

**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:** 65 (1974)

**Heft:** 5

**Artikel:** Les mises à la terre dans les réseaux de répartition et de distribution en zones de campagne

**Autor:** Baeriswyl, J.L.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915372>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Les mises à la terre dans les réseaux de répartition et de distribution en zones de campagne

Par J. L. Baeriswyl

## 1. Généralités

Les mises à terre sont une affaire de protection contre les dangers du courant électrique pour les personnes et les choses. Elles déterminent en outre un mode d'exploitation des réseaux quant à la protection de ces derniers.

Comparée aux exigences requises par les dispositions actuellement en vigueur, la nouvelle ordonnance apporte une modification essentielle: quel que soit le genre d'installation, les tensions dangereuses pour l'homme ne doivent pas être dépassées alors que jusqu'ici on estimait écarter tout danger en fixant des valeurs maxima pour les résistances des prises de terre, sans se soucier de la quantité de courant susceptible de les alimenter ni de la façon dont les prises elles-mêmes étaient aménagées.

L'art. 2 du projet de nouvelle ordonnance dit:

a) 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 une courbe ad hoc;

b) qu'une tension de prise de terre provenant d'une installation à courant alternatif à basse tension de fréquence inférieure à 100 Hz n'excède jamais durablement 50 V et qu'elle soit supprimée par déclenchement dans les 5 sec. si cette valeur vient à être dépassée.

## 2. Prises de terres pour réseaux à haute tension de 40 à 60 kV (répartition)

Constatant la difficulté pratique de satisfaire aux conditions de l'art. 2a, la nouvelle ordonnance admet implicitement la notion de probabilité de défaut dans son art. 21:

«Au point de vue du danger résultant des tensions de contact et de pas provenant de lignes à haute tension, il y a lieu de faire une distinction selon que la région traversée par la ligne se range dans l'une ou l'autre des trois catégories suivantes:

1. Régions peuplées où il faut s'attendre à de grands rassemblements de monde ou à la présence prolongée de personnes. Dans ces régions, il faut veiller à ce que les tensions de contact et de pas ne dépassent pas les valeurs fixées à l'art. 2. Si la mise à la terre des supports n'y suffit, on aura recours, en outre, aux autres mesures mentionnées à l'art. 1, ou encore à des mesures spéciales propres à empêcher que la ligne puisse être affectée d'une perte à terre.

2. Autre régions peuplées, telles que lieux voisins de bâtiments épars et de voies carrossables, où il faut compter avec la présence fréquente et régulière d'êtres humains. Dans ces régions, les tensions de contact ou de pas excédant les limites fixées à l'art. 2 ne doivent pas pouvoir se maintenir pendant plus de 2 s.

3. Régions non peuplées et non situées en bordure de voies carrossables. Dans ces régions, rien n'est prescrit quant à la valeur d'éventuelles tensions de contact ou de pas, mais leur durée ne doit pas dépasser quelques heures.»

Ces dispositions allègent grandement celles de l'art. 2. Qu'on pense par exemple aux prises de terre aménagées en plein roc sur les pylônes de lignes traversant des montagnes.

Dans les cas 1 et 2 de l'art. 21, les EEF ont généralisé un procédé de prise de terre susceptible de satisfaire aux nouvelles exigences. Si la tension de contact est admissible, la tension de pas ne l'est pas forcément: pour avoir une tension de contact nulle, il faut amener la tension de la prise de terre sous les pieds de la personne mise en contact avec une partie métallique du

pylône; c'est le cas d'une plaque métallique affleurant le sol. En quittant les lieux, la personne, à moins de s'en aller à pieds joints, voit ses pieds soumis à une forte différence de potentiel.

De même, aménager la prise de terre de façon à avoir une tension de pas admissible conduit à subir une forte tension de contact.

Il faut donc forcément trouver une solution de compromis. La solution technique la plus élégante et la plus coûteuse consiste à disposer deux ou plusieurs anneaux concentriques, ceux de grands diamètres étant enfouis plus profondément que ceux de petits diamètres.

Aucun distributeur ne peut se payer un tel luxe. Nous avons dès lors développé le système suivant (fig. 1):

Avant de couler le béton qui constitue le socle, on pose à plat au fond du trou une plaque de cuivre qu'on recouvre d'une couche de 15 à 20 cm de terre bonne conductrice (p. ex. de la glaise). Ensuite on met en place le béton. Le mât et son socle exercent une forte pression de la glaise sur le cuivre et assurent par là un excellent passage du courant à la terre, condition indispensable pour limiter le potentiel de la prise de terre par rapport à la terre lointaine.

La liaison à l'armature du pylône est établie à l'aide d'un méplat Cu de 40 × 3 mm qui décrit à la cote supérieure du socle un cercle de 2 m de diamètre puis un cercle, à environs 20 cm de profondeur directement autour du fût du mât. Le

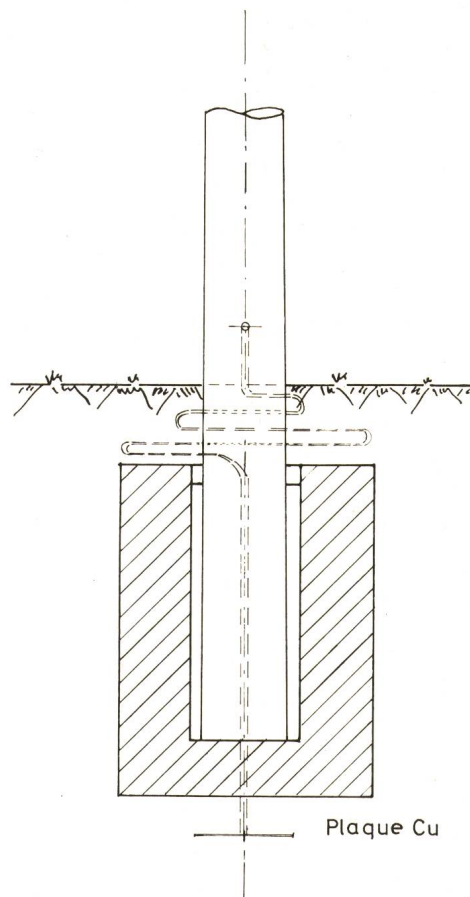


Fig. 1 Prise de terre d'un pylône



grand cercle répartit le potentiel (bonne tension de pas) et le petit améliore la tension de contact. La fig. 2 donne les répartitions de potentiel en fonction des différentes solutions.

Voyons maintenant à quels niveaux de tension de contact et de pas nous avons à faire en cas de court-circuit: autrement dit comment sont respectées les exigences de l'art. 2.

Le courant de défaut peut être calculé par la relation

$$\bar{I}_D = \frac{\bar{U}}{Z_{ph} + Z_T + Z_{cc}}$$

ou

$\bar{U}$  Tension simple du réseau

$Z_{ph}$  Impédance de la ligne et impédance homopolaire du transformateur alimentant la ligne

$Z_T$  Impédance générale du réseau de terre

$Z_{cc}$  Impédance du court-circuit;  $Z_{cc}$  peut prendre de 0 à quelques dizaines d'ohms selon les cas

Le courant total de défaut  $I_D$  est écoulé à la prise de terre du mât déficient et à celles des mâts voisins par l'intermédiaire du fil de terre reliant le sommet de chaque pylône et connecté à la prise de terre.

La résistance d'une portée d'un fil d'acier de 40 mm<sup>3</sup> est plus grande que la réactance:

$$r_T \gg \omega L_T.$$

De plus, la conductance par les pylônes voisins est supérieure à l'écoulement capacitif du courant:

$$g_T \gg \omega c_T$$

Vu ces constatations, valables pour un fil de terre en acier, le réseau d'impédances de terre peut être traité comme un réseau de résistances.

Du point de défaut, on voit trois résistances:  $R_T$  et deux fois  $r_T + \rho$  en parallèle; par conséquent, avec l'hypothèse que  $r_T \leq 0,1 R_T$ ,

$$I_{RT} \cong 2 I_T^{1/2} \sqrt{\frac{r_T}{R_T}}$$

ou

$$I_{RT} \cong I_D^{1/2} \sqrt{\frac{r_T}{R_T}}$$

Pour un fil d'acier de 40 mm<sup>2</sup> de section, avec des portées de 150 m environ et une résistance des prises de terre d'environ 15  $\Omega$  par mât, on constate que le courant s'écoulant par la prise de terre du mât déficient  $I_{RT}$  correspond à environ 10 % du courant de défaut  $I_D$ .

La méthode d'établissement des prises de terre décrite précédemment permet d'obtenir facilement une résistance de 10 à 20  $\Omega$  par pylône. Avec la corde de 40 mm<sup>2</sup> acier, la résistance générale de terre s'élève à environ 1,6  $\Omega$ .

Enfin, pour ce qui est de la tension de contact, il faut relever que le béton des mâts présente dans des conditions normales de climat une certaine qualité isolante. On mesure plusieurs k $\Omega$  sur un mât mouillé, entre l'armature métallique et le pourtour en béton.

### 3. Prises de terres pour réseaux à moyenne tension à neutre isolé

Les prises de terre jouent leur rôle essentiellement lors des courts-circuits unipolaires à la terre. En cas de défaut, la capacité contre terre de la phase déficiente est court-circuitée, et les deux phases saines voient s'élever leur tension contre terre  $\sqrt{3}$  fois leur amplitude, pour atteindre la valeur composée. Ce phénomène, bien connu, conduit à isoler les phases contre terre à niveau égal ou supérieur à la tension composée. Les courants capacitifs des phases saines sont donc aussi multipliés par  $\sqrt{3}$  et composent, sous un angle de 60°, le courant total de court-circuit à la terre. Il s'ensuit que la valeur absolue du courant de court-circuit à la terre est le triple du courant capacitif par phase qui s'écoule à la terre en l'absence de court-circuit à la terre.

D'autre part, en cas de court-circuit direct à la terre sans rupture de conducteur, les réseaux à basse tension dans les transformateurs ne sont pas influencés. On peut donc poursuivre l'exploitation, à condition toutefois que le courant de terre s'écoulant à l'endroit du défaut ne provoque pas des tensions de contact et de pas inadmissibles. Là de nouveau, il importe de connaître la valeur ou tout au moins l'ordre de grandeur du courant de terre.

Les réseaux M.T. sont généralement exploités en antennes non bouclées. Il semble donc facile de calculer le courant de terre en cas de défaut. Cependant, tout réseau M.T. comprend

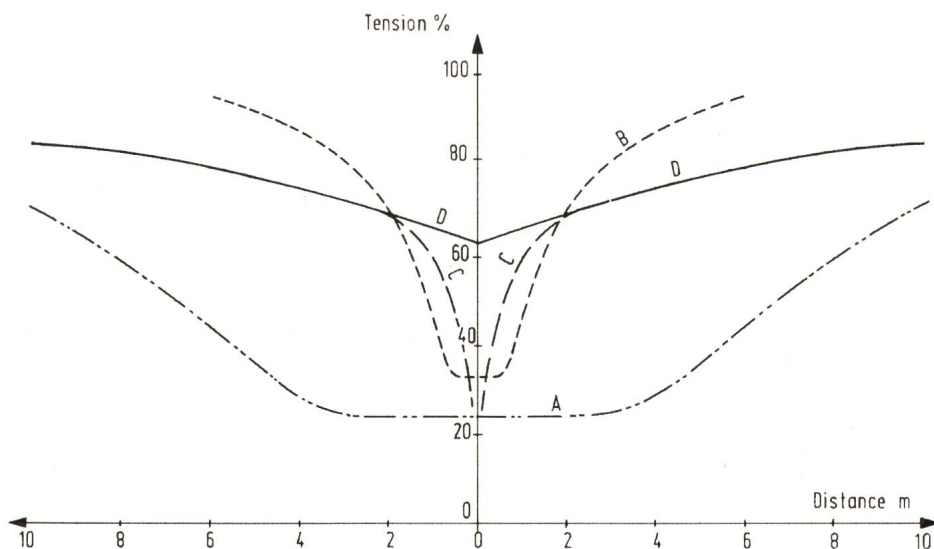


Fig. 2 Répartition du potentiel



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.