

# Incidence des nouvelles prescriptions sur l'implantation des postes extérieurs

Autor(en): **Leibundgut, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **65 (1974)**

Heft 5

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915373>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

des tronçons ou des raccordements câblés, et les câbles, selon leur genre, sont susceptibles d'engendrer des courants capacitifs de terre largement plus élevés que les lignes aériennes. D'autre part, il faut compter avec les modifications de couplage inhérentes à toute exploitation.

En possession de l'inventaire des lignes aériennes et des câbles d'une portion de réseau relié à une même barre collectrice d'alimentation, on peut calculer avec une exactitude suffisante le courant de terre. Mais, cet inventaire peut-il être régulièrement tenu à jour?

Une autre méthode, plus simple, consiste à mesurer directement le courant en branchant un disjoncteur de puissance sur un court-circuit artificiel. Il convient cependant de faire la mesure en heures creuses.

Lorsqu'on connaît la valeur du courant de terre, on peut calculer les niveaux de tension de contact et de pas. Nous effectuons sur les installations M.T. les mêmes prises de terre que sur celles à haute tension. Comme on ne déclenche pas en cas de court-circuit, la tension de contact ne peut dépasser durablement 50 V. Or, avec notre système et prise de terre, le rapport (tension de contact/tension à la prise de terre) est assez exactement égal à 33 %. On peut donc admettre une tension à la prise de terre égale ou inférieure à 150 V.

Avec une résistance de prise de terre de 5 à 6  $\Omega$ , on peut donc écouler un courant de terre de 30 A respectivement 25 A. Pour des réseaux de campagne composés essentiellement de lignes aériennes, les courants de terre ne dépassent pas ces valeurs et la solution retenue convient parfaitement. Au-dessus de celles-ci, dans les réseaux interurbains à forte densité de câbles, on peut songer à compenser le courant capacitif de court-circuit à l'aide de bobines d'extinction. En effet, le déclenchement immédiat d'un court-circuit permanent dans un

réseau interurbain est aujourd'hui chose impossible. Cependant, nous sommes toujours d'avis, d'une part, que l'appareil dont on peut se passer est celui qui fonctionne le mieux, et d'autre part, qu'en ville, outre qu'il est difficile voire impossible de déterminer les niveaux des tensions de contact et de pas, le réseau de terre est meilleur qu'en campagne et l'asphalte des routes et trottoirs constitue un isolant efficace.

#### 4. Conclusions

Les accidents de personnes consécutifs à des courts-circuits à la terre sur les installations H.T. et M.T. sont extrêmement rares.

Le projet de la nouvelle ordonnance ne demande pas d'adapter les installations existantes.

Sans vouloir dire qu'il n'est pas nécessaire de tout mettre en œuvre pour prévenir les accidents, il faut tout de même reconnaître qu'on a jusqu'ici pas enregistré en Suisse un seul accident mortel consécutif à un défaut de terre.

La protection absolue, tant technique que financière, est impossible à réaliser. Le rôle du distributeur d'énergie électrique consiste avant tout à livrer une marchandise de qualité au meilleur prix. La rationalisation des équipements doit aussi avoir son mot à dire dans le domaine des protections qui nous concernent. A partir d'un certain niveau raisonnable, augmenter de quelques pourcents la sécurité conduit à des dépenses supplémentaires hors de proportion avec le gain obtenu.

#### Adresse de l'auteur:

J. L. Baeriswyl, Sous-directeur technique de EEF, 1700 Fribourg.

## Incidence des nouvelles prescriptions sur l'implantation des postes extérieurs

Par M. Leibundgut

### 1. Introduction

Le but de cet exposé est d'examiner, à la lumière des nouvelles prescriptions et plus particulièrement en tenant compte des aspects fondamentalement nouveaux de ces dernières, quelques particularités concernant l'implantation des postes de couplage extérieurs.

Lorsque l'on étudie la mise à la terre d'un poste en fonction de son implantation, on est obligé de tenir compte, bien entendu, des conditions dans lesquelles on exploite ce poste (Pcc, régime du neutre, etc.). C'est pourquoi, par la suite, nous dirons aussi quelques mots, de certains aspects intéressants de l'exploitation, qui touchent directement la mise à la terre d'un ouvrage HT.

#### Rappel

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il paraît utile de rappeler rapidement le double rôle de la mise à la terre d'une installation HT:

– Elle doit d'abord protéger tous les êtres vivants qui se trouvent dans l'installation ou aux alentours de cette der-

nière, contre l'apparition de tensions de contact ou de pas dangereuses, au moment d'un défaut survenant, soit à l'intérieur de l'installation, soit quelque part sur le réseau. Notons que, si la fonction «protection des êtres vivants» est remplie, le matériel est également protégé, du fait que toutes les tensions qui, lors d'un défaut, peuvent se produire entre des différentes parties d'équipement, restent inférieures à des valeurs provoquant des claquages ou des arcs dommageables.

– En outre, la mise à la terre doit, dans certains cas, permettre le passage au sol d'un courant de service normal.

Cette double fonction étant définie, ou plutôt remise en mémoire, nous allons d'abord voir, dans le cadre des installations à HT, quelles sont les innovations fondamentales introduites dans les nouvelles prescriptions concernant les mises à la terre.

Ensuite nous en déduisons les conséquences essentielles pour l'implantation des postes de couplage extérieurs et pour la réalisation de leur mise à la terre.



## 2. Nouvelles notions fondamentales relatives aux prescriptions concernant la mise à la terre des installations à HT

Rappelons les notions que nous estimons les plus importantes:

– La première caractéristique que nous mentionnerons est l'introduction, dans les nouvelles prescriptions, de la notion de «zones».

La région occupée, ou pour être plus précis «influencée», par un ouvrage HT est divisée en différentes zones. On distingue la zone de l'ouvrage, la zone de transition (ces deux premières constituant la zone de haute tension) et la zone de basse tension. Chacune de ces zones est caractérisée, par l'allure de la courbe représentative du potentiel de terre, le long d'une coupe à travers un ouvrage HT dont la prise de terre est parcourue par un courant de défaut (Fig. 1). Nous reviendrons plus tard sur la définition exacte de la zone de l'ouvrage et de la zone de transition.

– Le deuxième point nouveau qui attire l'attention, c'est la disparition des quasi historiques «terre de protection» et «terre de service» et leur remplacement par une «prise de terre générale» ou plus simplement par une «terre générale».

A l'origine on avait voulu séparer les deux fonctions «protection» et «service». Par la suite on s'est très vite rendu compte de la nécessité de relier ces deux systèmes de mise à terre, et maintenant, il apparaît judicieux de n'envisager à leur place, dans la zone d'un ouvrage HT qu'une seule et unique terre générale.

– Troisième et dernier point, mais à notre avis peut-être le plus important: La nouvelle manière de définir les valeurs limites des différentes tensions qui se produisent dans un ouvrage HT au moment d'un défaut:

Tout d'abord on voit apparaître «officiellement» la définition de la tension de contact et de la tension de pas, ces deux notions étant déjà implicitement contenues dans l'art. 13 de l'ordonnance fédérale actuellement en vigueur.

Ensuite, les nouvelles prescriptions n'imposent plus que, dans la zone de l'ouvrage, la différence de potentiel entre une ligne de terre quelconque de l'installation HT et la terre de référence soit inférieure à une certaine valeur.

Seules les valeurs «locales», c'est-à-dire les tensions de pas et les tensions de contact sont prises en considération dans la zone de haute tension. De plus, et cela est capital, les tensions de pas et de contact admissibles sont définies en fonction de leur durée d'application. Il est précisé, à l'art. 2 des nouvelles prescriptions, que:

Les dispositifs de protection doivent fonctionner de telle sorte qu'une tension de contact ou de pas provenant d'une installation à courant alternatif à haute tension, de fréquence inférieure à 100 Hz ne dépasse jamais durablement 50 V, ni passagèrement les valeurs fixées par la courbe  $V_{adm} = f(t)$  donnée (figure 2).

Nous le savons, cette nouvelle conception se justifie doublement:

a) Du point de vue physiologique d'abord, le fait est établi que le danger représenté par une tension de pas ou de contact, à la fréquence industrielle, dépend de la durée pendant laquelle un être vivant est soumis à cette tension.

b) Du point de vue technique ensuite rappelons simplement qu'un courant de prise de terre provenant d'un défaut est normalement éliminé en quelques dixièmes de secondes par les dispositifs de protection.

## 3. Incidences des notions nouvelles sur l'implantation et sur la réalisation de la mise à la terre d'un poste

L'étude de l'implantation d'un poste en fonction de la protection contre l'apparition de tensions de contact et de pas dangereuses, nous amène tout naturellement à examiner de plus près les particularités des zones définies précédemment.

Nous allons donc voir maintenant, pour la zone de l'ouvrage et pour la zone de transition, quelles considérations nous suggèrent les notions fondamentales nouvelles dont nous venons de parler.

La zone de l'ouvrage est, par définition, la partie de l'installation à haute tension où la répartition des tensions est fixée, grâce à la prise de terre générale, de telle sorte que la chute de potentiel au niveau du sol ne se produit qu'en dehors de la zone en question. En d'autres termes, la zone de l'ouvrage est en quelque sorte une surface équipotentielle, eu

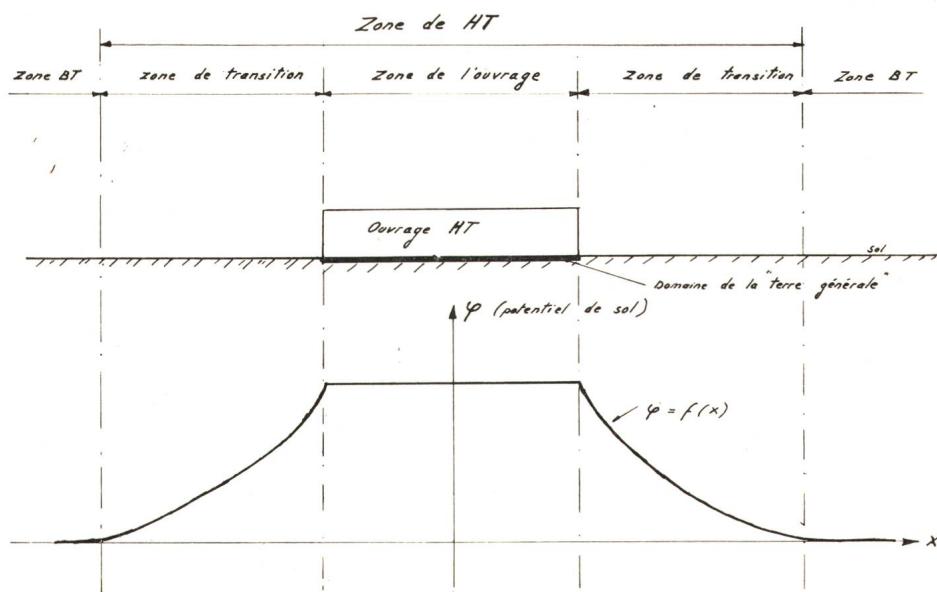
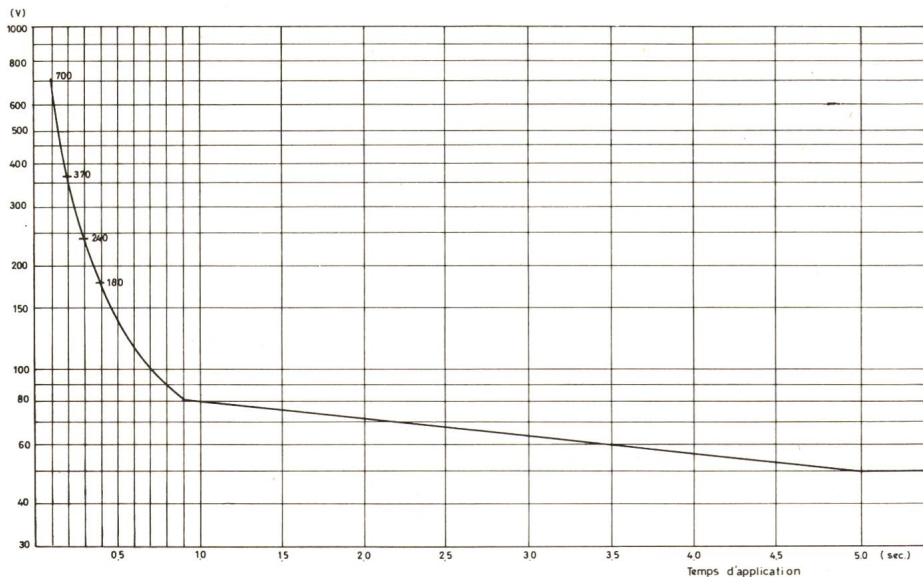


Fig. 1  
Définition des «zones» d'une installation HT





**Fig. 2**  
Tensions de pas et de contact admissibles

égard au potentiel de terre. D'ores et déjà, on voit apparaître le rôle de la prise de terre générale unique. Il est de limiter à des valeurs non dangereuses les différences de potentiel sur le sol dans la zone de l'ouvrage, c'est-à-dire d'assurer l'égalisation du potentiel au niveau du sol, et de ce fait, de maintenir les tensions de pas et les tensions de contact au-dessous des valeurs limites admises. Si l'on pense aux tensions de contact, on peut, dans l'ouvrage lui-même, parler non seulement d'une surface équipotentielle, mais bien d'un «volume équipotentiel» constitué par la terre générale et par tous les objets qui y sont reliés.

L'introduction de la notion de «terre générale» dans les nouvelles prescriptions est sans doute une simplification bienvenue qui supprime le risque de confusion qui existait parfois entre la «terre de protection», la «terre de service» et la «terre séparée».

Les nouvelles prescriptions précisent clairement quels sont les éléments de la zone de l'ouvrage qui doivent être reliés à la terre générale, et comment doivent être traitées les installations BT situées entièrement à l'intérieur de l'ouvrage HT, ou celles qui s'étendent à l'extérieur. Il n'y a, pour ce dernier point, rien de fondamentalement nouveau par rapport aux anciennes prescriptions. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce sujet plus loin.

Nous avons vu tout à l'heure que la tension de la prise de terre, qui se manifeste au moment du passage d'un courant de défaut, n'est pas prescrite, mais que seules les tensions de contact et de pas ne doivent pas dépasser des valeurs limites en amplitude et en durée.

Que signifie cela pour la prise de terre générale?

Cela veut dire tout simplement qu'il ne faut pas, lors de la réalisation d'une prise de terre générale, vouloir rechercher à tout prix une résistance de passage à la terre minimum. La qualité de la mise à la terre réside dans la disposition judicieuse des électrodes et dépend surtout de la manière dont les électrodes guident le potentiel de sol et réduisent à un minimum, les tensions de contact et de pas.

Il n'est pas nécessaire d'insister sur les avantages que représente cette nouvelle façon de voir, en particulier pour des postes implantés dans des terrains à haute résistivité de sol, où la création d'une prise de terre à basse résistance peut être très coûteuse.

Voyons maintenant comment se traduit, sur la prise de terre, c'est-à-dire sur l'ensemble des électrodes et des conducteurs de terre, le fait que les nouvelles prescriptions admettent qu'un courant de défaut est rapidement éliminé par les dispositifs de protection (nous l'avons vu, cela découle de l'interprétation des définitions pour les tensions admissibles de pas et de contact).

Il faut dire tout d'abord que cette nouvelle conception est parfaitement justifiée, car l'expérience montre que les défauts les plus importants qui peuvent survenir en cours d'exploitation, sont éliminés, dans la plupart des cas, après un temps se situant entre 0,1 s à 0,2 s.

Il est donc parfaitement légitime que l'on tienne compte de ces temps, lors du dimensionnement des lignes et des électrodes de terre, du point de vue thermique. Les sections minima étant, bien entendu, fixées comme par le passé.

Mentionnons encore une particularité concernant la terre générale d'un ouvrage HT. En effet, il est possible, lors d'un défaut (court-circuit bipolaire avec terre, coup de foudre direct), qu'elle prenne un potentiel élevé du fait que sa résistance de passage à la terre peut être assez grande, en vertu de ce que nous avons dit précédemment. S'il existe, dans le domaine d'une telle terre générale, une installation BT ou MT alimentant un réseau qui s'étend en dehors de la zone de haute tension, il y a lieu de prendre toutes les mesures nécessaires (terre séparée, isolation des équipements BT par rapport à la terre générale) pour éviter qu'un potentiel élevé de la terre générale ne soit transmis à l'extérieur. Cela était déjà vrai auparavant, mais revêt maintenant une importance particulière.

Venons-en, maintenant, à la zone de transition:

La zone de transition est définie comme une zone intermédiaire entre la zone de l'ouvrage et la terre de référence, dans laquelle le courant de prise de terre peut engendrer entre deux points des tensions importantes.

Cette définition appelle quelques commentaires:

En fait, du côté de l'ouvrage, la limite de la zone de transition est assez bien déterminée: c'est la périphérie de la terre générale. Par contre, de l'autre côté, c'est-à-dire du côté de la terre de référence, ou de la terre neutre si l'on veut, l'étendue de cette zone de transition est difficilement délimitée. L'art. 11 des nouvelles prescriptions précise que dans le



cas des installations dont la prise de terre peut venir à conduire un courant important, l'étendue de la zone de transition doit être déterminée par des mesures. Pour les installations à point neutre isolé ou équipées de bobines d'extinction, on peut admettre qu'elle s'étend jusqu'à 20 m au-delà des limites de la zone de l'ouvrage.

Pour résumer ce qui précède, nous dirons simplement de la zone de transition que l'on sait où elle commence, mais que l'on ne sait pas où elle finit.

L'expérience montre qu'elle n'est pas répartie uniformément, loin de là, autour de la zone de l'ouvrage. L'inconvénient principal qui provient de cette zone de transition est le fait qu'elle peut s'étendre jusqu'à des emplacements habités ou traversés par des voies d'accès et que sa profondeur dépend de la puissance de court-circuit du réseau, ce qui lui donne un caractère évolutif dans le temps.

Comme pour la zone de l'ouvrage, les nouvelles prescriptions indiquent, pour la zone de transition, la manière de protéger les installations BT qui s'y trouvent (Art. 12 et 13) et comment les autres objets conductifs qui la traversent (conduites d'eau ou de gaz, clôtures, etc.) doivent être disposés pour éviter qu'ils ne transmettent une tension dangereuse, à l'extérieur de la zone de haute tension.

Un point particulier est à noter en ce qui concerne les terres séparées des installations BT situées dans la zone de haute tension:

– Pour remplir leur rôle, elles devraient être aménagées au-delà de la zone de transition, c'est-à-dire en zone neutre. Dans certains cas, cette nécessité peut amener des complications dans la réalisation de la prise de terre séparée.

Voyons maintenant comment les notions nouvelles des prescriptions s'appliquent à cette zone de transition:

Quel est le rôle, ou plutôt quelle est l'influence, de la terre générale unique sur la zone de transition?

Des mesures effectuées montrent que le gradient du potentiel de sol, c'est-à-dire la tension de pas, mesuré sur un axe perpendiculaire à la frontière de la zone de l'ouvrage est élevé sur les premiers mètres près de l'installation, puis décroît progressivement jusqu'à la zone neutre.

La terre générale a donc, pour la zone de transition, un rôle clair: elle doit guider le potentiel à la périphérie de l'ouvrage, de manière à ce que les tensions de pas restent dans des valeurs admissibles. La réalisation de la terre générale à la frontière des deux zones d'ouvrage et de transition devra donc être étudiée de manière adéquate (disposition d'électrodes en profondeur, ou partiellement isolées, etc.).

Que dire maintenant, pour la zone de transition, du fait que la valeur admissible des tensions de pas et de contact sont des fonctions du temps.

Selon la caractéristique donnée dans les nouvelles prescriptions, les tensions autorisées pendant 0,1 s à 0,2 s (soit durant le temps nécessaire aux protections pour éliminer un défaut) se situent entre 700 V et 370 V. Ces valeurs sont-elles élevées, sont-elles trop basses? Nous dirons simplement que, si une terre générale a été réalisée correctement, les valeurs limites ci-dessus ne devraient pas poser de trop graves problèmes aux exploitants.

Dans certains cas extrêmes, il sera nécessaire d'envisager des précautions particulières pour l'aménagement de la zone de transition:

– Asphaltage de certaines parties ou pose d'un revêtement de sol isolant.

– Interdiction de l'accès à certains endroits, etc. (ce qui en soi n'est pas une solution).

Ces précautions devraient permettre d'exploiter un poste sans prendre de dispositions spéciales pour limiter la puissance de court-circuit du réseau (en créant des réseaux séparés par exemple), uniquement dans le but d'abaisser les tensions de contact et de pas de la zone de transition, en cas de court-circuit à la terre.

Insistons sur un point:

Les défauts qui provoquent des tensions de pas et de contact les plus élevées sont les courts-circuit à la terre survenant à proximité immédiate d'un poste (Pcc élevé). L'expérience montre qu'ils sont extrêmement rares. A notre avis, il y aurait lieu de tenir compte aussi de la faible probabilité d'apparition de ces défauts au moment de la réalisation de la prise de terre d'un poste et de l'aménagement de la zone de transition.

#### 4. Conclusions

L'augmentation de la consommation d'énergie électrique a eu comme corollaire l'accroissement de la puissance de court-circuit des réseaux. Il en est résulté des avantages pour la qualité et pour la fiabilité du service (chutes de tension limitées lors de l'enclenchement de gros moteurs, possibilité de démarrage direct de groupes moto-pompes, etc.). Malheureusement, certains inconvénients ont également surgi:

– Les appareils doivent être remplacés lorsque leurs caractéristiques de fonctionnement sont dépassées.

– Aux abords et dans les installations à HT, des tensions de pas et de contact dangereuses risquent de mettre en danger des êtres vivants.

Pour éviter d'avoir à remplacer trop souvent du matériel, les exploitants de réseaux ont pris des mesures en vue de limiter la puissance de court-circuit et pour diminuer les courants de défaut à la terre. (Exploitation en réseaux séparés, introduction de transfo à réactances élevées, points neutres isolés dans certains postes, bobines de point neutre, etc.).

Dans ce contexte, les nouvelles prescriptions concernant la mise à la terre des installations HT doivent permettre aux exploitants de mieux coordonner les différents moyens mis en œuvre, d'une part pour économiser de l'appareillage, d'autre part pour empêcher l'apparition de tensions influentes dangereuses, en gardant les avantages d'une puissance de court-circuit aussi élevée que possible. Elles sont «réalistes», car elles tiennent compte des possibilités offertes par les équipements de protection modernes et favorisent, dans le projet d'établissement d'une prise de terre générale d'un ouvrage, la recherche d'une solution économique, sans préjudice pour la sécurité.

Nous tenons à remercier ici tous ceux qui ont contribué à leur élaboration.

**Adresse de l'auteur:**

*M. Leibundgut*, chef des services d'exploitation de l'EOS, 1001 Lausanne.