

Commission Protection Cathodique et Revêtements Associés

Recommandations pour la compatibilité entre mises à la terre et protection cathodique

AVERTISSEMENT : La présente recommandation a été établie par consensus par les membres de la commission Protection Cathodique et Revêtements Associés du CEFRACOR. Elle représente l'avis général de la profession et peut donc être à ce titre utilisée comme une base reflétant au mieux l'état de l'art au moment de sa publication. Elle ne saurait néanmoins engager de quelque façon que ce soit le CEFRACOR et les membres de la Commission d'étude qui l'ont établie.

Table des matières

1	Objectif	3
2	Domaine d'application	3
3	Références réglementaires, normatives et professionnelles	3
3.1	Documents de référence français	3
3.2	Documents de référence étrangers.....	5
4	Exposé des problèmes	6
4.1	Définitions.....	6
4.2	Circuit de terre	6
4.3	Influences électriques dues aux lignes aériennes de tension B de transport d'énergie électrique (spécifiques aux pipelines)	7
4.4	L'interconnexion des masses métalliques.....	7
5	Solutions préconisées	8
5.1	Séparation des circuits avec un joint isolant	8
5.2	Structures non isolées par des joints isolants	9
5.3	Mise à la terre ayant un potentiel d'environ -1 V par rapport à Cu-CuSO ₄ saturé (cas du câble en acier galvanisé).....	9
5.4	Cloisonnement des mises à la terre	9
5.5	Prise en compte des mises à la terre dans le dimensionnement de la protection cathodique.....	10
6	Matériels d'isolement et de protection	11
6.1	Joint isolant.....	11
6.2	Protection des joints isolants	11
6.3	Cellules de découplage en courant continu	11
6.4	Éclateur de ligne.....	11
6.5	Cellule de polarisation électronique	11
6.6	Équipement qui, sur la vanne, est susceptible de shunter un raccord isolant voisin	12
6.6.1	Par un actionneur pneumatique avec un coffret de commande 24V. Situation 2 - Détail 2 de l'annexe 1	12
6.6.2	Par un actionneur électrique. Situation 2 Détail 3 de l'annexe 1.....	13
6.6.3	Par une liaison de mise à la terre sur un organe soumis à un potentiel externe	13
6.7	Protection des alimentations électriques des équipements.....	13
6.8	Mise à la terre (drainage) des courants alternatifs induits des structures sous protection cathodique	14
7	Cas des emplacements à risque d'explosion et stations-services	15
8	Cas des emplacements à risque d'explosion et structures complexes ; station de compression, stockage souterrain, poste d'interconnexions	15
9	Annexe 1 : Cas d'un site industriel : station de compression, stockage, station d'interconnexion	17
10	Annexe 2 : Systèmes de découplage	22
11	Annexe 3 – Schéma de Liaison à la Terre (SLT)	23

1 Objectif

L'objectif de ce document est de clarifier l'interaction entre les mises à la terre d'un ouvrage et sa protection cathodique et de trouver le meilleur compromis pour assurer l'efficacité de celle-ci tout en respectant les impératifs réglementaires sur la protection des personnes vis-à-vis des risques électriques.

Note : Les contraintes spécifiques CEM (compatibilité électromagnétique) et les techniques qui permettent d'éviter leurs effets indésirables ne sont pas abordées dans ce document. Il reste à les prendre en compte avec l'évolution des techniques dans ce domaine.

2 Domaine d'application

Le présent document concerne les installations autour des canalisations enterrées soumises à une protection cathodique : les emplacements à risque d'explosion, les stations de compression, stockages souterrain, postes d'interconnexions ou sectionnements, postes de livraison...

3 Références réglementaires, normatives et professionnelles

3.1 Documents de référence français

Décret N°88 1056 du 14 novembre	1988	Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques (Selon article R.422-14 et R. 4324-21 du code du travail).
Arrêté du 31 Mars	1980	Réglementation des installations électriques des établissements réglementés au titre de la législation sur les installations classées et susceptibles de présenter des risques d'explosion.
Directive ATEX 94-9CE	1994	Appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible.
Directive ATEX 1999/92/CE99	1999	Prescription minimale visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés aux risques d'atmosphères explosibles
Arrêté du 17 Mai	2001	Énergie électrique - Conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique
Arrêté du 15 janvier	2008	Protection foudre abroge l'arrêté du 28 janvier 1993
Circulaire d'application du 24 avril	2008	Circulaire d'application de l'arrêté du 15 janvier 2008
Arrêté du 19 décembre	2008	Arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 1434 (Installation de remplissage ou de distribution de liquides inflammables)
Arrêté du 19 décembre	2008	Arrêté fixant les règles générales et prescriptions techniques applicables aux stations-service soumises à autorisation sous la rubrique n°1434 (Installation de remplissage ou de distribution de liquides inflammables)



Arrêté du 22 décembre	2008 Arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 1432 (Stockage en réservoirs manufacturés de liquides inflammables)
Arrêté du 15 avril	2010 Arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux stations-service soumises à déclaration sous la rubrique n° 1435 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
Arrêté du 15 avril	2010 Arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux stations-service relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n°1435 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
Arrêté du 15 avril	2010 Arrêté fixant les règles générales et prescriptions techniques applicables aux stations-service soumises à autorisation sous la rubrique n°1435 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
Arrêté du 30 aout	2010 Arrêté relatif aux prescriptions applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n°1414-3 : Installations de remplissage ou de distribution de gaz inflammables liquéfiés : installations de remplissage de réservoirs alimentant des moteurs ou autres appareils d'utilisation comportant des organes de sécurité (jauges et soupapes)
Arrêté du 3 octobre	2010 Arrêté relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables exploités dans un stockage soumis à autorisation au titre de la rubrique 1432 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
Arrêté du 19 Juillet	2011 modifiant l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.
Décrets n°2010- 1016/1017 & 1018	2010 Dispositions relatives à la prévention des risques électriques dans les lieux de travail.
NF C 15-100 du 25 décembre	2005 Compilation 2013 Installations électriques à basse tension. Chapitres 44 Protection contre les surtensions, et 54 Mises à la terre et conducteurs de protection
NF C 15-106 du 1° décembre	2003 Guide pratique : Section des conducteurs de protection, des conducteurs de terre et des conducteurs de liaisons équipotentielles.
NF C 17-102 du 17 septembre	2011 Protection contre la foudre.- Système de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage.
NF A 05-613	1995 Protection électrochimique contre la corrosion. Protection cathodique des cuvelages de puits
NF EN 12954	2001 Protection cathodique des structures métalliques enterrées ou immergées. Principes généraux et application pour les canalisations.
NF EN 13636	2004 Protection cathodique des réservoirs métalliques enterrés et tuyauteries associées
NF EN 14505	2005 Protection cathodique des structures complexes



NF EN 15112	2006	Protection cathodique externe des cuvelages de puits
EN 50443	2012	Applications ferroviaires – Installations fixes - Effets des perturbations électromagnétiques causées par les lignes ferroviaires en courant alternatif sur les canalisations
UIC Cahier Technique 1991	1991	Recommandation pour la protection des installations industrielles contre les effets de la foudre et des surtensions
Guide GESIP	2009	Protection des installations industrielles contre les effets de la foudre (Annule et remplace le guide 94/2)
NF C13-200	2009	Installations électriques à haute tension.
NF C13-100	2001	Poste de livraison alimenté à partir du réseau public HTA
NF EN 62305 Série de 1 à 4	2012	Protection contre la foudre (annulation en 2009 de la norme NF C17-100)
NF EN 60079-14	2008	Conception, sélection et construction des installations électriques en ATEX
EN 15280	2013	Évaluation du risque de corrosion occasionnée par les courants alternatifs des canalisations enterrées protégées cathodiquement
EN 16299	2013	Protection cathodique des surfaces externes des fonds de réservoirs de stockage aériens en acier en contact avec le sol ou les fondations

3.2 Documents de référence étrangers

NACE RP0177	2000	Mitigation of alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems
NACE RP0193	2001	External Cathodic Protection of On-Grade Metallic Storage Tank Bottoms
NACE RP0286	2002	Electrical Isolation of Cathodically Protected Pipelines
API RP 651	1997	Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks

4 Exposé des problèmes

4.1 Définitions

Mise à la terre (« earthing ») : Connexion entre une structure et un élément conducteur placé dans le sol au voisinage de cette structure de façon à uniformiser les potentiels en permettant le transfert vers le sol des charges électriques (y compris des charges statiques) qui seraient susceptibles d'apparaître dans la structure. Cet élément conducteur est appelé « prise de terre ».

Note 1 : À cet effet la résistance de l'élément conducteur par rapport au sol doit être suffisamment faible pour respecter les exigences de la réglementation, mais elle n'a pas à être très faible. La résistance d'une telle mise à la terre peut être d'environ 10 Ω .

Note 2 : La mise à la terre est destinée à assurer la sécurité des personnes évoluant sur le sol au voisinage des structures et susceptibles d'entrer en contact direct avec ces structures.

Mise à la masse (« grounding ») : Connexion entre les parties normalement hors tension d'une installation électrique, (coffret de distribution, bâti de moteur...) avec une terre le plus souvent lointaine (par le conducteur de protection de l'alimentation électrique) mais très peu résistante, généralement inférieure à 1 Ω . Cette connexion n'assure un transfert de charges électriques que si un défaut est apparu dans le fonctionnement normal de l'installation électrique considérée.

Note : Une unité industrielle importante a généralement sa propre « mise à la masse » qui est constituée d'une terre lointaine et doit être normalement séparée de toutes les « mises à la terre ». Une telle « mise à la masse » n'interfère pas avec la protection cathodique car elle ne se trouve mise en contact avec les structures à protéger que pendant la durée des défauts électriques.

Structure : terme générique utilisé pour définir l'entité physique (métallique) considérée dans les études et/ou les projets analysés par rapport à la présente recommandation. La structure peut être un réseau de canalisations, une cuve, un réservoir (...) sur laquelle une protection cathodique peut ou pas être appliquée.

Terre lointaine : point de référence « très éloigné » de la structure étudiée et considéré comme ayant un potentiel nul, pouvant être utilisé en prise de terre. En ce point, les gradients de tension sont suffisamment faibles (<5mV/m) pour considérer qu'il n'y a aucune influence des anodes et/ou des cathodes considérées.

4.2 Circuit de terre

Fondamentalement, le problème abordé dans ce document est basé sur l'incompatibilité qu'il y a entre, d'une part les normes « dites électriques » en vigueur qui imposent une interconnexion de toutes les structures métalliques, et d'autre part la bonne application de la protection cathodique qui doit protéger les structures métalliques enterrées (canalisation acier de gaz notamment). En effet, l'interconnexion des structures métalliques implique également une mise à la terre commune de toutes ces structures.

Les mises à la terre traditionnellement réalisées en cuivre nu (utilisé pour ses propriétés de stabilité électrochimique dans le temps) posent les problèmes suivants au niveau de la protection cathodique :

- ✚ Un circuit de terre en cuivre relié à la structure sous protection cathodique peut consommer plus de 90% des courants de protection. En effet, dans le sol, le cuivre est nettement plus électropositif que l'acier, il lui faut beaucoup plus de courant que l'acier pour se polariser. Suivant la configuration, il peut être même impossible de polariser correctement la structure en acier.
- ✚ Si la protection cathodique n'est plus efficace, il y a un risque de corrosion des structures par couplage galvanique entre le cuivre et l'acier, au détriment de l'acier.
- ✚ L'effet du courant de protection cathodique peut entraîner un dépôt calcomagnésien à la surface du cuivre, ce qui peut, dans certain cas, selon la nature du sol, entraîner une augmentation de la résistance de terre.

- ✚ De nombreux autres inconvénients peuvent être listés (liste non exhaustive) : hétérogénéité de la protection cathodique difficile à régler en fonction de la plus ou moins grande proximité des structures et des parties nues du circuit de terre, difficultés à effectuer des mesures fiables notamment à la coupure du courant de protection cathodique (le potentiel du cuivre masquant les autres), méthode d'évaluation de la protection cathodique par polarisation cathodique de 100 mV non applicable, difficulté d'envisager une protection par anodes galvaniques, etc.

4.3 Influences électriques dues aux lignes aériennes de tension B de transport d'énergie électrique (spécifiques aux pipelines)

La présence d'une ligne haute tension (HTB) à proximité d'une canalisation peut être source d'influences électriques dangereuses pour cet ouvrage, aussi bien lors de l'exploitation normale de la ligne HTB que lorsque des défauts électriques monophasés se produisent sur la ligne.

Il existe en effet deux types d'influences du courant alternatif sur les structures enterrées :

- a) Influence de courte durée causée par la défaillance d'une ligne HTB en courant alternatif et par des changements opérationnels (effets conduits et/ou inductifs sur une canalisation enterrées). À proximité d'un pylône de réseau de transport d'énergie, lors d'un défaut d'isolement de la ligne HTB, la différence de potentiel entre le pipeline (au potentiel de la terre lointaine) et le sol local (mise à la terre du pylône) peut atteindre plusieurs kilovolts et peut se traduire par le claquage du revêtement et/ou le percement de la canalisation et la transmission de tensions dangereuses le long de la canalisation. L'arrêté interministériel du 17 mai 2001 développe dans son article 75 les dispositions à mettre en œuvre au voisinage de lignes électriques et canalisations métalliques, tant pour les problèmes de conduction que d'induction.
- b) Influence de longue durée causée par induction lors du fonctionnement en régime normal de la ligne HTB (effets inductifs). Par exemple, la sécurité du personnel n'est plus assurée lorsque la tension entre la structure et le sol dépasse la valeur de la tension de sécurité (50 V alternatif par rapport à la terre locale, norme C 15-100). La tension produite par induction permanente d'une ligne HTB sur une canalisation enterrée voisine peut dépasser cette valeur si aucun dispositif correctif n'est mis en place (cf. EN 15280). De plus, des tensions alternatives permanentes de quelques volts peuvent induire des risques de corrosion au droit de « petits » défauts d'isolement sur une canalisation ayant un revêtement en très bon état.

4.4 L'interconnexion des masses métalliques

Les raisons motivant le choix de l'interconnexion des masses métalliques sont importantes. Il convient de bien les connaître afin d'envisager des solutions acceptables pouvant amener à concilier les différentes incompatibilités entre les normes applicables à l'interconnexion et celles applicables à la protection cathodique.

Il faut bien séparer :

- ✚ les risques dus à la foudre,
- ✚ les phénomènes de surtension pouvant causer des dégâts aux appareils électriques,
- ✚ les risques d'électrisation ou d'électrocution des personnes,
- ✚ les moyens d'assurer la protection.

Le principe de l'équipotentialité ou de l'interconnexion des masses métalliques est d'amener au même potentiel les structures. Ce principe permet de réduire l'impédance de la terre globale en mettant en parallèle toutes les terres formées par chaque branche du maillage. Plus le maillage sera important plus l'impédance de la terre sera faible quelle que soit la fréquence du courant.

Pour assurer la protection des personnes, le principe consiste à éviter une différence de potentiel réputée dangereuse entre deux régions du corps humain. Dans le cas d'une prise de potentiel, par exemple, une solution possible consiste à installer une mise à la terre à l'endroit où l'individu est susceptible de toucher un point à un potentiel différent de celui où ses pieds sont en contact avec le sol.

Une personne est susceptible également d'être exposée à une différence de potentiel si elle touche deux parties isolées électriquement l'une de l'autre (par exemple deux structures métalliques séparées par un joint isolant). C'est cette raison qui justifie l'interconnexion des structures métalliques.

À ce titre, l'article 545.3 de la norme NF C15-100 «Liaisons équipotentielles fonctionnelles» précise :
«Si une liaison équipotentielle est réalisée pour des raisons fonctionnelles, elle inclut les écrans de câbles, les éléments métalliques de la construction, les éléments métalliques des canalisations électriques, les canalisations de liquides et de gaz».

Par interconnexion des masses métalliques on entend donc l'interconnexion des structures (y compris le ferrailage de béton armé* et les ceintures de terre «bâtiment»), les mises à la terre du site (sécurité du personnel) et les protections contre la foudre (réglementation foudre).

L'objectif essentiel est d'assurer un chemin de retour privilégié de moindre résistance pour les courants vers la terre. De plus, le gradient de potentiel créé à la surface du sol au passage du courant est diminué par rapport à ce qu'il serait sur des terres individuelles (protection du personnel). L'interconnexion permet également une redondance utile en cas de rupture d'un câble ou d'autre liaison.

À ce titre, l'article 424.12 de la norme NF C15-100 précise que :

*« Des liaisons équipotentielles doivent être réalisées entre les masses et les éléments conducteurs étrangers aux installations électriques (éléments métalliques de la construction, armatures du béton*¹, canalisation métalliques, appareils non électrique, etc...). .../... »*

Les liaisons métalliques sous protection cathodique et les enveloppes des matériels à sécurité intrinsèque peuvent ne pas être raccordées à la liaison équipotentielle. »

Pour la protection des appareils électriques contre la foudre, le principe consiste à réaliser une bonne équipotentialité des structures métalliques interconnectées pour permettre une évolution uniforme des potentiels (c'est la différence de potentiel entre les différents éléments d'un composant qui entraîne des dégradations). C'est pour cette raison que les longueurs des câbles ou autres liaisons (tresses par exemple) doivent être les plus courtes possibles au niveau des jonctions entre les zones qui doivent être équipotentielles. Et également pour cette raison que la surabondance de liaisons équipotentielles constituant un maillage est recommandée.

Il est de toute façon illusoire de vouloir éviter les circulations de courant « élevés » sur des temps extrêmement courts.

5 Solutions préconisées

Toutes les solutions envisagées sur le plan électrique et qui conduisent à un équipement particulier sur la structure doivent rester compatibles avec la protection cathodique.

Les alternatives proposées et acceptées par les organismes de contrôle vont consister à contourner l'interconnexion effective des masses métalliques tout en apportant une réponse adéquate aux raisons pour lesquelles cette interconnexion est demandée.

5.1 Séparation des circuits avec un joint isolant

Le joint isolant sépare deux tronçons de canalisation différents. Par exemple, il peut séparer un tronçon aérien mis à la terre de façon classique par une canalisation enterrée mise sous protection cathodique, c'est-à-dire placée à un potentiel d'environ -1 V par rapport à une électrode de référence Cu-CuSO₄ saturée. Cette canalisation enterrée est considérée comme « isolée » par rapport au sol, surtout avec les revêtements modernes à fort isolement et peut subir des influences électriques. Pour ne pas rendre inefficace la protection cathodique, il ne faut pas relier directement cette canalisation à une mise à la terre classique en cuivre ; voir les solutions possibles au paragraphe suivant.

¹ sont concernés les ferrailages de bétons armés des structures comportant des installations électriques. Les ferrailages de plots-supports de canalisation par exemple n'ont pas à être reliés à l'équipotentielle. Alors que les radiers d'armoires électriques doivent l'être

Un système de protection (cellule de polarisation ou autre, voir paragraphe 6) doit être installé en dérivation du joint isolant. La protection du personnel est assurée si la tension d'amorçage ainsi que la tension résiduelle au passage de courants du dispositif de protection sont faibles (inférieur à 50V). Si ces tensions d'amorçage restent dangereuses pour l'homme (cas avéré avec un éclateur de ligne ou sans système de protection sur joint isolant non shunté), la protection contre le risque dû à la différence de potentiel de part et d'autre du joint isolant va consister à rendre impossible le contact simultané par une personne des deux cotés en rendant l'ensemble inaccessible (capotage isolant ou revêtement adapté sur une longueur suffisante, etc.).

5.2 Structures non isolées par des joints isolants

L'absence des joints isolants peut être volontaire (pose d'un shunt) ou accidentelle (défaut d'isolement du joint). Il faut alors éviter les inconvénients exposés en 4.2.

5.3 Mise à la terre ayant un potentiel d'environ -1 V par rapport à Cu-CuSO₄ saturé (cas du câble en acier galvanisé)

Pour les structures complexes au sens de la norme EN 14505 pourvues d'une protection cathodique, il est recommandé de réaliser le réseau de terre en acier galvanisé. La demande en courant est plus faible que si le réseau avait été en cuivre, les pertes sont donc moindres et le couplage galvanique reste favorable à l'acier. Il reste bien entendu qu'il faut éviter de mixer les prises de terre cuivre et acier galvanisé dans une même zone géographique sur une même structure. Il faut également s'assurer que la liaison à ces électrodes soit faite en cuivre gainé. Cette solution est donc possible pour une installation nouvelle ou en déconnectant l'ancienne installation de mise à la terre en cuivre pour une installation existante. Mais pour ce dernier cas, il faut pouvoir garantir d'ôter tous les points de connexion.

De la même façon, une solution de ce type est bien adaptée à une petite installation isolée, une chambre à vanne de ligne ou une gare racleur. Au niveau du risque du toucher, la mise à la terre conventionnelle peut être remplacée par un caillebotis en acier galvanisé ou un ruban en zinc posé en spirale, enterré près de la surface du sol (10 cm maximum) et situé au pied de la vanne et relié au pipeline. Cette installation entraîne moins de perte de courant au niveau de la protection cathodique mais risque, selon la position de l'électrode de référence, d'influencer les mesures de potentiel de l'ouvrage. On peut avantageusement supprimer cet inconvénient en installant un dispositif adapté qui permet de connecter la mise à la terre préalablement à l'intervention de l'opérateur. Mais il faut aussi garantir que l'opérateur réalise effectivement la connexion préalablement à son intervention.

La mise à la terre de certaines petites structures (réservoir GPL petit vrac) peut être réalisée par les anodes galvaniques elles-mêmes. Les anodes galvaniques jouent en effet le rôle de prise de terre, et hormis leur dégradation dans le temps qui doit être surveillée, elles remplacent avantageusement les prises de terre en cuivre. Il est parfois recommandé de leur adjoindre quelques piquets en acier galvanisé pour écouler des courants de défaut importants et sécuriser ainsi la prise de terre dans le temps si sa surveillance n'est pas jugée assez sûre.

5.4 Cloisonnement des mises à la terre

L'absence de mise à la terre pour les gros réservoirs enterrés se justifie car ils jouent eux-mêmes le rôle de prise de terre. Il est précisé dans le Guide GESIP 2009 § 5.3.2.3.3, pour les réservoirs sous protection cathodique, que les moyens de protection contre la foudre doivent respecter la protection cathodique qui reste prioritaire pour maîtriser les risques de corrosion.

Sur ce même guide GESIP, il est précisé au § 5.3.2.2 Pipelines et canalisations de transport, "les parties enterrées des pipelines font l'objet d'une protection contre la corrosion par protection cathodique, en général par courant imposé. Les générateurs de courant alimentés à partir du réseau de distribution peuvent être protégés des surtensions par l'intermédiaire de parafoudres. Lorsque les parties souterraines des pipes sont isolées des parties aériennes par des joints isolants, la partie aérienne est mise à la terre".

Pour une petite installation, une autre possibilité consiste en une mise à la terre ponctuelle et provisoire, effective uniquement lors de la présence de personnel avec toutes les sécurités pour que cette mise à la terre en acier galvanisé (et sa suppression après l'intervention du personnel) soit réalisée systématiquement avec l'ouverture/fermeture de la porte d'entrée de l'installation, par exemple. La protection cathodique reste efficace en dehors du temps d'intervention. Le risque de corrosion est donc très limité dans le temps, ce qui est admissible.

Cependant, ce système doit être accompagné de sécurités adaptées pour éviter l'ouverture/fermeture intempestive de la porte d'entrée pendant une opération de mesurage ou de maintenance qui pourrait être dangereuse pour l'opérateur.

La mise en place des cellules de découplage en courant continu permet de maintenir une protection cathodique efficace et de mettre à la terre l'installation en cas de nécessité.

Pour des raisons liées à l'environnement, de plus en plus de membranes étanches, qui sont d'excellents diélectriques, sont installées autour de structures de stockage enterrées (par exemple fonds de bacs et prEN16299). Ces membranes permettent de diminuer considérablement voire d'annuler les problèmes de compatibilité avec les mises à la terre, car le système de protection cathodique (anodes) est alors confiné entre la membrane et la structure à protéger, tandis que les mises à la terre sont à l'extérieur de cette membrane.

De manière similaire, sur les installations nouvelles réalisées dans une enceinte close (par exemple sarcophage béton), il est nécessaire de recouvrir les parois de cette enceinte par une isolation électrique du type polyane ou autre (paramètre permettant de réduire la distribution du courant de protection cathodique).

5.5 Prise en compte des mises à la terre dans le dimensionnement de la protection cathodique

Cette alternative consiste à prendre en compte toutes les surfaces métalliques annexes (terre, tuyauteries...) et à surdimensionner l'installation de protection cathodique (protection cathodique globale ou intégrale).

Ce schéma est conventionnellement appelé «protection cathodique de structures complexes NF EN 14505».

Le surcoût de l'installation de protection cathodique est donc en partie compensé par les économies réalisées sur la simplification de l'isolation électrique. Par ailleurs, la maintenance est réduite, car il n'est plus nécessaire de suivre l'efficacité des joints isolants, d'arrêter une production éventuellement pour les changer, de vérifier les appareillages d'isolation (éclateur, cellule...) ou de faire de coûteuses et parfois complexes recherches de défauts mise à la terre lors de travaux périodiques pouvant amener des modifications électriques (capteurs supplémentaires, nouveaux branchements, etc.).

Ce type d'installation a comme inconvénient de perturber les mesures de protection cathodique à l'approche de ces équipements et de rendre très difficile la détection de défauts de revêtement de canalisation (méthode DCVG ou autre).

Il faut aussi remarquer que la protection cathodique de structures complexes a pour objectif de réduire la vitesse de corrosion, mais sans arriver à la limiter à 0,010 mm/an comme pour les structures isolées.

Pour une installation neuve, on peut envisager une protection cathodique locale avec des anodes implantées judicieusement dans des zones bien localisées, avec une étude approfondie du système de mise à la terre et de positionnement des prises de terre.

Il est recommandé de prévoir un éloignement important des prises de terre par rapport à la structure à protéger contre la corrosion pour éviter leur rôle d'écran au courant de protection, en préconisant l'utilisation de câbles en cuivre gainés pour les liaisons de l'ouvrage aux prises de terre, et d'utiliser au maximum toutes les autres solutions mentionnées précédemment (prise de terre en acier galvanisé, membrane isolante autour de la structure).

6 Matériels d'isolement et de protection

6.1 Joints isolants

- a) Kit isolant : ensemble constitué par un joint isolant approprié au type de brides (réalisé dans un matériau étanche aux fluides transportés dans les conditions d'exploitation), et par les canons et les rondelles adaptées à la boulonnerie de serrage. L'ensemble est réalisé avec des éléments conférant à l'ensemble monté une résistance supérieure à 100 MΩ pour une tension a.c. d'utilisation d'au plus 1kV.
- b) Raccord isolant monobloc de type Haute Tension : La tension d'essai en usine est de 10 kV efficace en alternatif dans le cas où il faut se prémunir des montées en tensions induites par phénomène d'induction mutuelle. La contrainte électrique appliquée à une conduite d'hydrocarbures ne doit pas dépasser 5 kV (arrêté interministériel du 17 mai 2001 Art 75).

6.2 Protection des joints isolants

Pour éviter d'amorcer un arc dans le joint isolant par des courants de défaut ou la foudre, il faut pouvoir écouler quelques milliers d'ampères pendant un temps bref à travers un dispositif installé en dérivation du joint isolant.

6.3 Cellules de découplage en courant continu

Une première catégorie de dispositifs bloque les courants continus jusqu'à un certain seuil (différence de potentiel entre l'entrée et la sortie du dispositif). Au-delà de ce seuil, le dispositif est passant avec une très faible résistance (mΩ). Ce seuil est supérieur aux tensions de protection cathodique, mais reste inférieur aux tensions dangereuses pour l'homme. Ces dispositifs écoulent aussi les courants alternatifs qui pourraient éventuellement créer un danger pour l'homme et des risques de corrosion. Citons :

Les cellules de polarisation ou «cellules humides», constituées de plaques en nickel plongées dans un électrolyte constitué de potasse liquide et qui fonctionnent suivant des principes électrochimiques. Ces cellules de polarisation nécessitent une maintenance pour compléter le niveau d'électrolyte ainsi qu'une protection contre le gel.

D'autres dispositifs composés de condensateurs de forte valeur bloquent le courant continu et laissent passer les courants alternatifs.

Ces dispositifs peuvent être certifiés ATEX (matériel utilisable en ATmosphère EXplosible) ou intégrés dans un boîtier certifié ATEX (attention à l'association des matériels en ATEX).

6.4 Éclateur de ligne

L'éclateur de ligne bloque les courants (continus et alternatifs) jusqu'à une tension d'amorçage. Il permet alors d'écouler un courant de décharge de plusieurs kA et une intensité de courant de foudre encore plus élevée pendant quelques microsecondes.

Il est donc nécessaire d'évaluer les courants de défaut (phase / terre, les risques atmosphériques,...) pour définir le calibre des éclateurs à utiliser et les protections à mettre en œuvre (3 à 100 kA en onde 10/350).

Un éclateur permet typiquement de protéger un joint isolant en évitant de le détruire sur un choc de foudre mais sa tension d'amorçage est supérieure à la tension de sécurité pour l'homme (cf. valeurs suivant la nature de la tension dans la NF C 15-100).

Un éclateur est constitué d'une enveloppe contenant un gaz rare, neutre et isolant. Il peut être certifié ATEX.

6.5 Cellule de polarisation électronique

Certain matériels constitués de diodes et de condensateurs sont adaptés à la protection des joints isolants. Ils bloquent les courants continus jusqu'à une tension d'amorçage. S'agissant d'électronique cette tension est à peine supérieure à la tension d'injection protection cathodique. Ils laissent passer les



courants alternatifs en hautes fréquence intégralement et ils ont une certaine capacité d'écouler le courant alternatif 50 Hz en fonction de la durée du défaut.

Leur capacité à laisser passer les courants de foudre doit être évaluée en onde 10/350.

Leur installation dans le circuit de mise à la terre d'un appareil électrique (électrovanne) requiert les précautions suivantes :

S'assurer que la Tension résiduelle pour des courants de foudre et des courants de défauts prévus sur le site soit inférieure à 50V

En schéma des liaisons à la terre TT, installer impérativement un disjoncteur différentiel dans l'alimentation. S'assurer que la cellule de polarisation tient en permanence le courant alternatif 50 Hz inférieur à la sensibilité du différentiel.

En schéma des liaisons à la terre TN, s'assurer que la cellule de polarisation tient le courant de court-circuit que peut interrompre la protection amont.

Il est impératif que ces dispositifs se mettent en court-circuit en cas de surcharge accidentelle, qu'elle vienne de la foudre ou d'un écoulement 50 Hz dû par exemple à un défaut haute tension proche de l'installation. Le constructeur doit donner les moyens de contrôle de l'état de la cellule de polarisation.

Elles peuvent être certifiées ATEX.

Remarques importantes :

Les cellules de polarisation peuvent être associées à des éclateurs dans le cadre d'une installation de protection contre la foudre. Il est dans ce cas nécessaire d'augmenter la longueur du câble de liaison de la cellule de polarisation pour laisser le temps à l'onde de foudre d'amorcer les éclateurs (qui supporteront 100kA exigés par la norme alors que les cellules n'acceptent que 10 à 20 kA) avant qu'elle n'atteigne la cellule de polarisation.

Les mêmes dispositifs peuvent servir à protéger deux structures métalliques voisines qui doivent rester isolées l'une de l'autre en limitant les risques de «claquage de l'isolant» (ex : entre un pipeline sous voies ferrées et son fourreau métallique).

6.6 Équipement qui, sur la vanne, est susceptible de shunter un raccord isolant voisin

Les deux méthodes suivantes permettent d'isoler la terre électrique de la masse métallique de la vanne. Toutefois, si la vanne est aérienne, elle devra être raccordée au maillage foudre de l'installation à laquelle elle appartient. Dans ce cas, une cellule de polarisation sera insérée entre celle-ci et le câble équipotentiel du maillage foudre.

6.6.1 Par un actionneur pneumatique avec un coffret de commande 24V. Situation 2 - Détail 2 de l'annexe 1.

Le but de cet équipement est de mouvoir le clapet de la vanne à partir d'un actionneur pneumatique dont la commande est assurée par un coffret alimenté en 24 V. Dans le cas d'une alimentation électrique en 24 V classe III (domaine TBT) le raccordement de la masse métallique à la terre n'est pas demandé sous les conditions ci-dessous :

Protection par TBTS

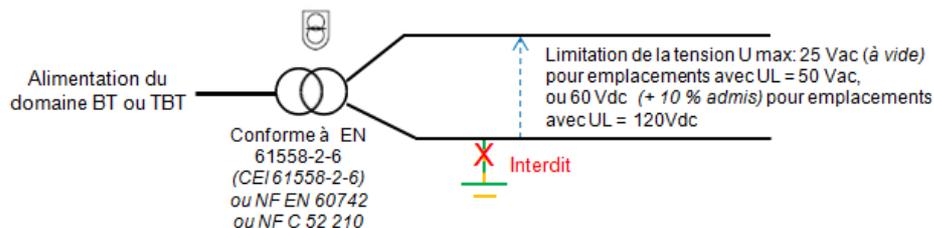


Tableau 41B NF C 15-100 Synthèse de la protection contre les contacts directs par TBT			
Tension alternative	$U \leq 12V$	$12V < U \leq 25V$	$25V < U \leq 50V$
Tension continue	$U \leq 30V$	$30V < U \leq 60V$	$60V < U \leq 120V$
TBTS			
Protection contre les contacts directs	Non nécessaire	Non nécessaire	Nécessaire
TBTP			
Protection contre les contacts directs	Non nécessaire	Nécessaire	Nécessaire

6.6.2 Par un actionneur électrique. Situation 2 Détail 3 de l'annexe 1

Le but de cet équipement est d'alimenter le moteur de l'actionneur à partir d'une alimentation électrique du domaine BT (400 V - 230 V) tout en insérant un kit diélectrique sur le système d'accouplement sur la vanne.

Par le kit diélectrique la terre électrique est isolée des masses métalliques.

6.6.3 Par une liaison de mise à la terre sur un organe soumis à un potentiel externe

Dans le cas d'un organe soumis à un potentiel différent de celui des interconnexions métalliques sur un site, son alimentation étant issue du site, les montages peuvent être appliqués pour ne pas court-circuiter les joints isolants séparant électriquement la structure interne, des canalisations soumises à une (ou plusieurs) protection(s) cathodique(s) externe(s).

Cette solution nécessite pratiquement la mise en place d'une terre locale (prise de terre) sur le circuit de masse. La mise en place de dispositif différentiel est alors une obligation.

En schéma TT et TN-S, les installations en emplacements ATEX doivent être protégées par des dispositifs différentiels 300 mA maximum (NF C 15-100).

6.7 Protection des alimentations électriques des équipements

Des équipements électroniques et/ou électriques peuvent être connectés électriquement à la canalisation. Ils sont généralement alimentés par le réseau électrique BT. Pour protéger ces équipements contre les surtensions dues à la foudre ou aux courants de défaut, il existe des parafoudres. Ces composants s'installent sur le circuit primaire d'alimentation électrique et / ou sur le circuit secondaire d'un redresseur de protection cathodique, ou de tout autre appareil électrique.

L'ARF (Analyse Risques Foudre) détermine le niveau de protection requis à chaque installation.

Un parafoudre peut avoir une technologie de type éclateur (à gaz, à étincelle, ...) avec de fort pouvoir d'écoulement du courant de choc de foudre, mais avec un niveau de protection en tension assez élevé (tension de choc d'amorçage $\leq \sim 3,5$ kV).

D'autres technologies sont utilisées pour ramener le niveau de protection en tension sous 1 kV.

Des varistances (elles peuvent se dégrader dans le temps, donc préférer des équipements avec voyant lumineux ou index),

Des diodes Zener (surtout sur le secondaire, typiquement pont moulé de tension inverse 1600 V).

Des diodes à avalanche pour descendre le niveau de protection à 0,8 kV

On peut également coupler les parafoudres pour avoir des effets complémentaires.

Les caractéristiques spécifiques de ce type d'équipement sont données par la capacité d'écoulement (courant nominal), le niveau de protection en tension et par le temps de montée. Le choix dépend du type de protection voulue : foudre directe (temps court, intensité de pointe forte onde 10/350), foudre indirecte (temps de montée très court onde 1,2/50) ou retour de courant (intensité plus faible mais temps plus long).

Dans tous les cas, l'efficacité d'un parafoudre dépend de sa capacité à limiter une surtension et accessoirement à évacuer du courant.

Certains parafoudres sont de type à court-circuit par surcharge, ils provoquent, lors de la mise en court-circuit, la coupure du circuit d'alimentation électrique par l'ouverture de l'organe de sécurité. Ce choix peut être justifié pour privilégier la sécurité de l'organe plutôt que la continuité d'alimentation en cas extrême.

Il existe notamment sur le marché un parafoudre spécifique à la protection cathodique. Il se comporte comme un gros condensateur HF jusqu'à 6 Volts puis comme un écrêteur rapide (seuil de diodes) pour soutenir le courant de foudre sous une tension de 15 Volts. Il revient à son état initial ensuite. Au-delà de 100 kA (onde 8/20), il se met en court-circuit de sécurité.

Pour augmenter l'efficacité de ces produits, il faut, dans tous les cas, des liaisons les plus courtes possibles pour limiter les temps de réaction dus aux inductances amenées par les câbles. (Guide C15-443 Aout 2004)

Certains équipements (éclateurs) peuvent amplifier les nuisances CEM (compatibilité électromagnétique) et d'autres (diodes ; condensateurs) au contraire les réduire.

Le choix et l'installation de tels équipements sont complexes et nécessitent souvent l'apport de sociétés spécialisées.

6.8 Mise à la terre (drainage) des courants alternatifs induits des structures sous protection cathodique

Pour un courant induit par une ligne électrique HTB en régime normal de fonctionnement (courant alternatif de quelques ampères maximum), des mises à la terre en interposant de simples condensateurs électrochimiques de très fortes valeurs (par exemple 10 μ F) conviennent. En effet, un condensateur laisse passer un courant alternatif mais bloque le courant continu. Il n'a donc aucune influence sur la protection cathodique. Ce composant électronique ne supporte pas des tensions élevées, ni des courants élevés. En cas de surcharge, il se détériore habituellement en « circuit ouvert » comme un fusible, ce qui n'est pas directement préjudiciable à la protection cathodique. Toutefois, la durée de vie de ces condensateurs quoique de plusieurs années n'est pas éternelle.

D'autres solutions peuvent convenir, telle la mise à la terre polarisée par anodes galvaniques des canalisations revêtues par un revêtement très isolant comme le polyéthylène, le polypropylène ou l'époxy poudre.

Remarques importantes

Prise de potentiel : pour limiter le risque de contact avec le câble de la liaison d'une prise de potentiel, équiper son extrémité d'une fiche isolante IEC 1010 DN 4 mm. D'autre part, les appareils de mesure utilisés doivent être conformes à la législation.

Protection contre la foudre des appareils : la mise à la terre proprement dite n'a que peu d'influence comme il a été mentionné précédemment. À partir du moment où l'équipotentialité est respectée avec des câbles de liaison très courts, la protection des appareils est assurée. On peut donc intercaler un appareil du type parafoudre approprié, dans un boîtier de connexion, entre tous les câbles de mise à la terre des appareils ou composants concernés (superstructure, instrumentation, feuillards des câbles blindés etc..) et la terre commune du site.

Il convient par contre de s'assurer que tous ces équipements (éclateurs, cellules de polarisations, parafoudres...) soient passants en cas de défaillance, afin d'assurer une liaison électrique synonyme de sécurité et de respect de la législation.

Dimensionnement des câbles : un câble (mise à la terre, liaison équipotentielle, protection contre la foudre) est calculé pour des conditions données (dissipation d'énergie, c'est-à-dire intensité maximum pendant un temps donné) ; il faut une note de calcul (outil de conception) avec les valeurs des paramètres prises en compte sauf si la section est supérieure ou égale à 50mm².

L'exploitant doit prévoir un programme de maintenance de tous ces équipements adapté à leur mode de défaillance. Un contrôle après un orage est souvent pratiqué. Pour des raisons de sécurité évidentes il faut arrêter tout travail sur ces équipements pendant un orage (éclair visible et/ou tonnerre audible).

7 Cas des emplacements à risque d'explosion et stations-services

Il est précisé dans l'article 424.12 de la norme NF C15-100 que « Les éléments métalliques sous protection cathodique et les enveloppes des matériels à sécurité intrinsèque peuvent ne pas être raccordés à la liaison équipotentielle ».

Il n'est donc pas impératif de mettre à l'équipotentiel les joints isolants dans ces zones selon la NF C 15-100. Cependant, il faut vérifier que les impératifs liés aux ICPE soient respectés.

Plusieurs nouveaux arrêtés (cf. § 2.1), concernant les stations-service, et les installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n°1435, 1434 et 1432, mettent en avant les impératifs électriques avant la mise à l'équipotentielle.

Les arrêtés reprennent tous ce même paragraphe :

« Mise à la terre des équipements

Les équipements métalliques (réservoirs, cuves, canalisations) sont mis à la terre conformément aux règlements et aux normes applicables, compte tenu notamment de la nature explosive ou inflammable des produits.

Sous réserve des impératifs techniques qui peuvent résulter de la mise en place de dispositifs de protection cathodique, les installations fixes de transfert de liquides inflammables ainsi que les charpentes et enveloppes métalliques seront reliées électriquement entre elles ainsi qu'à une prise de terre unique. La continuité des liaisons devra présenter une résistance inférieure à 2 ohms (suivant guide UTE C15-105) et la résistance de la prise de terre sera déterminée selon les règles imposées par la norme NF C15-100. »

D'un point de vue purement réglementaire, il est possible de ne pas mettre certains équipements à la terre selon les conditions d'exploitation. L'exploitant a alors le choix de la mise en place d'équipements de protection des hommes et/ou du matériel, du type cellule de découplage en courant continu ou éclateur (voir paragraphe 6.2) en respectant parfaitement la législation en vigueur.

8 Cas des emplacements à risque d'explosion et structures complexes ; station de compression, stockage souterrain, poste d'interconnexions

Dans un autre mode d'ingénierie, des raccords isolants aux entrées et sorties des structures complexes, qui doivent séparer deux systèmes de protection cathodique (réseaux et site industriel), peuvent être shuntés par construction par les mises à la terre présentes sur les robinets ou accessoires. En effet, ces derniers sont équipés de liaisons équipotentielles mises en place pour la protection contre les effets indirects de la foudre.

À ce titre, l'article n°424.12 de la norme NF C15-100 précise que :

« Des liaisons équipotentielles doivent être réalisées entre les masses et les éléments conducteurs étrangers aux installations électriques (éléments métalliques de la construction, armatures du béton, canalisations métalliques, appareils non électriques, etc.).

Les liaisons entre les masses peuvent être réalisées par leurs conducteurs de mise à la terre, si le cheminement de ces conducteurs est proche de la plus courte distance entre les masses.

Les éléments métalliques sous protection cathodique et les enveloppes des matériels à sécurité intrinsèque peuvent ne pas être raccordés à la liaison équipotentielle. »

Dans le cadre de l'arrêté foudre du 15 janvier 2008 qui abroge l'arrêté du 28 janvier 1993, il est demandé à des cabinets d'expert de faire :

- ✚ une analyse des risques foudre, (ARF)
- ✚ de réaliser une étude technique foudre (ETF),
- ✚ de rédiger la documentation relative aux procédures d'exploitation, de vérification et de maintenance.

Les canalisations qui alimentent ces sites industriels (station de compression, stockage souterrain, poste d'interconnexions), outre des phénomènes liés à la foudre, peuvent favoriser le transit de courant de court-circuit ou être soumises à des phénomènes liés aux lignes électriques HTB (cf. § 3.2).

Note : Art 75 de l'arrêté du 17 mai 2001:

"En cas de voisinage entre une ligne électrique HTB et une canalisation métallique de transport de gaz combustible, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés ou d'autres fluides, des dispositions sont à prendre pour éviter, lors de défauts dissymétriques à la terre :

De détériorer les raccords isolants assurant l'isolement de la canalisation à l'entrée des installations présentant des risques tels qu'explosion ou incendie,

De laisser se propager dans les installations, au-delà des raccords isolants, des tensions présentant des dangers pour les personnes ou risquant de provoquer des explosions ou incendies.

De plus, il est spécifié en commentaire de l'article 75 qu'« il est nécessaire de vérifier par calcul que, lors d'un défaut, le cumul de la contrainte électrique appliquée à la canalisation par suite d'un passage du courant de court-circuit et de celle due au phénomène d'induction est inférieur à 5 kV".

Ainsi, ces investigations sont vouées à garantir un niveau de sécurité face aux incendies ou aux explosions lors de l'apparition d'un phénomène lié à la foudre.

Ainsi des cellules à découplage (cf. § 6.2) en courant continu peuvent être envisageables si les conditions de l'article 75 de l'arrêté du 17 mai 2001 et de la norme NF C15-100 art 424.12 sont vérifiées :

une étude particulière est à réaliser pour montrer que le système mis en place obtient une impédance compatible pour le domaine de fréquence traité et permet d'écouler les contraintes électriques sans dangers pour les personnes et sans risques d'explosions ni d'incendies.

La différence de potentiel aux bornes du matériel doit être inférieure à la tension de sécurité admissible pour les personnes en régime normal et lors de l'apparition du phénomène foudre ou de défaut HTB.

Le calcul doit montrer que les dispositions constructives et le tracé d'une canalisation transport de gaz par rapport à son environnement électrique permet de protéger le raccord isolant et de limiter les contraintes électriques à une valeur inférieure à 5 kV.

Toutefois, même si l'utilisation de la cellule permet de ne pas détériorer les raccords isolants, l'écoulement du défaut se réalisera sur le site industriel dont le maillage de très faible résistance a été étudié et validé pour limiter la montée en potentiel et assurer la protection des personnes et des biens. L'article 75 de l'arrêté du 17 mai 2001 est donc bien respecté.

Cependant, l'utilisation de la cellule à découplage semble correspondre aux exigences vis-à-vis de la protection cathodique et de la foudre mais ne répond pas aujourd'hui à la réglementation électrique pour les schémas de liaison de terre TT et TN. Sur ce point l'UTE a émis un avis négatif en Juillet 2010 et des validations techniques pour écouler un courant de défaut à la fréquence industriel (50 Hz) doivent être réalisées par les fabricants.

Par contre, elle peut être utilisée en complémentarité d'une isolation électrique pour assurer l'écoulement de la foudre et préserver la protection cathodique.

L'annexe 1 reprend un modèle de conception de protection du raccord isolant.

9 Annexe 1 : Cas d'un site industriel : station de compression, stockage, station d'interconnexion

Situation 1 : Cas d'une capacité enterrée (par exemple les réservoirs GPL en station-service) Les capacités enterrées doivent être mises sous protection cathodique. Or les équipements annexes sont souvent alimentés en courant alternatif 230 V et devraient être mis à la terre.

Nous rappelons ci-après les exigences de la norme EN 13636 et notamment ses annexes qui permettront d'obtenir une protection cathodique efficace et le respect des textes réglementaires.

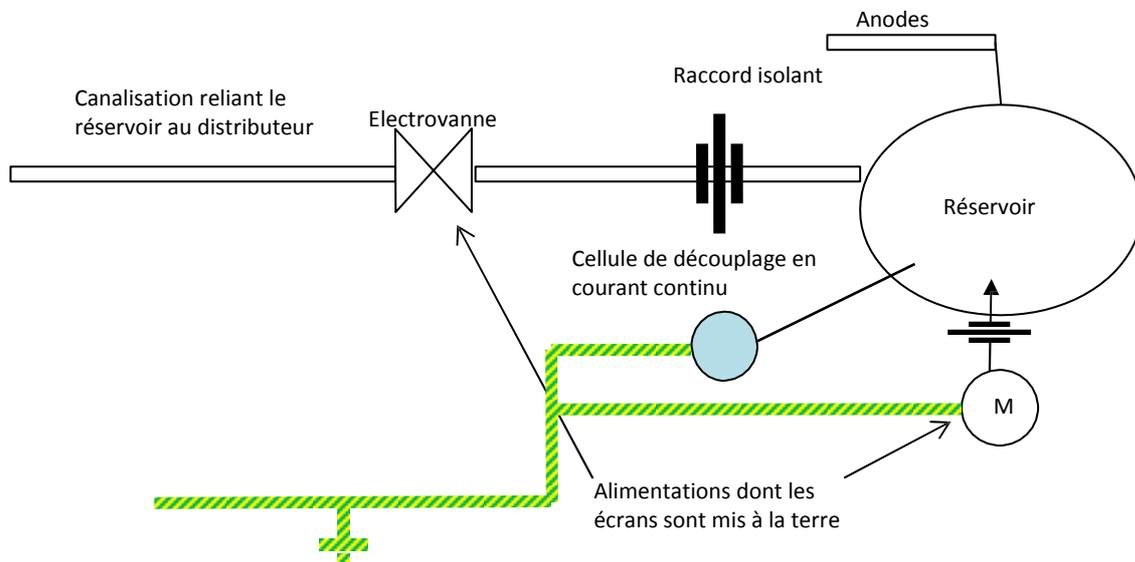
L'installation des cellules de découplage en courant continu repose sur le principe de la terre locale formée par les anodes galvaniques assurant la protection cathodique. La mise en place de la cellule de polarisation assure quant à elle une fonction de protection des personnels, en évitant une éventuelle surtension aux bornes des joints isolants en cas de défaillance de l'isolement de la pompe de GPL. Elle assure donc aussi la protection des joints isolants.

Actuellement, les cellules de polarisation disponibles sont à placer en zone 2, c'est-à-dire à environ 1 à 2 m des organes type soupape de sécurité.

Cette contrainte limite donc leur efficacité en cas de coup de foudre, la montée en tension dans les câbles de liaison (16 mm²) peut réduire leur efficacité.

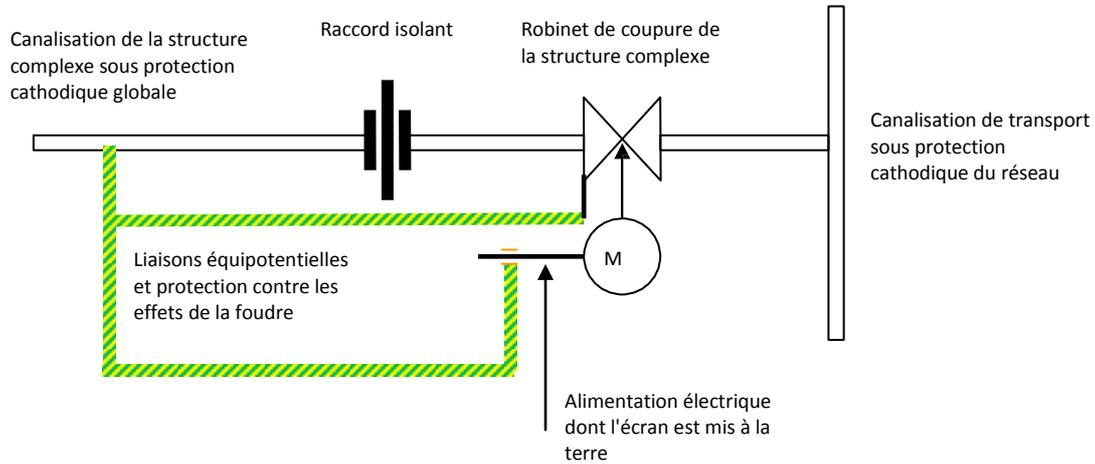
Cependant, dans le cas des stations-service, la probabilité d'un coup de foudre sur le réservoir enterré plutôt que sur la station-service, et sa mise à la terre spécifique, est probablement très limitée.

Dans le cas où une MALT locale doit être installée, le conducteur de terre sera en acier galvanisé d'une section minimale de 50 mm² (NF C 15-100 - § 542.3.1).

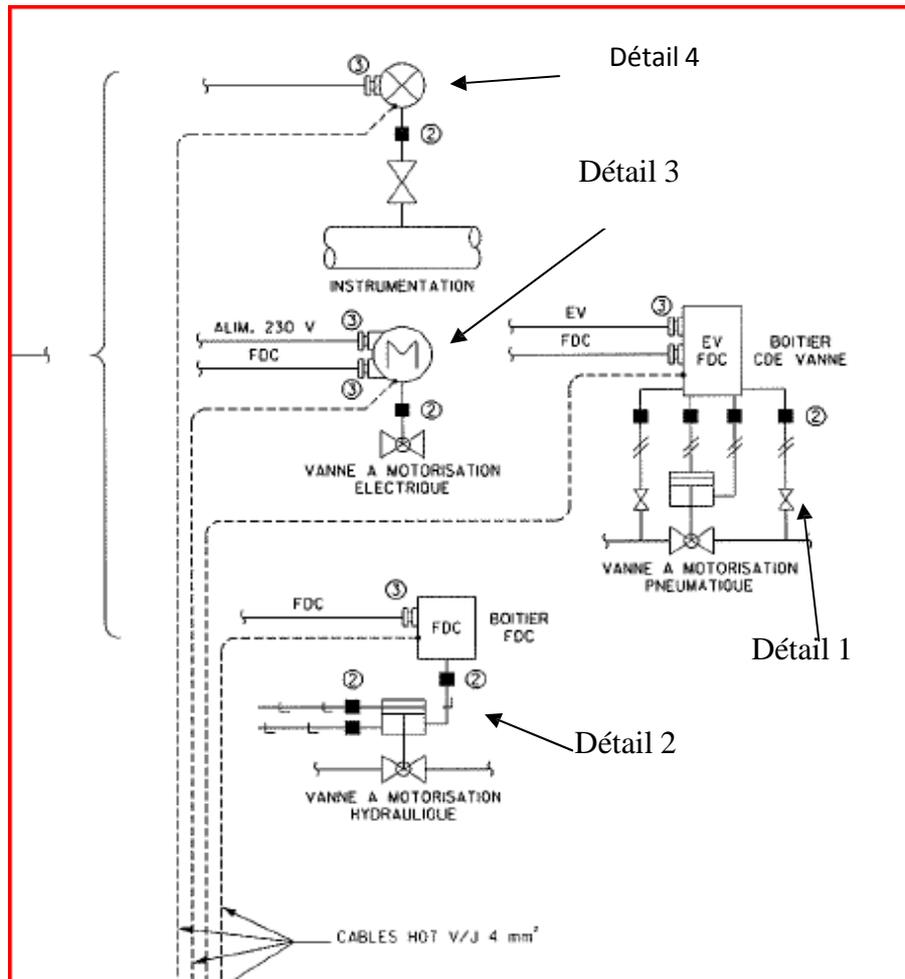


Situation 2 : Le raccord isolant est shunté par la liaison équipotentielle sur le robinet de mise à la terre 1. Par conséquent, les protections cathodiques réseau et globale sont interconnectées **alors qu'elles doivent être séparées** : solution non viable

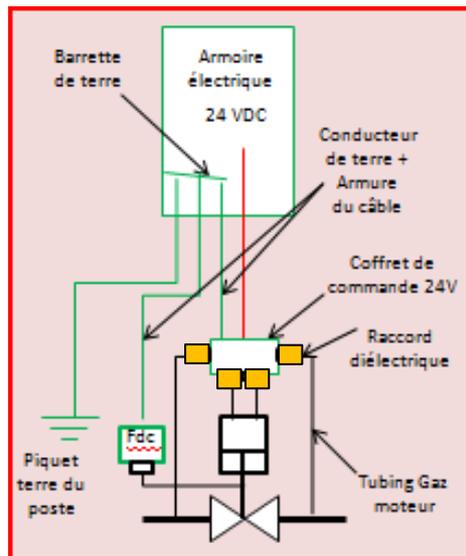
SCHÉMA DE PRINCIPE



Solution : exemple de cas



Détail 1 : isolement des vannes à partir d'un actionneur pneumatique



Pour être en conformité à la norme NF C15-100 l'alimentation de l'actionneur pneumatique est en classe III donc pas de mise à la terre de la masse électrique. Ceci est envisageable sous certaines conditions : cf. §6.3.1. De plus les circuits TBTS doivent être d'une longueur limitée, le cheminement des liaisons doit être séparé, etc...

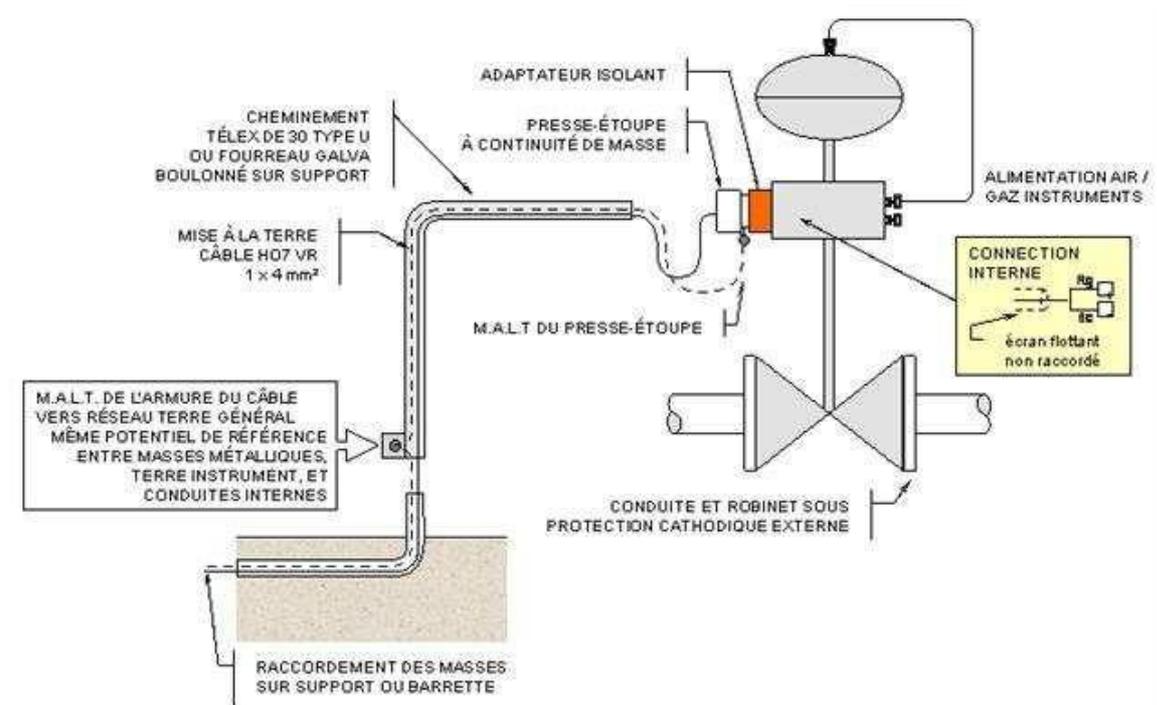
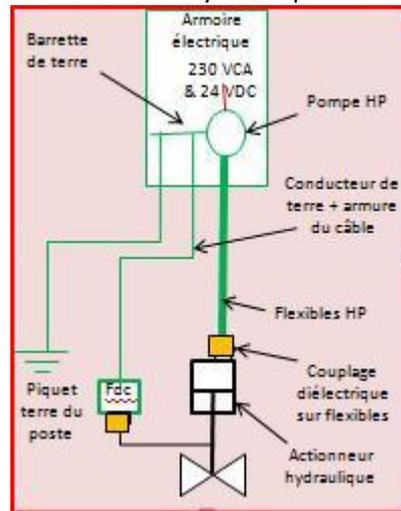
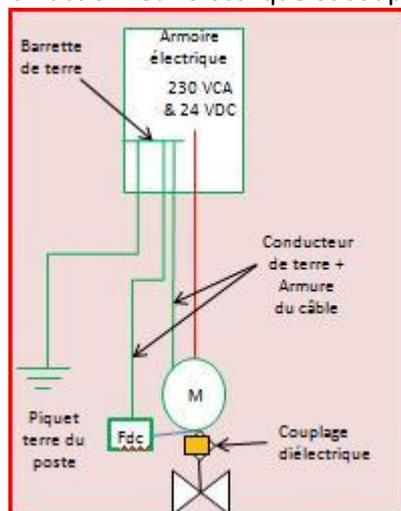
Cette solution est applicable uniquement si l'armoire électrique est en TBTS avec un schéma des liaisons à la terre IT ou en TBTP avec un schéma des liaisons à la terre TN.

Nota : La protection par très basse tension (TBT) est une mesure de protection soit par :

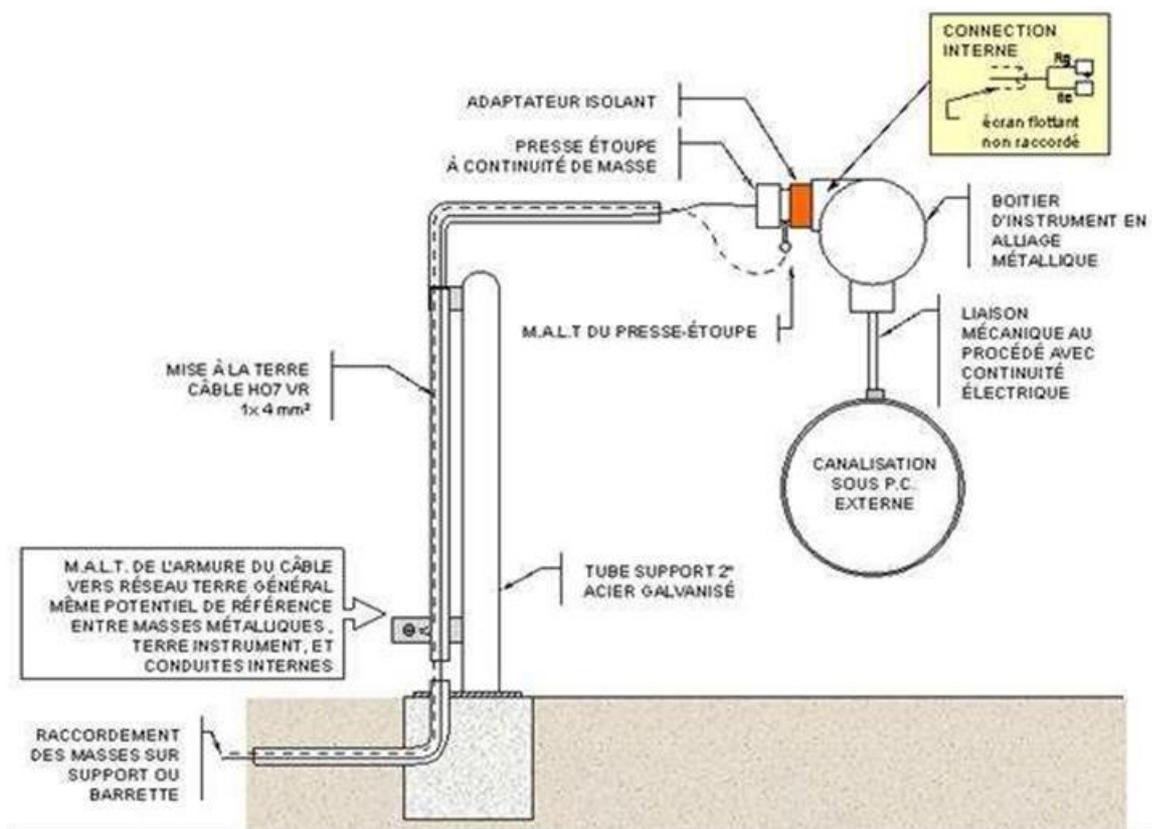
- ✚ Très Basse Tension de Sécurité (TBTS) dont le circuit ne doit pas être relié électriquement à la terre, ni à des parties actives, ni à des conducteurs de protection appartenant à d'autres circuits.
- ✚ Très Basse Tension de Protection (TBTP) ayant un point du circuit secondaire relié à la terre mais satisfaisant à toutes les autres conditions de la TBTS.

Variante détail 1

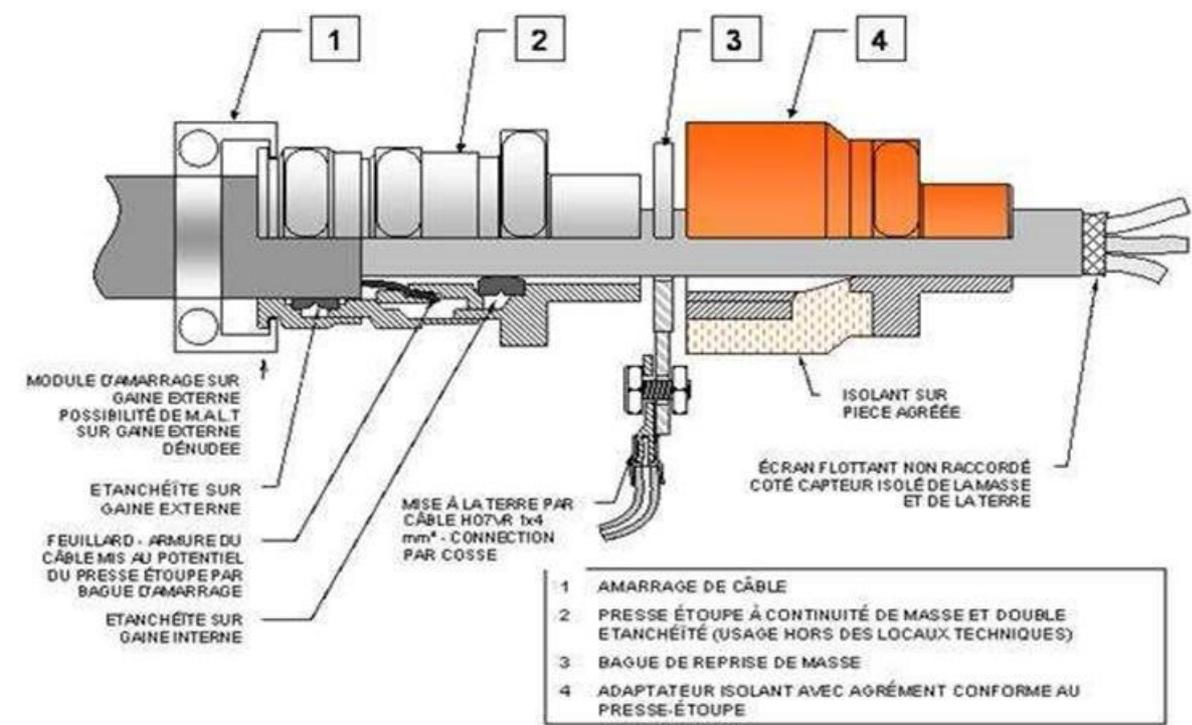
Mise en place d'un adaptateur isolant et presse étoupe à continuité de masse à la place de raccord isolant sur le tubing


Détail 2 : Isolement de la vanne par un actionneur hydraulique.

Détail 3 : Isolement de la vanne par un actionneur électrique et couplage diélectrique.


Détail 4 :



Détail du presse-étoupe isolant



10 Annexe 2 : Systèmes de découplage

Dispositif Utilisation	Éclateurs	Cellules de polarisation électrochimiques	Cellules de polarisation électroniques I (*)	Cellules de polarisation électroniques II (*)	Condensateurs	Équipements de vanne
MàT des courants alternatifs		+++ 5 à 100 kA	+++ 40 à 70 A permanents	+ 1A max	+++	
Equipotentialité foudre	+++ 100 kA(8-20mS) 100 kA (10-350 µS)	++ 100 kA	+++ 100 kA(8-20µS)	+++ 100 kA (8-20µS)		
Equipotentialité / défauts AC Protection des travailleurs	++ 500A/0,5 sec	+++ 100 kA/0,5 sec tension résiduelle 15 V	+++ 3,5 kA/0,5 sec tension résiduelle 15 V	+++ 25 kA-10/350µS tension résiduelle 14 V		
Blocage des courants DC (seuil)	+ 80 - 1000 V	++ 1,2 à 1,7 V fuite de 1 à 40 mA	+++ 3 V fuite de 5 à 500 µA	+++ 6 V fuite de qq µA	+++	+++
Avantages	Protection foudre Tarif intéressant EN 50164-3 EN 62305-3		Polyvalence	Produit Français EN 62305-1 et 62305-3	Tarif	Tarif
Utilisable en ICPE	+		+	+		+++
Compatibilité protection des travailleurs NF-C 15100		+	+	+		+

	Éclateurs	Cellules de polarisation électrochimiques	Cellules de polarisation électroniques	Condensateurs	Équipement des vannes
Protection des joints isolants/foudre	+++	+++	+++		
MàT des courants alternatifs		+++	++(+)	+++	
Séparation MàT/ PC Station- Sectionnements (PC complexe)		+++	++(+)		+++
Entretien maintenance	+++	+	+++	+++	+++

*Attention au choix des cellules électroniques en fonction des caractéristiques requises

11 Annexe 3 – Schéma de Liaison à la Terre (SLT)

En BT on ne parle plus de régime de neutre mais du Schéma de Liaison à la Terre (SLT) qui recouvre le mode de liaison à la terre :

- ✚ du neutre du secondaire du transformateur HT/BT qui peut être soit isolé, soit relié directement ou encore relié par une impédance à la terre.
- ✚ des masses de l'installation.

Pour la codification SLT : la première lettre caractérise le point neutre de la source :

- ✚ I : Isolé
- ✚ T : relié à la Terre

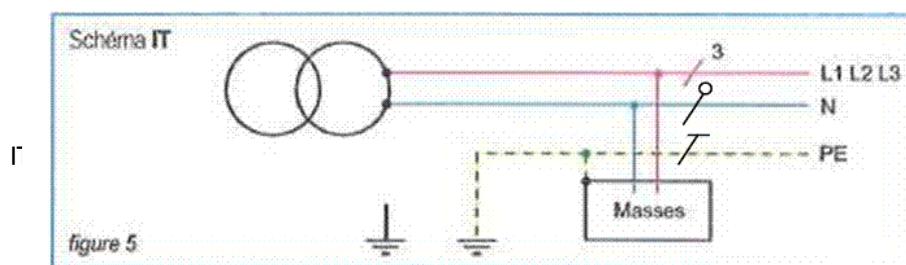
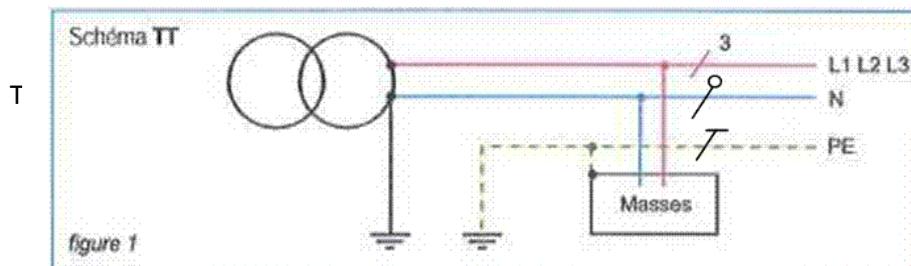
La deuxième lettre caractérise les masses électriques des récepteurs :

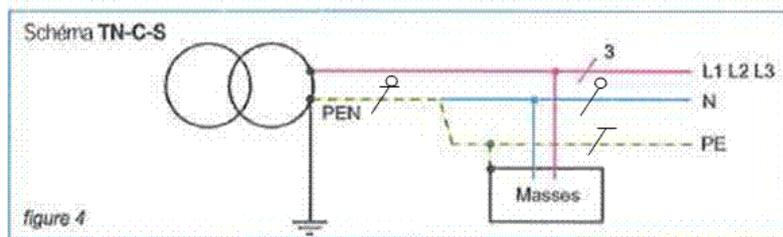
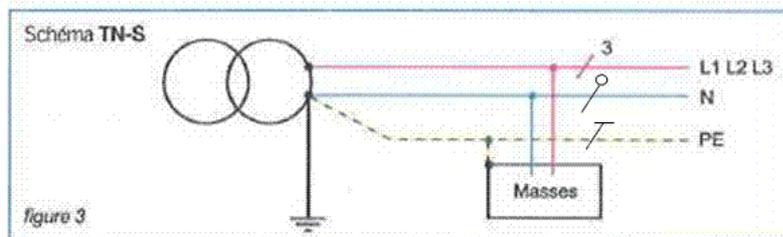
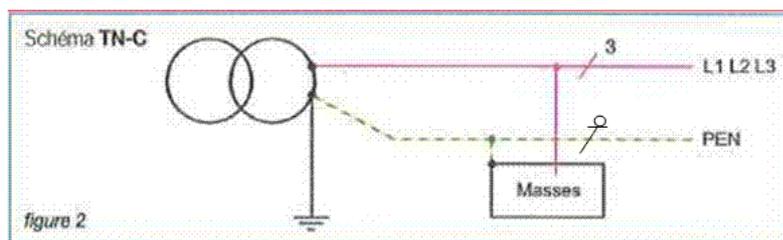
- ✚ T : relié à la Terre
- ✚ N : relié au Neutre

La troisième lettre (facultative) caractérise la situation du conducteur neutre et du conducteur de protection :

- ✚ C : N et PE sont communs PEN
- ✚ S : N et PE séparés

Les principaux schémas de liaison à la terre sont :





TN : Mise au neutre en 3 versions.

Le schéma TN-C est interdit en zone ATEX