

Avant propos

Il serait prétentieux de ma part de faire le tour complet de ce vaste sujet, je compte sur la perspicacité des lecteurs du Forum de compléter et de corriger mes propos ci-dessous.

Cette note comprend désormais deux chapitres. Le premier concerne l'historique de la mise à la terre des masses. Le second concerne l'historique des schémas des liaisons à la terre.

Note : Cette deuxième partie est issue d'un document dont je ne me souviens plus de l'origine. Il n'est pas de mon cru donc, il vous appartient lorsque vous y ferez référence de mentionner « **Origine inconnue** »

I Historique de la mise à la terre des masses

1 Généralités

A part quelques exceptions intéressant essentiellement les installations à très basse tension et à basse tension (matériels de classe II et III, installations faisant l'objet du mode de protection : séparation des circuits, etc.), Les masses appartenant à une installation électrique doivent être reliées à une prise de terre unique ou à un ensemble de prises de terre interconnectées (C'est la règle.)

Les prises de terres ont joué et jouent encore un rôle prépondérant en ce qui concerne la protection contre les contacts indirects (masses mises accidentellement sous tension.) Appelé aussi dans certains document « **protection des personnes** » Cette appellation bien qu'elle soit vraie n'est pas conforme à la règle.

Tous les textes parus à ce jour sont unanimes. **La sécurité des personnes n'est assurée que si la prise de terre est associée à un dispositif de coupure.** Voyons avec un peu plus de détail pour chaque régime de neutre (Appelé aujourd'hui Schéma des liaisons à la terre) comment appliquer ces prescriptions :

- Installations dont le neutre est directement relié à la terre. Dans ce type d'installation l'association de la valeur de la prise de terre et d'un dispositif DR doit être telle que la remontée en potentiel des masses n'excède pas la tension limite de sécurité exigée.
- Installations mise au neutre. Ce type d'installation est couramment utilisé dans de nombreux pays, notamment en Allemagne. En France, ce mode de protection était prévu par l'art 39 du décret 14 novembre 1962, mais inapplicable jusqu'à la parution de l'arrêté du 19 octobre 1972. Par ailleurs la Norme NFC 15-100 d'octobre 1969 (la bleue) traite de ce mode de protection au chapitre 6 article 6.3.5.3 mesure dite « B3 », mais de façon très succincte. L'UTE a publié d'autre part un guide pratique UTE 15-127 intitulé : « Guide pratique pour la mise au neutre et dispositif de coupure associé » Il paraît désormais possible d'envisager des installations électriques basées sur ce mode de protection. Le fondement de ce mode de protection est basé sur la coupure au premier défaut d'isolement par les dispositifs de protection contre les surintensités et sur la tension de contact entre la masse en défaut et le point de liaison équipotentielle le plus proche. La coupure devant intervenir dans un temps tel que cette tension de contact devant rester inférieure à la courbe de sécurité.
- Installations à neutre non relié à la terre (neutre isolé ou neutre impédant). Ce type d'installation était majoritaire chez les industriels français. Malgré la présence d'un défaut d'isolement la poursuite de l'exploitation de l'installation était primordiale. Il est par

exemple exclu d'une coupure de l'alimentation de l'énergie électrique d'une salle d'opération d'un plateau technique. Les conditions de la réalisation de telles installations sont soumises à des règles précises, en voici quelques-unes : mises à la terre des masses, interconnexions de prises de terre (neutre, masses HT et masses BT), signalisation du 1^{er} défaut d'isolement (neutre compris) et coupure en cas de 2 défauts d'isolement simultanés. Cette dernière condition rejoint les propos formulés au chapitre précédent.

Le disjoncteur différentiel. Si mes souvenirs sont bons le disjoncteur différentiel (vous l'appellerez comme vous voulez – **D**ispositif **D**ifférentiel à courant **R**ésiduel soit DDR) est né pour éviter le truandage des consommations d'énergie électriques. En effet quelques petits malins se sont vite aperçus après le changement de tension des réseaux triphasés en 220Volts entre phases par le 380V entre phases (soit 220Volts entre une phase et le neutre), qu'il était possible de raccorder une installation électrique entre un conducteur de phase et la terre (n'oubliez pas que l'arrêté technique avait imposé la mise à la terre du neutre du transformateur). La boucle était fermée, l'installation « fonctionnait » et le compteur d'énergie n'enregistrait pas les consommations. L'EDF et les constructeurs se sont penchés sur ce problème et c'est ainsi qu'est né le différentiel. Après l'installation de celui-ci tout branchement pirate était sanctionné par l'ouverture du disjoncteur.

La fonction de protection n'est intervenue que bien plus tard. Dans les schémas IT, il joue également un rôle important dans la protection des conducteurs neutres contre les surintensités pouvant apparaître en cas de double défaut dont un affectant le neutre.

C'est avec la parution du décret du 14 novembre 1962 (successeur du décret du 4 août 1935) qu'apparurent les trois régimes de neutre que vous connaissez bien. Je vais simplement les citer :

- Neutre directement relié à la terre → : Schéma TT
- Neutre non directement relié à la terre → : Schéma IT
- Mise au neutre → : Schéma TN

Les Schémas des Liaisons à la Terre (SLT) ont beaucoup évolués avec la parution des diverses NFC 15-100 (la révolutionnaire couverture grenat en 1977, la rouge en 1991 et enfin plus proche de nous la violette en décembre 2002). En ce qui concerne les SLT, dans les chaumières, on dit encore régime de neutre, dans le fond cela ne change rien. Il difficile de changer les habitudes. EDF parle encore de la « moyenne tension » alors que celle-ci a été normalement supprimée du vocabulaire en 1988 suite à la parution commune du guide pratique UTE C 18-510.

Dans les années 50, en application avec les textes réglementaires, les industriels français propriétaires de leur poste de transformation ont exploité un grand nombre d'installation en régime IT (neutre distribué ou pas). La surveillance du premier défaut d'isolement étant exigée, ils ont imaginé des dispositifs permettant sa signalisation. Le premier d'entre eux était constitué par 3 lampes néon montées en étoile. Le point étoile était quant à lui était relié directement à la terre. Les lampes devaient supporter la tension composée.

Principe de fonctionnement :

- Absence de défaut → L'éclat des lampes était identique.
- Défaut franc → Une lampe éteinte, les autres éclairaient vivement.
- Défaut résistant → L'éclat des lampes était variable selon la valeur du défaut.

Certains avaient imaginé un test afin de vérifier le bon fonctionnement du dispositif.

Suite à la parution du décret du 14 novembre 1962, ce dispositif très rudimentaire a été remplacé par des appareils plus élaborés mis au point par de grands constructeurs (Alsthom et Merlin Gerin). Parmi ces dispositifs on peut citer :

- Par injection de courant continu.
- Voltmètrique.
- A seuil d'amorçage.
- A diodes.

Sans rentrer dans les détails de choix et d'installation, je vous rappelle la nécessité d'installer dans les schémas IT entre le point neutre du transformateur et la terre un limiteur de surtension.

2 Chronologie de quelques textes imposant la mise à la terre des masses :

- 1927 Arrêté technique qui impose la mise à la terre du neutre dans les réseaux de distribution. La raison essentielle de cette prescription concerne la sécurité vis-à-vis du mélange entre les installations appartenant à diverses catégories.
- 1935 Première norme (je n'ai pas de précision sur ce texte) qui impose la mise à la terre des masses métalliques. Elle s'applique aux installations dont la tension nominale est supérieure à 150V.
- 1935 Le décret du 4 août 1935 imposait la mise à la terre du neutre des installations à courants alternatifs 42V entre phases pour qu'elles puissent être considérées comme installations à très basse tension.
- 1935 Le décret du 4 août 1935 prévoyait le risque de défaut d'isolement, il imposait la mise à la terre des masses sans indication ni sur la valeur de la prise de terre ni sur l'association avec un dispositif de coupure.
- 1962 Comme je l'ai dit précédemment, la parution du décret n° 62-1454 du 14 novembre 1962 a été un tournant en particulier avec la parution d'arrêtés d'applications et de circulaires dont je ne citerais que la plus importante (par son volume et la richesse de son contenu). Il s'agit de la circulaire SEC/EL N°14 du 10 mars 1971 (non parue au JO) qui commente les dispositions de la section IV concernant la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.
- 1962 Application de l'article 13 du décret du 14 novembre 1962. Pour les bâtiments neufs, la circulaire n°66-32 (17Août 1966) ainsi que la note technique SEC/EL n°14 (10 mars 1971), indique que la prise de terre des masses doit être la plus réduite possible, inférieure à 1 Ohm si possible et préconise le procédé dit à « ceinturage à fond de fouille »
- 1970 Arrêté interministériel de 1970. Cet arrêté traite de la réalisation des prises de terre (conducteur, constitution et vérification), de la mise à la terre des points neutres des transformateurs et de la mise à la terre le long des lignes (distribution monophasée et triphasée)
- 1972 L'UTE édite (10 février 1972) un guide pratique (UTE 15-120) pour l'établissement des prises de terre dans les bâtiments. Ce guide complète et précise les règles énoncées dans le chapitre 6 de la norme NFC 15-100 d'octobre 1969 (La bleue). Ce guide fait également le rappel des conditions de protection contre les contacts indirects dans les

installations dont le neutre est relié à la terre et dont les masses sont reliées à des prises de terre distinctes de celles du neutre. Sans trop rentrer dans les détails, ce guide pratique précise que les dispositifs à maximum de courant de courant ne sont pas appropriés pour assurer la protection contre les contacts indirects, et précise le rôle du dispositif DR.

- 1972 La note d'interprétation de l'UTE 15S-20-047 du 21 juin 1972 impose la liaison des armatures du béton armé aux prises de terre.
- 1978 Arrêté technique fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions.
- 1988 Section IV du décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 concernant la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en oeuvre des courants électriques. Ce texte a gardé la même structure que son prédécesseur (décret n° 62-1454 du 14 novembre 1962) une révision s'imposait pour tenir compte de l'évolution des techniques et de l'harmonisation avec la norme NFC 15-100 et la directive BT de la communauté Européenne.
- 1991 Arrêté technique fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions. Ce texte abroge l'arrêté du 26 mai 1978.
- 1991 circulaire n°2776 du 16 mai 1991 relative à l'application de l'arrêté interministériel du 2 avril 1991 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie. Lire en particulier le chapitre concernant la mise à la terre et protection.

Cette liste de textes n'est pas exhaustive, il vous appartiendra de la compléter si nécessaire. En ce qui concerne l'application de la mise à la terre des masses on peut encore citer :

Les installations de l'audio-visuel : La mise à la terre des masses s'est imposée dans des installations particulières telles que celles de l'O.R.T.F. dans ces installations, le courant à écouler à la terre peut être de nature diverse :

- Courant alternatif à fréquence industrielle, en cas de défaut d'isolement dans les installations d'énergie électrique.
- Courant à haute fréquence dans certaines stations d'émission.
- Courant de foudre, notamment dans les centres d'émission et les réémetteurs.

Je vous renvoie à la conférence faite le 15 octobre 1968 à Issy-les-moulineaux par notre regretté G. BODIER Docteur ingénieur AM et ESE qui traite complètement des installations de l'O.R.T.F

Les installations de protection contre la foudre :

Beaucoup de choses sont à dire sur ce sujet, Je vais simplement vous rappeler que la conception de la prise de terre est très importante pour écouler les courant de foudre à front raide (prise de terre en patte d'oie par exemple). Voir document EDF sur le comportement des prises de terre localisées parcourues par des courants à front raide : 88H 379071.

Les installations dans les dépôts d'hydrocarbures :

Je vais terminer ici cette réponse et j'attends de votre part des commentaires.

3 Les normes

Cette liste serait incomplète si je n'y incluais pas dans ces commentaires les normes successives qui sont applicables aux installations électriques à basse tension (série 15) et à haute tension (série 13) et qui évoquent les prises de terres et les valeurs qui leur sont affectées. Je ne dirais qu'un mot pour préciser que les instances (législative et normatives) se sont rapprochées afin d'harmoniser le décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 et la norme NFC 15-100.

II Historique des schémas des liaisons à la terre

Un peu d'histoire...

La notion de schéma des liaisons à la terre n'apparaît clairement dans la réglementation et la normalisation française qu'au début des années 60, respectivement dans le décret de protection des travailleurs du 14 novembre 1962 et dans la norme NF C 15-100 de mars 1963 (la bleue) ; toutefois les désignations symboliques par lettres ne sont introduites que vers 1970 du fait que cette désignation a été établie par le CENELCOM au début des travaux d'harmonisation des règles d'installation dans les pays du Marché commun de l'époque.

Antérieurement, les notions de liaisons à la terre étaient demeurées très imprécises ; elles proviennent de deux considérations : d'une part, l'arrêté dit technique fixant les conditions auxquelles doivent répondre les distributions d'énergie électrique, imposent en 1927 la mise à la terre du neutre au poste de transformation pour des raisons de limitation des surtensions ; d'autre part, les textes prévoient dès 1935 la mise à la terre de certaines masses mais sans y associer la fonction de coupure automatique.

La combinaison de ces deux mises à la terre préfigure la conception du schéma TT qui est aujourd'hui utilisé de façon très générale dans les réseaux de distribution publique à basse tension en France.

Le développement de l'utilisation de l'électricité qui peut nécessiter une continuité de service pour des raisons fonctionnelles, économiques ou de sécurité amène à concevoir un schéma ne nécessitant pas de coupure lors d'un défaut d'isolement; une telle conception consiste à isoler de la terre le neutre et à réaliser ainsi un schéma IT.

Par contre, le schéma TN est complètement ignoré en France bien qu'il soit largement utilisé depuis fort longtemps dans un grand nombre de pays qui le considèrent comme simple, pratique et sûr ; c'est ainsi que ce schéma connu sous le nom de « **mise au neutre** » (*nullung* en allemand) est largement utilisé dans de nombreux pays tels que l'Allemagne, la Suisse, l'Autriche, l'Angleterre, les Etats-Unis, le Canada... avec de légères variantes. Bien que ce schéma ait été introduit dans la NF C 15-100 de 1963 et dans le décret du 14 novembre 1962, le ministère du Travail ne reconnaît pas la possibilité de réaliser une installation en schéma de mise au neutre, tant qu'une norme rendue d'application obligatoire n'en aura pas défini les conditions de réalisation pour assurer la sécurité des travailleurs. La liaison des masses au conducteur neutre qui, par définition est un conducteur actif, faisait craindre à certains un risque de présence de tension sur les masses pouvant être dangereuse pour les personnes ; une telle crainte était complètement subjective et on pouvait se demander si, dans les pays utilisant ce schéma même en distribution publique, les personnes étaient davantage en danger alors que les statistiques montraient que le taux d'accidents d'origine électrique n'était pas supérieur à celui de la France.

Néanmoins, il a fallu attendre que soit publié en 1973 un document normatif définissant les conditions de protection en schéma TN pour que le ministère du Travail

autorise officiellement la réalisation de ce schéma dans les installations électriques des établissements soumis au Code du Travail. Ce document, basé sur les études internationales sur la sécurité des personnes, comportait la première courbe définissant le temps de coupure en fonction de la tension de contact présumée.

Cela explique pourquoi les exploitants n'ayant le choix qu'entre deux schémas ont généralement choisi celui qui leur paraissait présenter le plus d'avantages, c'est-à-dire le schéma à neutre isolé (IT) qui permettait d'assurer la continuité de l'alimentation même en cas de défaut. Un tel avantage aurait été réel si la réalisation des installations avait respecté toutes les exigences nécessaires au fonctionnement sûr des installations dans ce schéma, ce qui malheureusement n'était que rarement le cas.

Il convient d'ajouter que le schéma IT est totalement ignoré de l'Angleterre et de l'Amérique du Nord. Dans certains pays comme l'Allemagne, il n'est utilisé que pour des applications particulières.

Depuis 1973, le schéma TN est de plus en plus utilisé dans les installations des domaines industriels et tertiaires, en raison des facilités de réalisation et d'exploitation et des économies qu'il apporte. Toutefois, force est de reconnaître que le schéma IT a encore ses défenseurs.