Quelques considérations sur les prises de terre

Claude Ribaux HB9OX (hb9ox@uska.ch) [BàT par HB9DSB]

Je rassemble ici quelques notes qui se sont accumulées au cours des ans dans mon cahier de notes au sujet des prises de terre HF. Pour acquérir une meilleure compréhension de leur mode de fonctionnement, il est absolument nécessaire de prendre la peine de se mettre à l'esprit les quelques cas particuliers des propriétés de transformation d'impédance des lignes de transmission, sans recourir au calcul des grandeurs complexes. La *Fig.* 1 montre ces quelques cas particuliers qu'il faut absolument connaître avant de pouvoir pénétrer plus avant le sujet.

Les cas de transformation examinées dans la *Fig. 1* restent valables pour des lignes unifilaires. Ainsi une ligne unifilaire de ¼ λ reliée à la terre à une extrémité (ce qui correspond à un court-circuit) présente une très grande impédance à l'autre extrémité (circuit équivalent parallèle) et constitue en quelque sorte un "isolateur métallique". Par contre, une ligne de même longueur laissée ouverte à une extrémité presenté une impédance très basse à l'autre (circuit équivalent série).

C'est pourquoi, en reliant la masse des appareils à l'extrémité d'une ligne quart d'onde laissée ouverte (isolée de la terre) à l'autre on crée une condition de basse impédance à la HF en quelque sorte une "terre artificielle" au niveau des appareils. Cette mesure empêche, ou tout au moins contrarie l'établissement d'un potentiel HF élevé au niveau de ceux-ci. On évite ainsi dans une grande mesure les inconvénients dus aux "retours HF", microphone qui brûle les lèvres, distorsions de la HF et autres.

Il existe d'ailleurs des appareils -comme le "MFJ 931 Artificial Ground" (*Fig. 2, page 50*) - qui permettent d'accorder à la résonnance série le ou les conducteurs constituant la prise de terre. Il s'agit somme toute d'un Tuner mais placé dans la prise de terre. On amène ainsi le potentiel HF au niveau des appareils à la valeur la plus basse possible pour une installation donnée. La ligne de

Circuits équivalents aux bornes A B

Très haute impédance;

Très basse impédance; donc I minimum, V minimum

Fig. 1: Propriétés de transformation des lignes de transmission

longueur quart d'onde constituant "la terre artificielle" n'a pas besoin d'être rectiligne, mais peut être disposée d'une manière quelconque sur le sol, mais dans ce cas, la longueur nécessaire à la résonnance varie selon la disposition. On peut l'accorder à défaut d'un appareil tel que le MFJ en la coupant d'abord à la longueur théorique d'un quart d'onde et en insérant dans la ligne et le plus près possible de l'émetteur une ampoule à incandescence (ordre de grandeur 3 - 6 V, 0.3 - 0.5 A pour une puissance d'émission de 50 à 100 W) et en trimmant la longueur du fil avec la pince à couper - attention à couper la HF pendant l'opération de sectionnement; 1 W peut déjà causer des brûlures douloureuses - jusqu'à l'obtention d'une luminosité maximum de l'ampoule. L'extrémité laissée ouverte sera bien isolée avec du ruban isolant approprié pour éviter des brûlures car évidemment, à cet endroit le potentiel HF est très élevé. Pour cette raison d'ailleurs an évitera le plus possible d'amener cette extrémité près d'appareils susceptibles d'être perturbes par la HF. À noter que dans le cas d'une antenne long fil ou si le feeder coaxial d'un dipôle est parcouru par un courant de manteau (cas plus fréquent que l'on imagine généralement), l'opération d'accord de la terre artificielle peut

rendre nécessaire le réajustement du Tuner d'antenne. Dans le cas d'un aérien asymétrique comme un long fil, cette opération modifié parfois fortement l'impédance au point d'attaque ce qui permet le plus souvent un accord plus aisé sur différentes bandes. Il ne faut pas s'illusionner cependant et être conscient qu'elle a peu d'effets sur les performances de radiation de l'aérien, mais que son avantage principal est d'obtenir un potentiel HF fortement réduit sur les appareils, facilitant l'élimination des "bizzareries" qui empoisonnent souvent la vie des OMs. Son désavantage est sa dépendance de la fréquence.

Exemple

Un OM émet avec un "long fil" (dont la mauvaise réputation est d'ailleurs injuste) et utilise le chauffage central en guise de prise de terre HF et de protection. Dans le 90% des cas, l'installation de chauffage central présente une impédance HF élevée et les chances, malgré l'établissement de connections quasi parfaites que les appareils se trouvent malgré tout à un potentiel HF relativement élevé, sont fortes. En effet, la conductivité galvanique de l'installation est, dans la plupart des cas, très médiocre (Chanvre dans les raccordements des tuyaux, dépôts calcaires, ou même tuyaux en

partie en matière plastique etc.) et c'est la capacitance du système contre la terre qui permet plus ou moins le passage de la haute fréquence vers la terre. Ainsi les trois composantes principales d'un circuit HF, c'est-àdire l'inductance, la capacitance et la résistance ohmique sont largement aléatoires et imprévisibles. En outre si l'on habite dans un immeuble à plusieurs logements, il devient presque certain que l'on trouvera de la HF un peu partout dans le bâtiment, avec les inconvénients bien connus tels que TVI, BCI, perturbations sur les équipements HIFI et le téléphone. C'est ici que l'utilisation d'une terre artificielle sous la simple forme d'un fil résonnant en quart d'onde est susceptible d'apporter une amélioration substantielle de la situation, le circuit de chauffage central gardant toute sa raison d'être comme terre de protection. Il faut donc se garder d'en conclure qu'elle est inutile! En effet elle joue son rôle pour les fréquences industrielles rélativenment basses; à condition toutefois que sa résistance vers la terre soit suffisarnment faible pour celles-ci.

Un paradoxe

J'ai entendu à plusieurs reprises des OM disant avoir supprimé du BCI ou TVI chez les voisins et dans leur propre habitation, en plaçant en série dans la prise de terre raccordée au chauffage central, une self de choc en ferrite et qui en concluaient bien paradoxalement qu'ils avaient amélioré leur prise de terre. En fait, il empêchaient la haute fréquence de s'écouler par le canal du système de chauffage et par conséquent de se promener un peu partout dans l'immeuble. Celle-ci devait donc trouver un autre chemin qui s'avérait être moins prêt à perturber les appareils des utilisateurs et pouvait même dans les cas extrêmes apporter moins de perturbations à cause d'une réduction puissance effectivement rayonnée par l'antenne. Dans un tel cas, il y a de grandes chances aussi de devoir faire face à un potentiel HF élevé sur l'émetteur et les appareils annexes, modems ordinateurs etc. et une terre artificielle peut donc être d'une grande utilité. En tous les cas un point de basse impédance au

niveau des appareils de transmission diminuera les mal nommés retours HF.

Qu'est-ce qu'une bonne prise de terre?

Tout d'abord il faut bien se mettre en tête qu'une mise à la terre des équipements de transmissions se fait toujours par un intermédiaire qui obéit aux lois établies pour les lignes de transmission, si court soit-il. Cet élément de transmission, dans le cas idéal présenterait un court-circuit parfait pour la HF donc devrait posséder soit:

- une inductance nulle et une résistance ohmique nulle
- une capacitance infiniment grande et une résistance ohmique nulle
- en bref une réactance et une résistance ohmique nulle

On se trouverait donc en présence circuit équivalent série possédant un facteur de surtension infini. Or aucune ligne dans un monde réel, à moins de posséder une longueur nulle, ne peut satisfaire à ces exigences. Mais si ces conditions ne peuvent être remplies on peut au moins s'efforcer de s'en approcher le mieux possible. On s'efforcera donc de réduire les pertes ohmiques au maximum, bonnes connections, conducteur de grande surface, épaisseur ou le diamètre de la section ne jouent qu'un rôle secondaire, rappelez-vous que, à cause de l'effet pelliculaire la HF n'utilise q'une infime portion de l'épaisseur d'un conducteur, donc la surface prime sur la section, un fil de 10 mm de diamètre est presque deux fois moins bon qu'un ruban de cuivre de 25 mm de largeur et 1 mm d'épaisseur, sans parler de la différence de poids et de prix! Et pour diminuer la réactance que peut -on faire?

Et bien là aussi la théorie nous apporte une réponse, rendre la ligne résonnante en série en faisante en sorte que la capacitance soit égale à l'inductance. Dans ce cas la dite théorie nous dit que

Pour la fréquence de résonnance l'impédanee du circuit est minimum

On ne peut donc faire plus que cela. Il ne restera donc plus en circuit que les résistances ohmiques.

Quelles sont-elles ? Tout d'abord celle du conducteur que nous avons vue plus haut et plus incontournable la résistance que présentent les pertes dues à la conductivité finie du terrain, leur réduction ne peut se faire qu'en augmentant la surface offerte au retour de la HF dans le terrain, soit en disposant un grand nombre de radians noyés dans le sol ou placés au-dessus de manière à former un condensateur de grande surface.

Avec les moyens dont dispose l'OMs, il ne faut pas s'illusionner et si on arrive à diminuer la résistance totale aux environs de 10 à 12 Ω ce sera un excellent résultat. En admettant un courant HF de l'ordre de 1 A , il restera une tension HF de l'ordre de 10 à 12 V sur les appareils de transmission et une perte de l'ordre de 10 W dans le système de terre.

Avec une résistance de radiation de l'ordre de 70 Ω , le rendement de l'aérien sera encore de:

$$N \ [\%] = \frac{Rr}{Rp + Rr} = \frac{72}{12+72} = 85\%$$

Rr = résistance de rayonnement de l'antenne (à ne pas confondre avec la résistance au point d'attaque)

Rp = résistance de perte totale dans le circuit de terre



Fig. 2: MFJ 931 - Artificial Ground

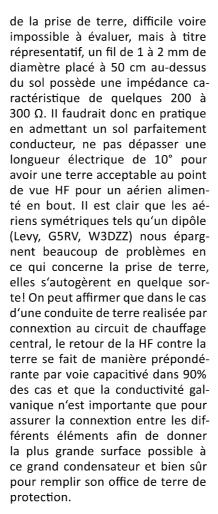
Il faut remarquer ici que les éléments réactifs ne contribuent pratiquement pas à l'augmentation des pertes dans le circuit de terre, mais qu'ils empêchent d'obtenir un potentiel HF bas sur les équipements

D'autre part il faut savoir que plus l'impédance au point d'attaque de l'aérien alimente à une extrémité est haute, donc plus sa longueur se rapproche d'une demi-onde ou de ses multiples, plus le courant d'alimentation à ce point devient petit et moins la qualité de la prise de terre devient importante pour le rendement. Il suffit souvent dans ce cas d'un contrepoids plus court (quelques picofarads de capacité par rapport aux objets environnants, p.e. un cadre de fenêtre métallique) pour assurer le retour à la terre. Le cas de l'antenne Fuchs qui constitue un cas d'école et qui est taillée exactement pour une demi longueur d'onde ou un de ses multiple ne nécessite pas de contrepoids pour rayonner parfaitement. Par contre son adaptation doit se faire au travers d'un circuit capable de fonctionner pour ces hautes impédances qui peuvent être de l'ordre de 5000 à 8000 Ω . Cette antenne ne fonctionnera plus sans contrepoids pour des fréquences qui ne sont plus en relation harmonique avec celle, la plus basse, pour laquelle elle est taillée et malheureusement même pour le travail en harmonique, il faudrait en réalité corriger la longueur du fil pour se trouver en résonnance exacte.

Conclusions

En conclusion, même avec une prise de terre HF d'un diamètre "gros comme le bras" et des connections galvaniques parfaites, si sa longueur est voisine de ¼, ¾ ou un tout

> nombre impair de quart de longueur d'onde, elle jouera le rôle d'isolateur au lieu de celui de conducteur pour la HF et même une longueur de 45° électrique (1/8 λ) présentera une impédance égale à l'impédance caratéristique du circuit



Un tip: Si vous voulez savoir si votre terre remplit son office en HF pour un aérien alimenté en bout (end feed), mesurez le courant HF qui y passe à l'aide d'un indicateur de courant approprié, un ampèremètre thermique (Hélas plutôt rare de nos jours) ou plus simplement avec une ampoule de lampe de poche. Si le courant n'est pas à peu près égal à celui de l'antenne, le retour de la HF se fait par un autre chemin, peutêtre par le secteur. Attendez-vous à être étonné!

Divers

Il me paraît toujours curieux de constater combien les OMs travaillant en fixe sont persuadés que seule une mise à la terre HF assurant une continuité galvanique peut remplir sa fonction. Ceux qui travaillent en mobile et avec une ground plane avec radians élevés apportent pourtant et peut-être même sans le savoir, la preuve qu'une mise à la terre

par voie capacitive est parfaitement fonctionelle, et comme je l'ai déjà, la valeur de la capacité nécessaire dépend de l'impédance au point d'attaque de l'aérien et bien entendu de la fréquence (voir handy's). L'antenne R7 par exemple, travaillant en demi-onde et attaquée en haute impédance ne possède que des radians très courts et pourtant elle fonctionne parfaitement.

Retours HF

Même une antenne symétrique peut occasionner des problèmes si elle se trouve à proximité du bâtiment de l'émetteur à cause de l'intensité du rayonnement direct que les amateurs sous-estiment généralement. En effet avec 100 W et suivant la fréquence, des champs de l'ordre de 10 V/m ne sont pas rares. Même à quelques 15 mètres de l'aérien. Les nouvelles prescriptions sur les champs maximums autorisés qui vont nous tomber dessus très bientôt et qui sont si faibles que la majorité d'entre nous ne devraient pas avoir atteint l'âge des cheveux gris, placeront la plupart des OM qui n'ont pas la chance de vivre dans un ranch Texan ou de touver du plaisir à travailler en QRP, devant une réalité cruelle qui les contraindra, soit à fermer le robinet à watts de manière substantielle. Adieu les PAs d'un kilowatt! Ou alors il remplaceront l'antenne par une charge artificielle non rayonnante et adaptée. De cette manière ils auront l'immense et apparemment si recherchée satisfaction d'obtenir enfin un VSWR de 1:1.

10 V/m c'est rappelons le, une intensité de champ susceptible théoriquement d'induire une tension de cet ordre dans un conducteur de 1 m de longueur, donc bonjour les câbles de micro, d'ordinateurs, haut-parleurs, équipement HIFI, téléviseurs, téléphones, orgues éléctroniques, cordons secteur et j'en passe.

Merci de m'avoir suivi jusque-là dans ces considérations terre à terres et peut-être à une autre fois pour d'autres considérations; les sujets ne manquent pas!

