

- c) pour les essais en courant monophasé, la longueur minimale d'une quelconque connexion provisoire d'une borne du matériel à une autre borne ou à la source doit être de 2 m. La longueur minimale à un point neutre peut être réduite à 1,2 m.
- iii) Pour les valeurs de courant d'essai supérieures à 800 A mais ne dépassant pas 3 150 A:
- a) les connexions doivent être des barres de cuivre de dimensions indiquées dans le Tableau 11, à moins que le matériel ait été conçu uniquement pour être raccordé à des câbles. Dans ce cas, la dimension et la disposition de ces câbles doivent être conformes aux spécifications du fabricant;
- b) les barres de cuivre doivent être séparées par une distance approximativement égale à celle existant entre les bornes. Les barres de cuivre doivent être peintes en noir mat. Les barres multiples en cuivre relatives à une même borne doivent avoir entre elles une distance à peu près égale à leur épaisseur. Si les dimensions indiquées pour les barres ne conviennent pas aux bornes ou ne sont pas disponibles, d'autres barres peuvent être utilisées, ayant des surfaces de refroidissement à peu près égales ou inférieures. Les barres de cuivre ne doivent pas être en matériau feuilleté;
- c) pour les essais en courant monophasé ou polyphasé, la longueur minimale d'une quelconque connexion provisoire d'une borne du matériel à une autre borne ou à la source doit être de 3 m, mais peut être réduite à 2 m sous réserve que l'échauffement de l'extrémité de la connexion, côté source, ne soit pas inférieur de plus de 5 K à l'échauffement au milieu de la longueur de connexion. La longueur minimale à un point neutre doit être de 2 m.
- iv) Pour les valeurs de courant d'essai supérieures à 3 150 A:
- Un accord doit être passé entre le fabricant et l'utilisateur sur tous les points pertinents de l'essai, tels que type de la source d'alimentation, nombre de phases et fréquence (le cas échéant), section des connexions d'essai, etc. Ces informations doivent figurer dans le rapport d'essai.

9.3.3.3.5 Echauffement des circuits de commande

Les essais d'échauffement des circuits de commande doivent être réalisés au courant spécifié et, s'il s'agit de courant alternatif, à la fréquence assignée. Les circuits de commande doivent être soumis à essai à leur tension assignée.

Les circuits destinés à un service continu doivent être soumis à essai pendant une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur de régime établi.

Les circuits destinés à un service intermittent doivent être soumis à essai comme le prescrit la norme de produit correspondante.

A la fin de ces essais, l'échauffement des différentes parties des circuits de commande ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées en 8.2.2.6, sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.3.6 Echauffement des bobines des électroaimants

Les bobines et les électroaimants doivent être soumis à essai dans les conditions données en 8.2.2.7.

Ils doivent être soumis à essai pendant une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur de régime établi.

La température doit être mesurée lorsque l'équilibre thermique est atteint, aussi bien dans le circuit principal que dans la bobine de l'électroaimant.

Les bobines et les électroaimants des matériels destinés à un service intermittent doivent être soumis à essai comme le précise la norme de produit correspondante.

A la fin de ces essais, l'échauffement des différentes parties ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées en 8.2.2.7.

9.3.3.3.7 Echauffement des circuits auxiliaires

Les essais d'échauffement des circuits auxiliaires doivent être réalisés dans les mêmes conditions que celles spécifiées en 9.3.3.3.5, mais ils peuvent être effectués sous une quelconque tension convenable.

A la fin de ces essais, l'échauffement des circuits auxiliaires ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées en 8.2.2.8.

9.3.3.4 Propriétés diélectriques

9.3.3.4.1 Essais de type

1) Conditions générales pour les essais de tension de tenue

Le matériel à soumettre à essai doit satisfaire aux exigences générales de 9.3.2.1.

Si le matériel est destiné à être utilisé sans enveloppe, il doit être monté sur une embase métallique et toutes les masses (bâti, etc.) destinées à être reliées à la terre de protection en service normal, doivent être raccordées à cette embase.

Lorsque la base du matériel est en matériau isolant, des parties métalliques doivent être placées sur tous les points de fixation, conformément aux conditions d'installation normales du matériel et ces parties doivent être considérées comme faisant partie du bâti du matériel.

Un quelconque organe de commande en matériau isolant et une quelconque enveloppe intégrée non métallique d'un matériel destiné à être utilisé sans enveloppe supplémentaire doivent être revêtus d'une feuille métallique reliée au bâti ou à l'embase de montage. La feuille doit uniquement être appliquée sur les parties de surface qui peuvent être touchées avec le doigt d'épreuve normalisé (sonde conforme à l'indice de protection IPXXB de l'IEC 60529:1989) pendant le fonctionnement ou le réglage du matériel, dans le sens d'approche de l'appareil ou du composant. L'Annexe R définit l'application de la feuille métallique sur les parties accessibles pendant le fonctionnement ou le réglage. Lorsque la partie isolante d'une enveloppe intégrée ne peut pas être touchée par le doigt d'épreuve normalisé, en raison de la présence d'une enveloppe supplémentaire, aucune feuille ne doit être exigée.

Lorsque la tenue diélectrique du matériel dépend du gainage des connexions ou de l'emploi d'isolation spéciale, de tels gainages ou isolations spéciales doivent également être utilisés pendant les essais.

Pour l'essai diélectrique entre phases, tous les circuits entre ces phases peuvent être déconnectés pour l'essai.

NOTE 1 L'objet de cet essai est de vérifier l'isolation fonctionnelle uniquement.

Quand les circuits d'un matériel comportent des éléments tels que moteurs, appareils de mesure, interrupteurs à faible course des contacts, condensateurs et dispositifs statiques qui, selon leurs spécifications particulières, ont été soumis à des tensions d'essai diélectrique inférieures à celles spécifiées dans le présent document, de tels éléments doivent être déconnectés pour l'essai.

Lorsque le circuit de commande normalement raccordé au circuit principal est déconnecté, la méthode utilisée pour maintenir les contacts principaux fermés doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Pour l'essai diélectrique entre phase et terre, tous les circuits doivent être raccordés.

NOTE 2 Le raccordement de tous les circuits pour cet essai prend en compte la fonction de protection contre les chocs électriques de l'isolation entre phase et terre.

Les circuits imprimés et les modules munis de connecteurs multipoints peuvent être déconnectés ou remplacés par des circuits factices pendant l'essai de vérification de

l'isolation. Toutefois, cela ne s'applique pas aux auxiliaires pour lesquels, en cas de défaut d'isolement, la tension peut atteindre les parties accessibles non raccordées à l'enveloppe, ou passer de la partie où la tension est la plus élevée vers la partie où la tension est la plus faible; par exemple les transformateurs auxiliaires, les matériels de mesure, les transformateurs d'impulsion, dont la contrainte d'isolation est égale à celle du circuit principal.

2) Vérification de la tension de tenue aux chocs

a) Généralités

Les exigences de l'IEC 61180 s'appliquent, sauf concernant les modifications ci-après.

NOTE 3 Pour les appareils déjà soumis à un essai de type conformément à l'Amendement 1 ou 2 de l'édition 5, ou à des éditions antérieures du présent document, il n'est pas nécessaire de procéder à un nouvel essai des tensions de tenue aux chocs.

La vérification de l'isolation est effectuée par un essai à la tension assignée de tenue aux chocs.

Si un matériel contient une partie pour laquelle les propriétés diélectriques ne sont pas sensibles à l'altitude (par exemple des optocoupleurs, des parties encapsulées), alors la vérification de l'isolation peut être effectuée en variante par un essai à la tension assignée de tenue aux chocs sans l'application du facteur de correction d'altitude. Ces parties doivent alors être déconnectées et le reste du matériel doit être soumis à essai avec la tension assignée de tenue aux chocs utilisant le facteur de correction d'altitude.

Les distances d'isolement supérieures ou égales aux valeurs du cas A du Tableau 13 peuvent être vérifiées par un mesurage suivant la méthode décrite à l'Annexe G.

b) Tension d'essai

La tension d'essai doit être celle spécifiée en 8.2.3.2.

Pour le matériel intégrant des dispositifs de suppression des surtensions, ces dispositifs doivent être déconnectés avant l'essai.

L'impulsion est appliquée cinq fois pour chaque polarité, en respectant un intervalle de temps minimal d'1 s.

L'influence du matériel sur la forme d'onde de l'impulsion, le cas échéant, est ignorée. Par conséquent, la mesure de la tension d'essai et la détermination de la forme de l'impulsion, conformément à 7.1.4 de l'IEC 61180:2016, et la vérification de la forme d'onde conformément à 7.2.1 de l'IEC 61180:2016, peuvent être ignorées, auquel cas la forme d'onde est à surveiller grâce à des moyens oscillographiques, afin de détecter les décharges disruptives.

Si, au cours d'une procédure d'essai, des essais diélectriques répétés sont exigés, la norme de produit correspondante doit spécifier les conditions des essais diélectriques.

c) Application de la tension d'essai

Le matériel étant monté et préparé comme spécifié au point a) ci-dessus, la tension d'essai est appliquée comme suit:

- i) entre toutes les bornes du circuit principal reliées entre elles (y compris les circuits auxiliaires de commande reliés au circuit principal) et l'enveloppe ou l'embase de montage, les contacts étant dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- ii) entre chaque pôle du circuit principal et les autres pôles reliés entre eux et l'enveloppe ou l'embase de montage, les contacts étant dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- iii) entre chaque circuit auxiliaire de commande qui n'est pas normalement relié au circuit principal et:
 - le circuit principal,
 - les autres circuits,
 - les masses,
 - l'enveloppe ou l'embase de montage,

qui, dans les cas appropriés, peuvent être reliés entre eux;

- iv) pour les matériels aptes au sectionnement, à travers les pôles du circuit principal, les bornes d'alimentation étant reliées entre elles et les bornes de charge étant reliées entre elles.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes d'alimentation et de charge du matériel, les contacts étant en position d'ouverture, et sa valeur doit être comme spécifié au point 1) b) de 8.2.3.2.

Pour les matériels inaptes au sectionnement, les exigences d'essai avec les contacts en position d'ouverture doivent être spécifiées dans la norme de produit correspondante.

d) Critères d'acceptation

Il ne doit pas se produire de décharge disruptive non intentionnelle au cours des essais.

NOTE 4 Une exception est une décharge disruptive provoquée intentionnellement, par exemple par des dispositifs de suppression des surtensions transitoires.

NOTE 5 Le terme "décharge disruptive" s'applique aux phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous une contrainte électrique, durant lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation soumise à essai, réduisant la tension appliquée entre les électrodes à une valeur nulle ou presque nulle.

NOTE 6 Le terme "amorçage" est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit dans un diélectrique gazeux ou liquide.

NOTE 7 Le terme "contournement" est utilisé lorsque la décharge disruptive apparaît le long de la surface d'un diélectrique immergé dans un milieu gazeux ou liquide.

NOTE 8 Le terme "perforation" est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

NOTE 9 Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte permanente de la rigidité diélectrique de l'objet; dans un diélectrique liquide ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée.

3) Vérification de la tenue à fréquence industrielle ou de la tenue à tension en continu de l'isolation solide

a) Généralités

Cet essai s'applique à la vérification de l'isolation solide et l'aptitude à résister à des surtensions temporaires.

Les valeurs du Tableau 19 sont réputées couvrir l'aptitude à supporter les surtensions temporaires (voir la note de bas de page b du Tableau 19).

Les produits en courant alternatif doivent être soumis à essai à la tension à fréquence industrielle, et les produits en courant continu doivent être soumis à essai à la tension en continu.

NOTE 10 Pour les appareils déjà soumis à un essai de type conformément à l'Amendement 1 ou 2 de l'édition 5, ou à des éditions antérieures du présent document, il n'est pas nécessaire de procéder à un nouvel essai des circuits en courant continu à la tension d'essai en continu.

b) Tension d'essai

L'IEC 61180 s'applique pour la fourniture de la tension d'essai, les tolérances applicables à la tension d'essai, l'incertitude de mesure et le matériel d'essai.

Le relais de surintensité ne doit pas se déclencher lorsque le courant de sortie est inférieur à 100 mA.

La valeur de la tension d'essai doit être la suivante:

- i) pour le circuit principal, ainsi que pour les circuits auxiliaires de commande, conformément au Tableau 19;
- ii) si une tension d'essai alternative ne peut pas être appliquée, par exemple à cause de composants de filtre CEM, une tension d'essai en continu ayant la valeur du Tableau 19, troisième colonne, peut être utilisée.

c) Application de la tension d'essai

La tension d'essai doit être appliquée pendant 60 s conformément aux points i), ii) et iii) de 2) c) ci-dessus.

NOTE 11 Pour les appareils déjà soumis à un essai de type conformément à l'Amendement 1 ou 2 de l'édition 5, ou à des éditions antérieures du présent document, il n'est pas nécessaire de procéder à un nouvel essai pendant 60 s.

d) Critères d'acceptation

Il ne doit se produire, au cours de l'essai, ni contournement, ni claquage de l'isolation, soit interne (perforation) soit externe (cheminement), ni aucune autre manifestation de décharge disruptive. Toute décharge lumineuse doit être ignorée.

Les composants connectés entre phase et terre peuvent être endommagés pendant les essais mais cela ne doit pas avoir pour résultat un état qui conduirait à une situation dangereuse. Les normes de produits peuvent donner des critères d'acceptation spécifiques.

NOTE 12 Les niveaux de tension sont basés sur l'IEC 60664-1 dans les conditions les plus défavorables, qui ne se produisent généralement pas en pratique.

4) Vérification de la tenue à fréquence industrielle ou de la tenue à tension en continu après les essais de manœuvre en charge et les essais de court-circuit

a) Généralités

Il convient de réaliser l'essai sur le matériel tel qu'il était monté pour les essais de manœuvre en charge et les essais de court-circuit. Si ce n'est pas réalisable en pratique, il peut être déconnecté et retiré du circuit d'essai; bien que des mesures doivent être prises afin de s'assurer que ceci n'influence pas le résultat de l'essai.

b) Tension d'essai

Les exigences du point 3) b) ci-dessus doivent s'appliquer, sauf que la valeur de la tension d'essai doit être de $2 U_e$ avec une valeur minimale de 1 000 V en valeur efficace en courant alternatif, ou 1 415 V en courant continu. La valeur de U_e à laquelle il est fait référence est celle utilisée pour les essais de manœuvre en charge et/ou de court-circuit.

Si un matériel en courant alternatif ne peut pas être soumis à essai à la tension alternative (par exemple en raison de composants de filtre CEM), il doit être soumis à essai avec une alimentation en courant continu. La tension d'essai doit être de $2 \times \sqrt{2} U_e$ avec un minimum de 1 415 V en courant continu.

NOTE 13 Pour les appareils déjà soumis à un essai de type conformément à l'Amendement 1 ou 2 de l'édition 5, ou à des éditions antérieures du présent document, il n'est pas nécessaire de procéder à un nouvel essai des circuits en courant continu à la tension d'essai en continu.

c) Application de la tension d'essai

Les exigences du point 3) c) ci-dessus doivent s'appliquer. L'application de la feuille métallique, conformément au point 1) de 9.3.3.4.1, n'est pas exigée.

d) Critères d'acceptation

Les exigences du point 3) d) ci-dessus doivent s'appliquer.

5) Vide

6) Vide

7) Vérification des lignes de fuite

Les lignes de fuite les plus courtes entre les phases, entre les conducteurs de circuit à tensions différentes et les parties actives et les masses doivent être mesurées. Les lignes de fuite mesurées en fonction du groupe de matériaux et du degré de pollution doivent satisfaire aux exigences de 8.2.3.5.

8) Vérification du courant de fuite du matériel apte au sectionnement

Les essais doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.4.2 Essais individuels de série

1) Tension de tenue aux chocs

Les essais doivent être réalisés conformément au point 2) de 9.3.3.4.1. La tension d'essai ne doit pas être inférieure à 30 % de la tension assignée de tenue aux chocs (sans facteur de correction d'altitude) ou $2 U_i$, la valeur retenue étant la plus élevée des deux.

2) Tension de tenue à fréquence industrielle

a) Tension d'essai

L'appareillage d'essai doit être le même que celui indiqué au point 3) b) de 9.3.3.4.1; il convient toutefois que la surintensité de déclenchement soit réglée à 25 mA. Dans le cas d'un matériel présentant une capacité élevée, un réglage de déclenchement plus élevé peut être nécessaire.

Le fabricant peut cependant, à sa seule discrétion et pour des raisons de sécurité, utiliser un appareillage d'essai de puissance inférieure ou de réglage de déclenchement plus bas, mais le courant de court-circuit de l'appareillage d'essai doit être au moins égal à huit fois le réglage de déclenchement nominal du relais de surintensité, par exemple pour un transformateur avec un courant de court-circuit de 40 mA, le réglage de déclenchement maximal du relais de surintensité doit être $5 \text{ mA} \pm 1 \text{ mA}$.

La valeur de la tension d'essai doit être de $2 U_e$ avec un minimum de 1 000 V en valeur efficace.

NOTE Dans le cas de valeurs multiples, U_e désigne la valeur la plus élevée marquée sur le matériel ou donnée dans la documentation du fabricant.

b) Application de la tension d'essai

Les exigences du point 3) c) de 9.3.3.4.1 doivent s'appliquer, sauf que la durée d'application de la tension d'essai doit être de 1 s seulement.

Une procédure d'essai simplifiée peut cependant être utilisée en variante, s'il est considéré qu'elle soumet l'isolation à une contrainte diélectrique équivalente.

c) Critères d'acceptation

Le relais de surintensité ne doit pas déclencher.

3) Tensions combinées d'ondes de choc et à fréquence industrielle

Les normes de produits peuvent spécifier si les essais des points 1) et 2) ci-dessus peuvent être remplacés par un seul essai de tenue à fréquence industrielle, dans lequel la valeur de crête de l'onde sinusoïdale correspond à la valeur déclarée au point 1) ou au point 2), la valeur retenue étant la plus élevée des deux.

4) En aucun cas, l'application de la feuille métallique conformément au point 1) de 9.3.3.4.1 n'est exigée.

9.3.3.4.3 Essais sur prélèvement pour la vérification des distances d'isolement

1) Généralités

Ces essais sont destinés à vérifier que les distances d'isolement restent conformes au plan de conception et s'appliquent uniquement au matériel présentant des distances d'isolement inférieures à celles correspondant au Tableau 13, cas A.

2) Tension d'essai

La tension d'essai doit être celle correspondant à la tension assignée de tenue aux chocs.

Les normes de produits correspondantes doivent spécifier les règles d'échantillonnage et la procédure.

3) Application de la tension d'essai

Les exigences du point 2) c) de 9.3.3.4.1 doivent s'appliquer, sauf que la feuille métallique peut ne pas être appliquée sur l'organe de commande ou l'enveloppe.

4) Critères d'acceptation

Il ne doit pas se produire de décharge disruptive.

9.3.3.4.4 Essais pour le matériel avec séparation de protection

Les essais pour le matériel avec séparation de protection sont donnés dans l'Annexe N.

9.3.3.5 Pouvoirs de fermeture et de coupure

9.3.3.5.1 Conditions générales d'essai

Les essais de vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure doivent être réalisés conformément aux exigences générales d'essai déclarées en 9.3.2.

Sauf spécification contraire, les tolérances pour les phases individuelles doivent être conformes au Tableau 18.

Les matériels tétrapolaires doivent être soumis à essai en tant que matériel tripolaire, le pôle inutilisé, qui dans le cas des matériels pourvus d'un pôle neutre correspond à ce pôle neutre, étant relié au bâti. Si tous les pôles sont identiques, un essai sur trois pôles adjacents est suffisant. Sinon, un essai supplémentaire doit être réalisé entre le pôle neutre et le pôle adjacent, conformément à la Figure 4, au courant assigné du pôle neutre et à la tension phase-neutre, les deux autres pôles non utilisés étant reliés au bâti.

Pour les essais de pouvoir de coupure dans les conditions de charge normale et de surcharge, les valeurs des tensions transitoires de rétablissement doivent être spécifiées dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.5.2 Circuit d'essai

- a) La Figure 3, la Figure 4, la Figure 5 et la Figure 6 représentent les schémas des circuits à utiliser pour les essais:
- d'un matériel unipolaire en courant monophasé ou en courant continu (Figure 3),
 - d'un matériel bipolaire en courant monophasé ou en courant continu (Figure 4),
 - d'un matériel tripolaire ou de trois matériels unipolaires en courant triphasé (Figure 5),
 - d'un matériel tétrapolaire en courant triphasé sur un circuit à quatre conducteurs (Figure 6).

Un schéma détaillé du circuit utilisé pour l'essai doit figurer dans le rapport d'essai.

- b) Le courant présumé aux bornes d'alimentation du matériel doit être au moins égal à 10 fois le courant d'essai ou 50 kA, la valeur retenue étant la plus faible des deux.
- c) Le circuit d'essai comprend la source d'alimentation, le matériel soumis à essai D et le circuit de charge.
- d) Le circuit de charge doit être constitué par des résistances montées en série avec des bobines d'inductance dans l'air. Les bobines d'inductance dans l'air d'une phase quelconque doivent être shuntées par des résistances absorbant environ 0,6 % du courant traversant la bobine d'inductance.

Toutefois, lorsqu'une tension transitoire de rétablissement est spécifiée, des résistances et des condensateurs doivent être mis en parallèle sur la charge, au lieu des résistances shunt 0,6 %; la Figure 8 représente le circuit de charge complet.

NOTE 1 Pour les essais en courant continu avec $L/R > 10$ ms, une bobine d'inductance à noyau de fer peut si nécessaire être utilisée avec des résistances montées en série, en vérifiant par relevé oscillographique que la valeur L/R est telle que spécifiée (${}^{+15}_0$ %) et que le temps exigé pour obtenir 95 % du courant établi est égal à $3 \times L/R \pm 20$ %.

Lorsqu'un courant transitoire d'appel est spécifié (par exemple pour les catégories d'emploi AC-5b, AC-6 et DC-6), un type de charge différent peut être précisé dans la norme de matériel correspondante.

- e) Les charges doivent être réglées de façon à obtenir, à la tension spécifiée:
- les valeurs du courant et du facteur de puissance ou de la constante de temps spécifiées dans la norme de produit correspondante;
 - la valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle;
 - lorsqu'elles sont spécifiées, la fréquence d'oscillation de la tension transitoire de rétablissement et la valeur du facteur γ .

Le facteur γ est le rapport de la valeur, U_1 , de la valeur de crête maximale de la tension transitoire de rétablissement, sur la valeur instantanée, U_2 , à l'instant du zéro de courant, de la composante de la tension de rétablissement à la fréquence industrielle (voir Figure 7).

- f) Le circuit d'essai doit être mis à la terre en un point uniquement. Cette mise à la terre peut être faite au point neutre du côté charge ou du côté source. Le rapport d'essai doit indiquer la position de ce point.

Le raccordement et la position de R et X (voir Figure 8, Figure 8a) et Figure 8b)) ne doivent pas être modifiés entre le réglage et l'essai.

- g) Toutes les parties du matériel normalement raccordées à la terre en service, y compris l'enveloppe ou les écrans, doivent être isolées de la terre et raccordées comme indiqué dans la Figure 3, la Figure 4, la Figure 5 ou la Figure 6.

Ce raccordement doit comprendre un élément fusible F constitué par un fil de cuivre de 0,8 mm de diamètre et d'au moins 50 mm de long, ou un élément fusible équivalent, pour la détection du courant de défaut.

Le courant de défaut présumé dans le circuit de l'élément fusible doit être de $1\,500\text{ A} \pm 10\%$, à l'exception de ce qui est indiqué dans les Notes 2 et 3. Si nécessaire, une résistance limitant le courant à cette valeur doit être utilisée.

NOTE 2 Un fil de cuivre de 0,8 mm de diamètre fondra à 1 500 A en une demi-période environ à une fréquence comprise entre 45 Hz et 67 Hz (ou 0,01 s en courant continu).

NOTE 3 Dans le cas d'une alimentation à neutre artificiel, un courant de défaut présumé de plus faible valeur peut être accepté, sous réserve d'accord du fabricant, avec un fil de diamètre plus petit selon la liste suivante.

Liste des diamètres de fil de cuivre (en millimètres) associés aux courants de défaut présumés dans le circuit de l'élément fusible (en ampères):

0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1 500

NOTE 4 Pour la valeur de la résistance de l'élément fusible du circuit, voir 9.3.2.1.

9.3.3.5.3 Caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement

Pour simuler les conditions dans les circuits comprenant des charges constituées par des moteurs (charges inductives), la fréquence d'oscillation du circuit de charge doit être réglée à la valeur donnée par la formule ci-après:

$$f = 2\,000 \times I_c^{0,2} \times U_e^{-0,8} \pm 10\%$$

où

f désigne la fréquence d'oscillation, en kHz;

I_c désigne le courant coupé, en A;

U_e désigne la tension assignée d'emploi du matériel, en V.

Le facteur γ doit être réglé à la valeur:

$$\gamma = 1,1 \pm 0,05$$

La valeur de la réactance nécessaire à l'essai peut être obtenue en montant plusieurs bobines d'inductance en parallèle, à condition que la tension transitoire de rétablissement puisse encore être considérée comme n'ayant qu'une seule fréquence d'oscillation. Ceci est généralement le cas lorsque les bobines d'inductance ont à peu près la même constante de temps.

Les connexions entre les bornes de charge du matériel et les bornes du circuit de charge une fois réglé doivent être aussi courtes que possible. Il convient d'effectuer le réglage avec ces connexions en place.

Deux procédures de réglage du circuit de charge, selon la position du point de mise à la terre, sont données à l'Annexe E.

9.3.3.5.4 Vide

9.3.3.5.5 Procédure d'essai pour les pouvoirs de fermeture et de coupure

Le nombre de manœuvres, les durées de passage et d'interruption du courant et les conditions ambiantes doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.5.6 Comportement du matériel pendant et après les essais de pouvoir de fermeture et de coupure

Les critères d'acceptation pendant et après les essais doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.6 Aptitude au fonctionnement en service

Des essais doivent être réalisés pour vérifier la conformité aux exigences de 8.2.4.2. Le circuit d'essai doit être conforme à 9.3.3.5.2 et 9.3.3.5.3.

Les détails des conditions d'essai doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.7 Durabilité

9.3.3.7.1 Généralités

Les essais de durabilité sont destinés à vérifier le nombre de cycles de manœuvres qu'un matériel est susceptible d'effectuer sans réparation ni remplacement de pièces.

Les essais de durabilité constituent la base d'une estimation statistique de la durée de vie, lorsque les quantités mises en fabrication le permettent.

9.3.3.7.2 Durabilité mécanique

Au cours de l'essai, le circuit principal ne doit être soumis à aucune tension ni traversé par aucun courant. Le matériel peut être lubrifié avant l'essai si la lubrification est prescrite en service normal.

Le circuit de commande doit être alimenté à sa tension assignée et, le cas échéant, à sa fréquence assignée.

Les matériels pneumatiques et électropneumatiques doivent être alimentés en air comprimé à la pression assignée.

Les matériels à commande manuelle doivent être manœuvrés comme en service normal.

Le nombre de cycles de manœuvres ne doit pas être inférieur à celui qui est prescrit par la norme de produit correspondante pour l'essai.

Dans le cas de matériels comportant des relais ou des déclencheurs d'ouverture, le nombre total de manœuvres d'ouverture à exécuter à l'aide de ces relais ou déclencheurs doit être spécifié dans la norme de produit correspondante.

La norme de produit correspondante doit définir l'interprétation des résultats d'essai.

9.3.3.7.3 Durabilité électrique

Les conditions d'essai sont celles de 9.3.3.7.2, sauf que le circuit principal est alimenté conformément aux exigences de la norme de produit correspondante.

La norme de produit correspondante doit définir l'interprétation des résultats d'essai.

9.3.3.8 Impédance de pôle

L'impédance de pôle doit être déterminée pendant l'essai et dans les conditions données en 9.3.3.3.4. L'essai dans une enveloppe n'est pas réputé nécessaire, même si l'appareil de connexion peut être utilisé dans une enveloppe individuelle.

La chute de tension, U_d , doit être mesurée entre les bornes d'alimentation et de charge (bornes incluses) de l'appareil de connexion à l'aide des mêmes points de mesure que ceux utilisés pour l'échauffement. La mesure doit être effectuée après une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur constante.

L'impédance par pôle est définie de la façon suivante:

$$Z = U_d / I_{th} [\Omega]$$

La valeur déclarée (voir 6.1), en présence de plusieurs pôles identiques, doit être égale à la valeur moyenne obtenue suite aux essais.

Il convient de veiller à ce que l'impact de la mesure de la chute de tension sur l'échauffement et l'impédance ne soit pas significatif.

NOTE La méthode est la même, quel que soit le nombre de pôles de l'appareil de connexion.

9.3.4 Fonctionnement en court-circuit

9.3.4.1 Conditions générales pour les essais de court-circuit

9.3.4.1.1 Exigences générales

Le paragraphe 9.3.4 spécifie les conditions d'essai pour la vérification des caractéristiques assignées et des valeurs limites de 8.2.5. Les exigences supplémentaires concernant la procédure d'essai, la séquence de manœuvres, la séquence d'essais, l'état du matériel après les essais et les essais de coordination du matériel avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) sont indiquées dans la norme de produit correspondante.

Les exigences générales de 9.3.2.1 s'appliquent. Le mécanisme de commande doit être manœuvré dans les conditions spécifiées dans la norme de produit correspondante. Si le mécanisme est à commande électrique ou pneumatique, il doit être alimenté à la tension minimale ou la pression minimale spécifiée dans la norme de produit correspondante. Il doit être vérifié que le matériel fonctionne correctement à vide lorsqu'il est manœuvré dans les conditions ci-dessus.

Des conditions d'essai supplémentaires peuvent être spécifiées dans la norme de produit correspondante.

9.3.4.1.2 Circuit d'essai

- a) La Figure 9, la Figure 10, la Figure 11 et la Figure 12 représentent les schémas des circuits à utiliser pour les essais:
- d'un matériel unipolaire en courant monophasé ou en courant continu (Figure 9),
 - d'un matériel bipolaire en courant monophasé ou en courant continu (Figure 10),
 - d'un matériel tripolaire en courant triphasé (Figure 11),
 - d'un matériel tétrapolaire en courant triphasé sur un circuit à quatre conducteurs (Figure 12).

Un schéma détaillé du circuit utilisé pour l'essai doit figurer dans le rapport d'essai.

Pour les combinaisons avec des DPCC, il convient que la norme de produit correspondante spécifie la disposition respective du DPCC et du matériel soumis à essai.

- b) La source S alimente un circuit comprenant des résistances, R_1 , des bobines d'inductance, X , et le matériel soumis à essai, D .

Elle doit, dans tous les cas, avoir une puissance suffisante pour permettre la vérification des caractéristiques indiquées par le fabricant.

La résistance et la réactance du circuit d'essai doivent être réglables pour satisfaire aux conditions d'essai spécifiées. Les bobines d'inductance X doivent être des bobines d'inductance dans l'air. Elles doivent toujours être placées en série avec les résistances R_1 et leur valeur doit être obtenue par le couplage en série de bobines d'inductance élémentaires; le couplage en parallèle de bobines d'inductance est admis lorsque ces bobines d'inductance ont pratiquement la même constante de temps.

Etant donné que les caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement des circuits d'essai comprenant des bobines d'inductance dans l'air de valeur élevée ne correspondent pas aux conditions habituelles de service, la bobine d'inductance dans l'air dans chaque phase doit être shuntée par une résistance absorbant environ 0,6 % du courant traversant la bobine d'inductance, sauf accord contraire entre le fabricant et l'utilisateur.

- c) Dans chacun des circuits d'essai (Figure 9, Figure 10, Figure 11 et Figure 12), les résistances et les bobines d'inductance sont placées entre la source d'alimentation, S , et le matériel soumis à essai, D . Les positions du dispositif d'enclenchement A et des dispositifs de détection de courant (I_1 , I_2 , I_3) peuvent être différentes. Le dispositif d'enclenchement A peut être disposé dans la partie basse tension ou, en variante, dans la partie primaire. Dans ce dernier cas, il faut que la station d'essai démontre que l'onde de tension n'est pas déformée par le flux résiduel du transformateur de courant de court-circuit. Les raccordements entre le matériel soumis à essai et le circuit d'essai doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

Lorsque les essais sont réalisés avec un courant inférieur à sa valeur assignée, il convient que les impédances supplémentaires exigées soient insérées en aval du matériel, entre celui-ci et le court-circuit; elles peuvent cependant être insérées en amont, auquel cas le rapport d'essai doit le mentionner.

Ceci peut ne pas s'appliquer aux essais de tenue au courant de courte durée admissible (voir 9.3.4.3).