actives	Classe 3C1 (pas de brouillard salin)	Classe 3C1 (pas de brouillard salin)	Classe 4C2 (brouillard salin) ^a
Substances mécaniquement actives	Classe 3S1 (aucune exigence)	Classe 3S1 (aucune exigence)	Classe 4S2 (poussière et sable)
Mécanique	Classe 3M1 (vibration: 1 m/s ²)	Classe 3M1 (vibration: 1 m/s ²)	Classe 4M1 (vibration: 1 m/s ²)
Biologique	Classe 3B1 (aucune exigence)	Classe 3B1 (aucune exigence)	Classe 4B2 (moisissure/champignons/rongeurs/termites)
Résistance au rayonnement UV	Pas d'exigence	Pas d'exigence	4.12.8
^a Lorsqu'il est certain que le PECS ne sera pas utilisé dans une atmosphère humide ou de brouillard salin, le fabricant peut choisir d'assigner des caractéristiques au PECS qui correspondent à une condition moins sévère. Dans ce cas, les caractéristiques assignées doivent être indiquées dans la documentation selon 6.3.3. ^b Le degré de pollution 2 peut être assuré si les conditions du 4.4.7.1.3 sont remplies. ^c Le degré de pollution 2 ou 3 peut être assuré si l'enveloppe procure une protection suffisante contre la pollution conductrice et si les conditions du 4.4.7.1.3 sont remplies. ^d Cette exigence est ajoutée au présent tableau en raison de l'interaction des utilisateurs avec le PECS afin de choisir la DVC As applicable. Par exemple, la peau sèche de la main devient humide en cas de contact avec un PECS humide.			

La conformité est vérifiée par l'essai décrit en 5.2.6.

4.10 Protection contre les dangers dus au bruit acoustique excessif

Le PECS doit assurer une protection contre le bruit excessif. Les essais de conformité sont réalisés si le PECS est susceptible d'engendrer ce type de danger.

Si la pression acoustique, en dehors des alarmes, dépasse 70 dBA, la documentation doit fournir des informations sur le niveau de bruit du PECS.

La conformité est vérifiée par *inspection visuelle* à 5.2.1, mesures et calcul du niveau de pression acoustique maximal conformément à l'ISO 3746:2010 ou à l'ISO 9614-1:1993.

Pour le marquage, voir 6.4.1.

4.11 Câblage et raccordements

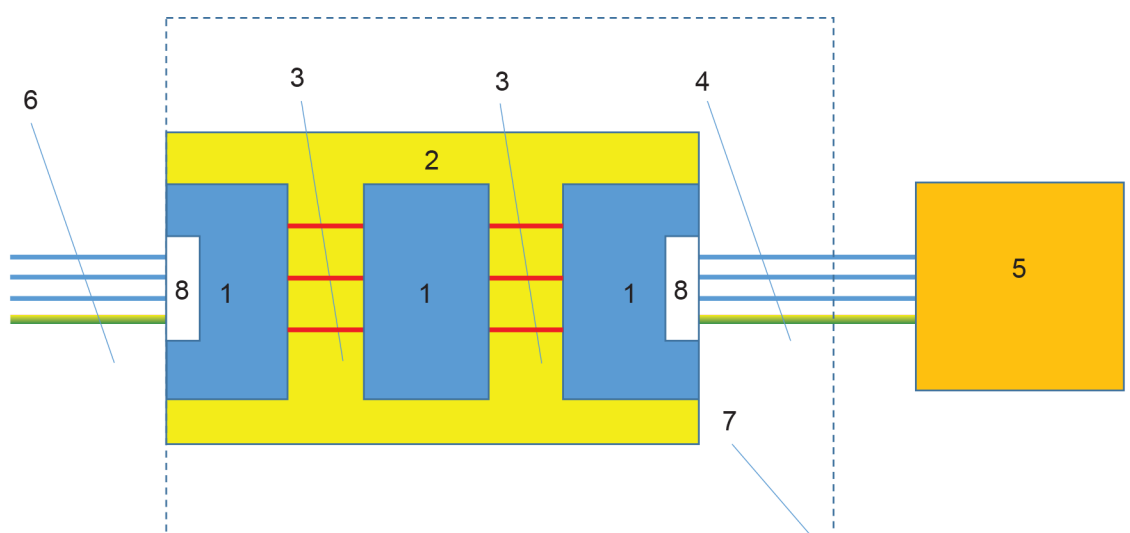
4.11.1 Généralités

Le câblage et les interconnexions des *PECS* et de leurs parties doivent être protégés contre les dommages mécaniques pendant l'installation et l'utilisation. L'*isolation*, les gaines de protection, les conducteurs et le cheminement de tous les fils électriques du *PECS* doivent être adaptés aux conditions d'utilisation électriques, mécaniques, thermiques et environnementales.

Les conducteurs qui peuvent se toucher doivent posséder un niveau d'*isolation* répondant aux exigences de la *DVC* des circuits correspondants selon le Tableau 3.

La conformité au 4.11.2 et jusqu'au 4.11.11 doit être vérifiée par *inspection visuelle* en 5.2.1 de toute la construction et de toutes les fiches techniques, le cas échéant.

Un exemple d'interconnexions au sein d'un *PECS* et entre ses parties est représenté à la Figure 10.



IEC

Légende

1	partie 1 à <i>n</i> du <i>PECS</i>	5	charge
2	<i>conversion de puissance</i> du <i>PECS</i>	6	<i>installation</i>
3	interconnexion interne du <i>PECS</i>	7	<i>PECS</i>
4	interconnexion entre les parties du <i>PECS</i>	8	<i>Bornes de câblage</i>

**Figure 10 – Exemple d'interconnexions
au sein d'un *PECS* relié en permanence et entre ses parties**

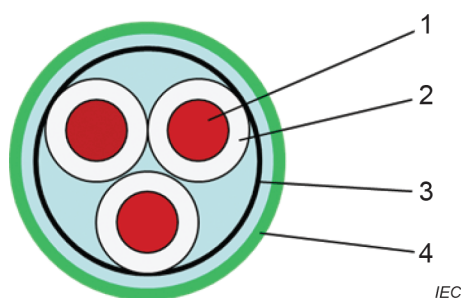
4.11.2 Isolation des conducteurs

4.11.2.1 Généralités

Les conducteurs doivent fournir une *isolation* conforme aux exigences du présent document. Cela peut être réalisé soit par *distance d'isolement* et *ligne de fuite*, soit par *isolation solide*.

Les conducteurs non isolés, par exemple les jeux de barres, doivent satisfaire aux exigences appropriées en matière de *distance d'isolement* et de *ligne de fuite* à l'intérieur du circuit et par rapport aux autres circuits pour la *DVC* de la tension concernée, selon le Tableau 8 et le Tableau 9.

Un exemple de câble comme dispositif de conducteurs isolés est représenté à la Figure 11.



Légende

- 1 conducteur
- 2 *isolation* du conducteur (*protection principale*)
- 3 écran (facultatif)
- 4 gaine non métallique du câble (*protection en cas de défaut*)

Figure 11 – Exemple de câble comme dispositif de conducteurs isolés

Les normes de produits des câbles ne spécifient pas la capacité de *tension de tenue aux chocs* ni la capacité de tenue aux décharges partielles.

Toutefois, il est entendu pour le présent document que la combinaison de l'*isolation* des conducteurs individuels et de la gaine non métallique du câble fournit une *protection renforcée* selon le Tableau 3 si le câble satisfait aux exigences suivantes:

- a) le câble est conforme à une norme de produits de câble applicable;
- b) la tension assignée du conducteur ou du câble isolé doit être supérieure ou égale à la tension assignée dans le circuit et par rapport aux autres circuits; et
- c) la tension d'essai des conducteurs isolés doit être conforme aux exigences applicables du Tableau 28 ou du Tableau 29.

NOTE 1 L'essai de *tension de tenue aux chocs* et l'essai de décharge partielle ne sont en général pas exigés, sauf lorsque les câbles font partie d'une *protection renforcée* au sein d'un *composant* ou d'un sous-ensemble, et qu'ils sont de fait limités à la région située entre les deux DVC différentes.

L'*isolation* du conducteur est considérée comme une *protection principale* et la gaine non métallique est considérée comme une *protection en cas de défaut*.

NOTE 2 Pour plus d'informations, voir l'IEC 60364-4-41:2005 et l'IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017, 412.2.4.

4.11.2.2 Système de câblage accessible

Les systèmes de câblage *accessibles* à l'extérieur de l'*enveloppe* sont considérés comme satisfaisant aux exigences des barrières ou de l'*enveloppe* selon 4.4.3.3 pour le PECS si une protection mécanique adéquate du conducteur isolé est assurée par un ou plusieurs des moyens suivants:

- a) une gaine non métallique du câble, à condition que les exigences du 4.11.2 soient respectées; ou
- b) un conducteur isolé qui fournit une *isolation principale* avec
 - 1) un conduit de câble non métallique conforme à l'IEC 61084 (toutes les parties);
 - 2) un conduit non métallique conforme à l'IEC 61386 (toutes les parties) ou équivalent;

- 3) un conduit ou une canalisation de câble métallique, à condition que les parties métalliques soient connectées au *système* de liaison équipotentielle et qu'elles soient conformes au 4.4.4.2.2; ou
- 4) un conducteur isolé conforme à une norme de produits de conducteur isolé applicable, qui fournit une *isolation renforcée*.

4.11.2.3 Conducteurs de circuits différents

Les conducteurs de circuits différents dans un câble multiconducteur ou qui occupent le même conduit (par exemple canalisation, *système* de goulottes) doivent être protégés de manière adéquate contre tous les autres conducteurs conformément au Tableau 3, ou tous les conducteurs doivent être protégés selon la plus haute tension concernée.

Si l'*isolation* repose sur la *distance d'isolement* et la *ligne de fuite*, des moyens doivent être prévus pour assurer la séparation des conducteurs.

4.11.3 Câbles multibrins

Les points de raccordement prévus doivent être disposés de façon appropriée pour interdire toute possibilité de brins de fil libres réduisant l'espacement entre les conducteurs lorsque l'installation est effectuée avec la plus grande attention.

Lorsque des câbles multibrins ou des écrans multibrins de fil blindé sont connectés à une vis de serrage, à une borne ou à un autre moyen de connexion, la construction doit être telle que les brins de fil libres satisfassent aux exigences du 4.4.7.4 et du 4.4.7.5 concernant:

- les autres *parties actives* non isolées qui n'ont pas toujours le même potentiel que le fil; ou
- les parties métalliques conductrices non *mises à la terre de protection*.

4.11.4 Cheminement et serrage

Le perçage dans la paroi en tôle de l'*enveloppe* du PECS par lequel passent les fils isolés doit posséder un manchon ou œillet lisse et bien arrondi ou doit avoir une surface lisse et bien arrondie là où reposent les câbles, pour réduire tout risque d'abrasion de l'*isolation*.

Le cheminement du câblage doit éviter tous bords vifs, filetages, bavures, ailettes, parties mobiles, tiroirs et parties similaires qui abrasent l'*isolation* des fils. Le rayon de courbure minimal spécifié par le fabricant de câbles ne doit pas être dépassé.

Les bords des étriers et guides fils, métalliques ou non, utilisés pour le cheminement du câblage interne et externe fixe doivent être lisses et arrondis. L'action de blocage et la surface d'appui doivent être telles que tout frottement ou tout fluage à froid de l'*isolation* soit impossible. Si des étriers en métal sont utilisés pour des conducteurs dont l'*isolation* thermoplastique est d'épaisseur inférieure à 0,8 mm, une protection mécanique non conductrice doit être prévue.

La conformité est vérifiée par *inspection visuelle* à 5.2.1.

4.11.5 Identification des conducteurs et des bornes

Lorsque l'identification des conducteurs internes, des bornes et des *bornes de câblage sur site* est jugée nécessaire pour assurer la sécurité pendant l'installation et/ou la maintenance, il incombe au fabricant du PECS de choisir la méthode appropriée. Des recommandations sont données dans l'IEC 60445:2021 et l'IEC 61148:2011.

Lorsqu'elle est utilisée, l'identification par couleur doit s'effectuer au niveau des terminaisons et de préférence sur toute la longueur du conducteur, soit par la couleur de l'*isolation*, soit par des marqueurs de couleur, sauf pour les conducteurs nus dont l'identification par couleur doit s'effectuer aux points de terminaison et de connexion.

Lorsque l'identification par couleur est utilisée, la couleur vert-jaune doit être utilisée pour la *liaison équipotentielle de protection* ou pour le ou les *conducteurs de mise à la terre de protection*. La couleur vert-jaune ne doit pas être utilisée à d'autres fins. Lorsqu'un circuit comprend un neutre identifié par couleur, la couleur utilisée à cet effet doit être "bleu clair".

Le choix du bleu clair pour le conducteur neutre et du vert ou du vert-jaune pour la *liaison équipotentielle de protection* ou le ou les *conducteurs de mise à la terre de protection* est couvert par les réglementations nationales. Dans certains pays, le code couleur s'écarte de l'exigence susmentionnée ou admet d'autres alternatives.

NOTE Aux Etats-Unis et au Canada, la couleur blanche au lieu du bleu clair est utilisée pour le conducteur neutre. La couleur verte au lieu du vert-jaune est utilisée pour le *conducteur de mise à la terre de protection*.

Pour les conducteurs isolés qui sont intégrés à un câble ruban ou à un câble de signal multibrin et uniquement identifiés par la couleur, l'utilisation des couleurs simples "vert", "jaune" et "bleu" est admise; toutefois, le fabricant doit fournir des informations et/ou un ou plusieurs marquages qui indiquent clairement la signification du code couleur. Cela doit également permettre d'éviter les erreurs d'identification avec les *systèmes* de mise à la terre et autres qui peuvent utiliser ces couleurs de façon classique.

4.11.6 Epissures et raccordements

Toutes les épissures et tous les raccordements doivent être assurés mécaniquement et doivent assurer la continuité électrique.

Les connexions électriques doivent être brasées, soudées, serties ou effectuées de façon sûre. Un joint soudé, autre qu'un *composant* sur une carte à circuit imprimé doit, de plus, être sécurisé mécaniquement.

Les câbles multibrins ne doivent pas être brasés lorsqu'ils sont fixés à une borne qui dépend de la pression de contact.

Lorsque des connexions sont effectuées au moyen de bornes à vis, les connexions résultantes peuvent nécessiter un entretien périodique (serrage).

Une référence appropriée doit être donnée dans la documentation.

Pour le marquage, voir 6.3.7.4.2.

4.11.7 Connexions accessibles

En plus des moyens prévus en 4.4.2.5, il doit être assuré que ni une erreur d'insertion ni une inversion de polarité des connecteurs ne peuvent conduire à une tension sur une connexion accessible supérieure à la valeur maximale de la *DVC As*, à moins que tous les circuits qui alimentent cette connexion ne satisfassent aux exigences de *condition de premier défaut* du Tableau 5 et à toutes les exigences du 4.5.1.2.

Si le *PECS* est conçu pour être alimenté uniquement à des tensions qui ne dépassent pas la *DVC As* en conditions normales de fonctionnement ou en *conditions de premier défaut*, ou à partir d'une source exclusivement utilisée pour alimenter ce *PECS*, les fiches du cordon d'alimentation ne doivent pas s'insérer dans les prises de courant des *systèmes* d'alimentation *réseau* à des tensions supérieures à la tension d'alimentation assignée du *PECS*.

NOTE L'IEC TR 60083:2015 fournit des informations sur les prises des *systèmes* d'alimentation *réseau*.

Les prises de courant *réseau* normalisées ne doivent pas être utilisées à d'autres fins que la connexion d'un *réseau*. Cela s'applique, par exemple, aux sous-ensembles enfichables ou autres dispositifs enfichables qui peuvent être branchés sans l'aide d'un outil ou d'une clé ou qui sont *accessibles* sans utiliser d'outil ou de clé. Cela ne s'applique pas au *PECS* destiné à être installé dans des *zones d'accès limité*.

Si les broches de la fiche d'un *PECS* connecté par cordon reçoivent une charge d'un condensateur interne, celles-ci doivent être examinées selon 4.4.2.5 et 4.4.9.

Un essai selon 5.2.3.8 doit être effectué, si nécessaire.

Un marquage est exigé sur le *PECS* équipé de prises de courant:

- a) si la prise de courant peut accepter une fiche *réseau* normalisée, le marquage doit être tel que spécifié en 6.3.7.5; ou
- b) si la prise de courant a une borne de contact pour un *conducteur de mise à la terre de protection*, la connexion d'entrée du *réseau* au *PECS* doit comprendre un *conducteur de mise à la terre de protection* connecté à une borne de *conducteur de mise à la terre de protection*.

S'il y a lieu, la non-interchangeabilité et la protection contre l'inversion de polarité des connecteurs et des prises doivent être confirmées par *inspection visuelle* à 5.2.1 ainsi que par des essais d'insertion.

4.11.8 Interconnexions entre les parties du *PECS*

Il doit être tenu compte de la tension et du courant assignés du ou des circuits ainsi que de la température de l'environnement pour le câblage entre les parties du *PECS* complet. Toutes les sections du *PECS* doivent satisfaire à l'une des exigences suivantes:

- paragraphes 4.11.2 à 4.11.11 applicables;
- IEC 60364 (toutes les parties); ou
- règles d'*installation* locales.

NOTE 1 L'IEC 60364-5-52:2009 fournit des informations relatives au courant assigné des conducteurs, compte tenu de la température ambiante, de la méthode d'*installation*, du type de câble, du matériau du conducteur et de l'*isolation*.

Les assemblages de câbles et les cordons flexibles fournis pour l'interconnexion entre les parties d'un *PECS* ou entre les parties d'un *système* doivent être adaptés aux conditions d'utilisation électriques, mécaniques, thermiques et environnementales, en tenant compte du 4.4.7 et du 4.9. Pour les *PECS* sous enveloppe, les câbles doivent être protégés des dommages physiques dès qu'ils sortent de l'*enveloppe* et ils doivent être fournis avec des supports d'attache mécaniques conformes au 4.12.6.

Le mauvais alignement des connecteurs mâles et femelles, l'insertion d'un connecteur multipoint mâle dans un connecteur femelle autre que celui destiné à le recevoir et d'autres manipulations de *parties accessibles* ne doivent pas provoquer de dommages mécaniques ou de risques de dangers thermiques, de chocs électriques ou de blessures.

Lorsque des câbles externes d'interconnexion sont terminés par une fiche qui se branche sur une prise située sur une surface externe de l'*enveloppe*, il ne doit pas y avoir de risque de choc électrique au niveau de la *partie accessible* des contacts, ni sur la fiche, ni sur la prise, lors de la déconnexion. Les exigences relatives à l'interconnexion externe de la *DVC A*s et de la *DVC B* sont indiquées en 4.4.2.5.

Pour l'interconnexion interne, aucune exigence n'est spécifiée.

NOTE 2 Un circuit asservi au câble, qui met *hors tension* la *partie accessible* des contacts lorsque le câble est déconnecté satisfait à ces exigences.

NOTE 3 Pour plus d'informations, voir l'IEC 60204-1:2016.

4.11.9 Raccordement de l'alimentation

4.11.9.1 Généralités

Un *PECS* prévu pour être *relié en permanence* au *réseau* ou à une *alimentation non raccordée directement au réseau* doit disposer d'un moyen de connexion au *système* de câblage applicable conforme aux exigences du site d'*installation*.

4.11.9.2 Cordons d'alimentation réseau

NOTE Les exigences sont issues de l'IEC 61010-1:2010, 6.10.1.

Les exigences suivantes s'appliquent aux cordons d'alimentation *réseau* non détachables et aux cordons d'alimentation *réseau* détachables fournis avec le *PECS*.

Les cordons doivent être conformes au 4.11, le cas échéant, et être assignés pour le courant maximal du *PECS*.

Si un cordon est susceptible d'entrer en contact avec des parties externes chaudes du *PECS*, il doit être constitué d'un matériau résistant à la chaleur.

Si le cordon est détachable, le cordon et le socle de connecteur doivent tous deux avoir des températures assignées adéquates.

L'identification des conducteurs et des bornes doit être conforme au 4.11.5.

Les cordons d'alimentation *réseau* détachables avec connecteurs *réseau* conformes aux parties applicables de l'IEC 60320 (toutes les parties) doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 60799:2018, ou doivent être assignés au moins pour le courant assigné du connecteur *réseau* monté sur le cordon.

La Figure 12 explique la terminologie relative aux cordons d'alimentation *réseau*.

4.11.9.2.1.3 Fiches et connecteurs

Les fiches et connecteurs pour la connexion du *PECS* au *réseau*, y compris les connecteurs utilisés pour connecter les cordons d'alimentation *réseau* détachables, doivent être conformes aux spécifications applicables aux prises de courant et aux connecteurs et doivent être conformes au 4.11.7.

4.11.10 Bornes de câblage sur site et bornes internes

4.11.10.1 Exigences de construction

Toutes les parties des *bornes de câblage sur site* et des bornes internes qui maintiennent le contact et véhiculent le courant doivent être d'un métal de la solidité mécanique adéquate.

Les bornes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés au moyen de vis, de connexions à ressort ou d'autres moyens équivalents de façon à maintenir la pression de contact nécessaire.

Les bornes doivent être réalisées de façon telle que les conducteurs puissent être fixés entre les surfaces appropriées sans dommages significatifs tant sur les conducteurs que sur les bornes.

Les bornes ne doivent pas permettre un déplacement des conducteurs ou leur propre déplacement qui a pour effet de nuire au bon fonctionnement du *PECS*, et *l'isolation* ne doit pas être réduite au-dessous de ses valeurs assignées.

Les exigences du 4.11.10.1 sont respectées par l'utilisation de bornes conformes à l'IEC 60947-7 (toutes les parties).

Pour le marquage, voir 6.3.7.4.

4.11.10.2 Capacité de raccordement

Les *bornes de câblage sur site* et bornes internes doivent supporter l'installation du câblage spécifié dans la documentation. Il doit être possible d'effectuer l'installation conformément aux règles de câblage applicables à *l'installation*.

Les bornes doivent être dimensionnées pour couvrir toutes les exigences suivantes:

- la taille du fil pour 125 % du courant nominal maximal:
 - le matériau prévu du conducteur, par exemple cuivre ou aluminium; et
 - la plus longue longueur de câble admise;
- la taille du fil pour le courant de charge spécifié le plus faible prévu pour être utilisé: la plus courte longueur de câble admise;
- la température assignée de *l'isolation* prévue pour le conducteur; et
- la *température ambiante* la plus élevée de *l'installation* prévue du câble de charge.

NOTE 1 Un câble long peut causer une chute de tension non admissible qui peut être compensée en utilisant une taille de fil plus importante.

NOTE 2 Exemples de températures ambiantes: l'IEC 61439-1:2020 et l'IEC 60204-1:2016 exigent au moins 40 °C, l'IEC 60364-5-52:2009 exige au moins 30 °C pour toutes les *installations* et 20 °C pour les *installations* avec câbles enfouis.

A des fins de conformité, les bornes doivent satisfaire à l'essai d'échauffement décrit en 5.2.3.10.

Pour le marquage, voir 6.3.7.4.2.