



Les Infos CESSA

Chers clients, partenaires,

Il y a maintenant un peu plus de deux ans que j'ai rejoint l'équipe CESSA. Au cours de ces deux années, si j'ai eu l'occasion de développer ma curiosité afin de maîtriser de nouveaux domaines, j'ai aussi dû apprendre à m'adapter en permanence afin d'atteindre les buts très différents de nos divers mandats. Nous avons en effet l'occasion de réaliser des études et de mettre au point des configurations spécifiques au bureau, ainsi que d'effectuer des tests et mesures sur site ou encore donner des formations à nos clients. Cette diversité, chose que j'apprécie particulièrement dans mon travail, c'est en majeure partie à vous et vos installations électriques spécifiques que je la dois.

Cependant, depuis quelques mois, le bureau s'est délocalisé pour moi à la maison... Fort heureusement, nous avons la chance que le réseau électrique continue de fonctionner normalement et que vous continuiez à nous faire confiance en nous donnant ainsi l'occasion de pouvoir vous rencontrer dans vos installations, ceci bien entendu en respect des normes sanitaires.

Lors de la précédente édition, nous avons abordé les différents régimes de neutre possible selon les niveaux de tension. Cette fois, la rubrique le « Saviez-vous » ainsi que notre article développe les mesures de terres de « petites ou grandes stations », qui doivent être réalisées tant à la construction que lors du contrôle périodique fixé à 10 ans par l'ESTI.

Aurélie Daucourt

3^{ème} édition de notre newsletter – Février 2020

Le saviez-vous ?

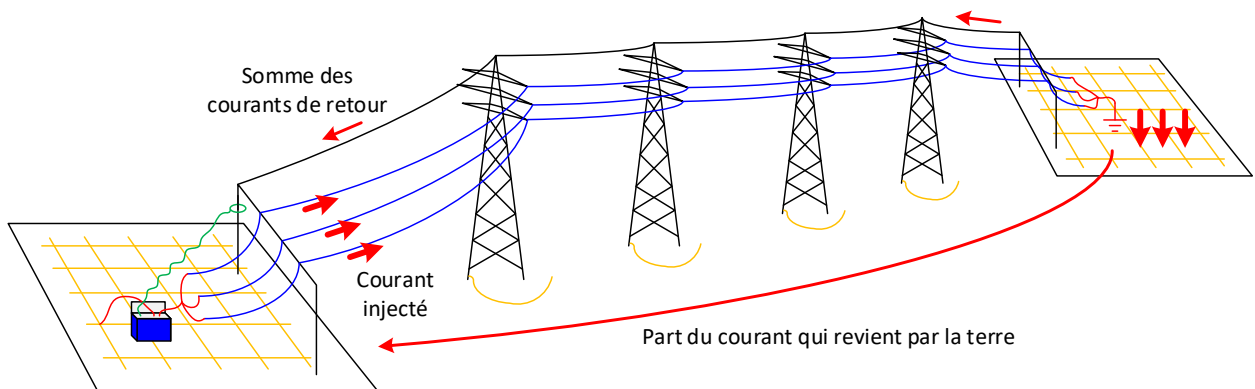
Facteur de réduction pour les mesures de terre dans les postes HT/MT ou les pylônes

Dans le cas de la mesure de terre des installations des réseaux de transport d'énergie électrique (postes ou pylônes), une partie du courant injecté n'emprunte pas le chemin de retour par la terre, mais utilise les câbles de garde des lignes aériennes en passant par les liaisons de mise à la terre des autres pylônes ou les gaines conductrices des câbles HT/MT/BT vers les postes opposés et reliés au système de terre qui fait l'objet de la mesure.

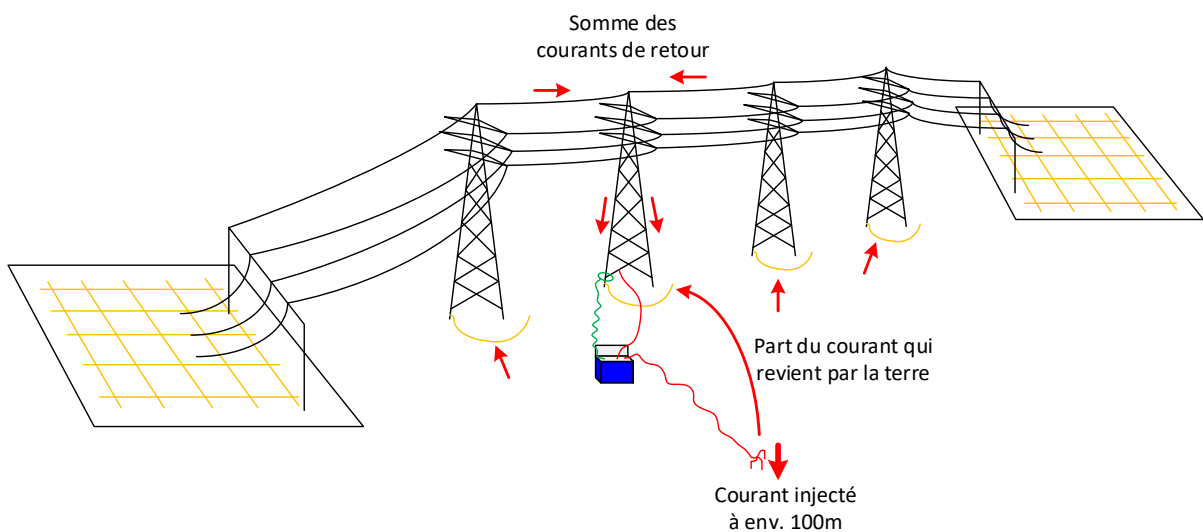
Il est alors nécessaire de mesurer au préalable la part du courant injecté empruntant ces voies séparées du terrain vers le système de mise à terre local, afin de déterminer l'impédance réelle de terre de l'objet mesuré :

$$Z_{\text{terre}} = \frac{U_{\text{mesurée}}}{(I_{\text{injection}} - \sum I_{\text{retour}})}$$

On définit alors le facteur de réduction : $r = 1 - \frac{\sum I_{\text{retour}}}{I_{\text{injection}}}$



Mesure du courant des chemins de retour par les parties conductrices raccordées au système de terre d'un poste



Mesure du courant des chemins de retour par les parties conductrices raccordées à la terre d'un pylône



Mesure des réseaux de terre des installations à courant fort

Les réseaux de terre des installations des réseaux de transport d'énergie électrique doivent répondre à l'ordonnance fédérale sur le courant fort 734.2 et aux diverses règles associées, comme ASE3755. Comme pour toute installation, un contrôle périodique est prescrit et une périodicité de 10 ans est observée dans la pratique.

Afin de vérifier que le système de mise à la terre est apte à limiter correctement les risques pour les personnes lors d'un défaut à la terre d'une partie du réseau, il est courant de déterminer l'impédance de terre de l'ouvrage ainsi que les tensions de contact et de pas qui peuvent apparaître en cas de défaut monophasé.

Plusieurs paramètres influencent la valeur de l'impédance de terre d'un ouvrage construit. On peut relever :

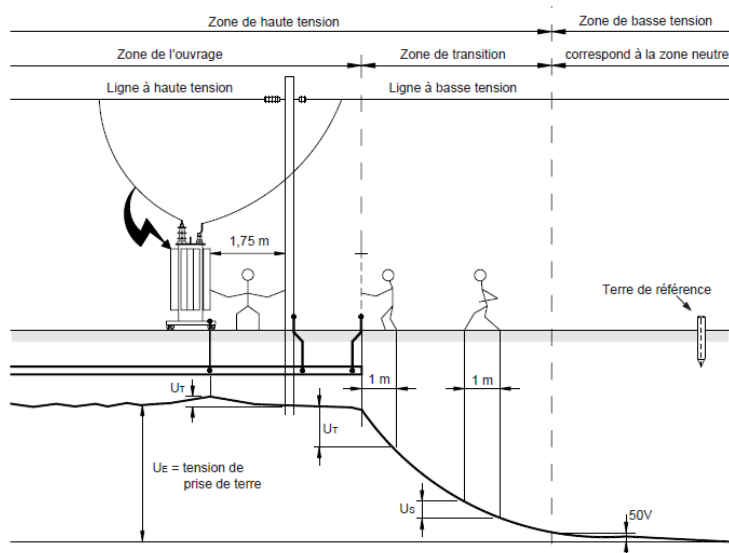
- Les paramètres de « qualité du terrain » liés à l'emplacement, comme la résistivité du sol, la présence de conducteurs externes à proximité et les conditions environnementales et climatiques.
- Les paramètres liés à la construction, comme les matériaux, sections et connexions des éléments utilisés pour la mise à terre et les dimensions ainsi que l'arrangement des conducteurs dans le sol (électrode de terre, boucle de répartition, maillage, etc)
- Les influences du vieillissement, comme la corrosion, les desserrages possibles de la visserie et les dégâts mécaniques liés à des causes externes, cela tant pour le matériel de la mise à la terre enterrée que pour les raccordements du conducteur de terre aux installations.

Le contrôle est fait grâce à l'injection d'un courant de test dans la terre, faite à une distance suffisante du poste pour simuler les effets d'un défaut. La distance requise est de l'ordre de 10x à 20x la plus grande dimension de l'installation. Afin de s'affranchir des effets des courants présents en permanence dans le terrain, soit les courants d'équilibrage des réseaux à 50Hz ou les retours de traction 16 ²/₃ Hz par exemple, il est nécessaire d'injecter un courant suffisamment élevé ou, mieux, de travailler avec une fréquence proche de 50Hz mais séparée des perturbations, par exemple 30 & 70Hz, ce qui permet de diminuer grandement l'intensité nécessaire.

Pour les stations MT et les pylônes, soit les installations de petite taille, l'injection est faite grâce à des piquets de terre enfoncés dans le terrain à au moins 100-150 mètres. Pour les postes HT, de plus grande taille, l'injection est faite en utilisant une ligne de transport de quelques kilomètres mise à la terre au poste opposé.

Méthode de mesure du facteur de réduction

Afin de calculer l'impédance de terre, il est nécessaire de connaître la part du courant injecté qui revient dans l'installation par d'autres chemins que le terrain, principalement par les gaines et conducteurs de terre des lignes HT/MT/BT. Pour cela, on mesure le facteur de réduction – voir la rubrique « Le saviez-vous ? ».



U_E = Tension de prise de terre

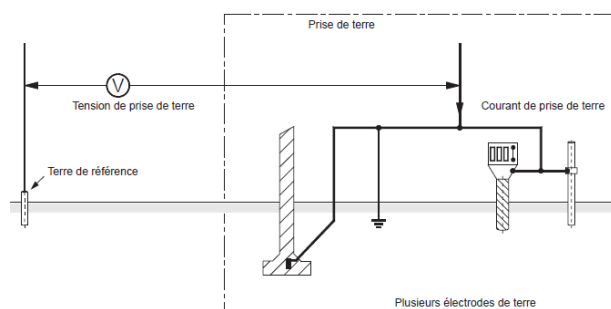
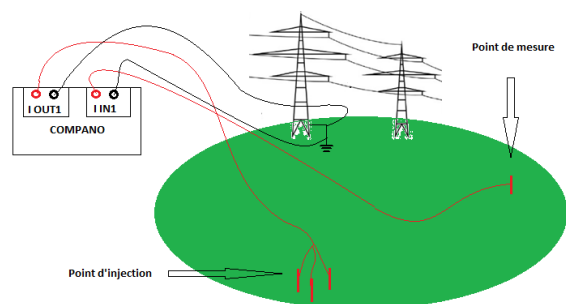
U_T = Tension de contact

U_S = Tension de pas

Illustration de la terminologie, selon ASE3755

Méthode de mesure de l'impédance de terre

On mesure la tension U_E entre le réseau de terre et différents points de mesure situés à l'extérieur de la zone du poste, le long d'une ou plusieurs ligne(s) de mesure, situées à l'écart de l'axe du tracé de la ligne d'injection, idéalement à environ 90° . Il est nécessaire de s'éloigner suffisamment pour atteindre la terre « de référence », où les valeurs mesurées sont très proches entre 2 points successifs. La tension mesurée est alors la « tension de prise de terre ». L'impédance de terre est ensuite calculée à l'aide du courant injecté et de la tension mesurée, en utilisant les valeurs d'amplitude et de déphasage et en tenant compte du facteur d'injection. La courbe d'impédance mesurée atteint en principe une valeur maximale, qui représente l'impédance de l'objet par rapport à la terre de référence.



Méthode de mesure de l'impédance de terre

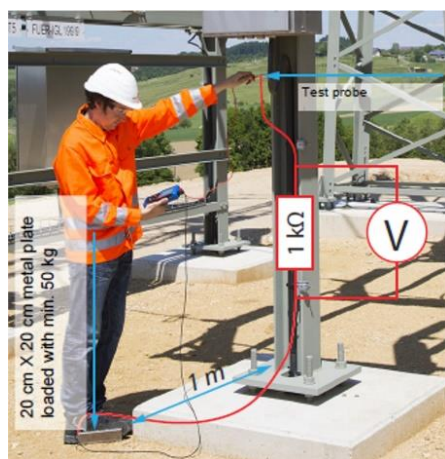
Illustration de la tension de prise de terre, selon ASE3755

Méthode de calcul de la tension de pas

Les tensions mesurées pour les différents points utilisés afin d'atteindre la terre de référence permettent de calculer la courbe de la tension de pas, qui est la différence de potentiel entre 2 points successifs éloignés de 1m.

Comme mentionné à l'art. 54, alinéa 4 de l'OCF 734.2, il n'y a pas de valeur limite pour la tension de pas. Toutefois, on considère généralement que si des tensions de contact mesurées sont supérieures à 4x la limite applicable, des mesures de réduction de la tension de pas sont également nécessaires.

Méthode de mesure des tensions de contact



La mesure correspond à la différence de potentiel entre des composants du réseau de terre de l'installation, situés à une distance de 1.75m pour les mesures dites « différentielles », ou à la mesure de la tension des objets conducteurs proches du poste, par rapport à un piquet de terre ou à une plaque conductrice en cas de sol dur situés à 1m de l'objet pour les mesures dites « de contact », voir le schéma d'illustration selon ASE3755 ci-dessus.

La mesure de la tension de contact est faite avec un voltmètre spécialisé, qui permet d'isoler le signal à la fréquence d'injection. La norme de référence définit une résistance de 1 [kΩ] pour simuler le corps humain et la mesure est généralement faite selon ce principe. Il est également possible de tenir compte d'une résistance supplémentaire de 1 [kΩ] en série du côté du sol pour tenir compte des chaussures.

Méthode de mesure de la tension de contact

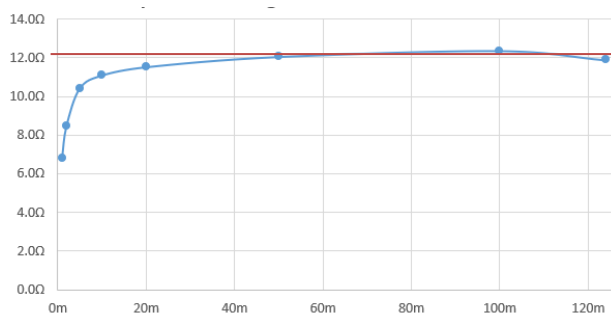
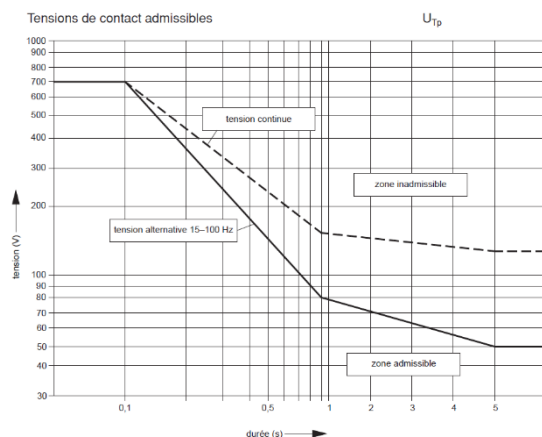
La tension de contact est souvent recalculée en rapportant la valeur mesurée à :

- Un courant de défaut de 1[kA], afin de s'affranchir du courant injecté pour faciliter les comparaisons de résultats.
- Au courant de défaut à la terre maximal calculé pour chaque partie de l'ouvrage, afin d'estimer la tension maximale possible en cas de court-circuit à la terre. Pour les postes HT, il est important de signaler que cette dernière valeur est approximative, généralement fortement surévaluée. En effet, comme la répartition des courants lors d'un défaut réel ne sera pas identique à celle de la mesure effectuée avec le point d'injection particulier retenu, le facteur de réduction mesuré doit généralement être ignoré. Cela signifie que l'on considère alors que l'entier du courant de défaut passe par la terre et qu'il n'y a aucune contribution des gaines de câbles et des conducteurs de garde pour le retour du courant de défaut vers les transformateurs sources.

Méthode de calcul de la tension de contact maximale admise

Selon l'ordonnance fédérale OCF 734.2, art. 54 alinéa 1, la tension de contact maximale, causée par les défauts monophasés ayant le plus grand courant, ne doit pas dépasser durablement 50 [V] pour les installations des réseaux à 50Hz. En cas de défaut de durée inférieure à 5 [s] car limitée par des équipements de protection, la valeur peut excéder cette limite, selon la courbe de l'annexe 4 à l'ordonnance reproduite ci-dessous.

Pour les lignes aériennes, dans les régions où la présence prolongée de personnes peut être exclue, les valeurs peuvent être dépassées pendant 2 secondes. Si la présence de personnes n'est qu'occasionnelle, les valeurs peuvent être dépassées pendant quelques heures.



Résultat de mesure de l'impédance d'un pylône [Ω]

Courbe des tensions de contact admissible selon OCF734.2

Nous disposons des équipements qui nous permettent de mesurer les réseaux de terre de tous les types d'ouvrages, allant des mâts des lignes aériennes aux postes THT les plus grands et nous sommes à disposition pour toute question à ce sujet.