

RAPPORT 943-1 *

PROTECTION DES STATIONS DE RADIODIFFUSION SONORE
CONTRE L'ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE

(Question 48/10)

(1982-1986)

1. Introduction

La CAMR-79 a considéré que les Commissions d'études du CCIR compétentes pour les services devaient examiner la nécessité pour ces services d'assurer la protection de leurs installations contre l'électricité atmosphérique, en particulier contre les coups de foudre. Le présent Rapport, qui concerne la radiodiffusion sonore, complète les renseignements donnés dans les Rapports 861 et 932 respectivement, pour le service fixe fonctionnant sur des fréquences inférieures à 30 MHz et le service fixe utilisant des faisceaux hertziens.

La Commission d'études V du CCITT examine actuellement la protection des lignes et équipements de télécommunication contre les coups de foudre; par ailleurs, l'ensemble de la protection contre la foudre est une question qu'étudie le Comité TC 81 de la CEI.

2. Le phénomène de la foudre

Les coups de foudre se produisent quand le potentiel électrostatique créé par la naissance d'une charge de convection dans des nuages orageux dépasse le potentiel de rupture. Des décharges peuvent apparaître d'un nuage à l'autre, entre un nuage et l'air ou entre un nuage et le sol. Dans ce dernier cas, la décharge elle-même et la contrainte électrostatique avant et pendant un orage qui peuvent atteindre 5-10 kV/m [Surutka et Veličković, 1973], sont capables de causer des dégâts.

Quand un nuage chargé s'approche d'un pylône, il induit des charges de signes opposés dans les sections des haubans. Lorsque ce nuage est déchargé par un coup de foudre au sol, le champ disparaît en l'espace d'un intervalle de temps de l'ordre de 1 μ s. La présence de charges dans les haubans donne naissance à des tensions élevées aux bornes des isolateurs. Il s'ensuit des tensions pouvant aller jusqu'à 400 kV et aboutissant à des amorçages ou à des ruptures. Il a été indiqué [CCIR, 1982-86a] que les arcs provoqués par l'électricité atmosphérique statique constituent un risque de dégâts supérieur à celui des coups de foudre directs ou rapprochés.

* Le Directeur du CCIR est prié de porter ce Rapport à l'attention de la CEI.

3. Fréquence des incidents

L'incidence des orages est soumise à de fortes variations saisonnières, journalières et géographiques. Les orages tendent à éclater l'après-midi et sont moins fréquents après le crépuscule. Ils se produisent le plus souvent l'été, aux latitudes moyennes et élevées, mais la variation saisonnière des orages est faible aux latitudes tropicales. Ils ont une incidence maximale sur les terres émergées des tropiques, mais on constate également que la proportion des décharges entre deux nuages et entre un nuage et l'air est plus importante dans les régions tropicales que sous d'autres latitudes.

On dispose actuellement de peu de renseignements sur les incidents ayant entraîné des dégâts, mais les répercussions des orages dépendent étroitement de la position géographique et de l'emplacement exact des installations. En France, ils sont nettement plus fréquents dans le sud du pays et en haute montagne, et au Japon, dans le nord du pays, où il y a d'importantes chutes de neige.

4. Influence de la puissance

Même si l'électricité atmosphérique peut poser des problèmes en ce qui concerne les récepteurs domestiques, ces problèmes sont mineurs par rapport à ceux occasionnés dans les installations d'émission qui utilisent en général des pylônes élevés. Les installations à grande puissance (puissance d'émission dépassant 10 kW) ont tendance à être plus vulnérables que les installations moins puissantes; en effet, leur puissance d'émission est suffisante pour entretenir un arc aux bornes des éléments de l'installation, une fois que l'arc a été amorcé par un coup de foudre ou une charge statique poussée par le vent. Cette situation est d'autant plus grave que la puissance d'émission est plus élevée.

5. Points d'amorçage et dégâts causés

Les antennes d'émission B.km et B.hm comprennent des pylônes en acier à alimentation par la base ou en boucle qui sont autoportés ou haubanés, avec des câbles en acier, divisés par des isolateurs en sections de longueur inférieure à la longueur de résonance. Les coups de foudre peuvent provoquer des amorçages entre le pylône et le sol ou dans les isolateurs des haubans. En outre, les surtensions résultantes peuvent causer des dommages aux équipements. Les circuits transistorisés des émetteurs, les lignes d'alimentation de l'antenne et les capacités des unités d'adaptation de l'antenne sont particulièrement vulnérables.

Les isolateurs à la base sont en général des piliers en céramique et, si ces piliers sont shuntés par un éclateur (voir le § 6.1), les dégâts sont rares. Quand la puissance de l'émetteur est faible, les isolateurs des haubans se présentent toujours sous la forme d'une structure simple à cannelures en céramique émaillée ressemblant à un œuf et placée entre des boucles de fils d'interconnexion. Même si les amorçages se produisent pendant les orages, on n'enregistre à long terme aucun dégât mécanique évident ni aucune détérioration électrique de la qualité de fonctionnement de l'antenne. Toutefois, avec les décharges continues se produisant dans les émetteurs à grande puissance, on peut observer des fissures sur les isolateurs des haubans et une érosion par arc des fils de haubanage adjacents aux isolateurs.

6. Méthodes de protection

6.1 *Eclateurs traditionnels*

Les radiateurs alimentés par la base peuvent avoir des éclateurs fixés en permanence à la structure. D'une manière générale, l'extrémité mise à la terre est connectée à la prise de terre en étoile par des conducteurs en cuivre. Les éclateurs se présentent sous divers aspects, allant de la sphère ou du cylindre dont l'entrefer mesure moins de la moitié du diamètre, jusqu'à des barreaux et des structures en boucle. On adopte des entrefers à grand écartement, normalement 8 à 16 mm, ce qui permet d'éviter la coalescence des gouttelettes de pluie.

Au Japon, on utilise des éclateurs judicieusement placés, à électrodes cylindriques en carbone dur. On optimise la forme et la taille des éclateurs en fonction de la forme d'onde dominante de la décharge orageuse [CCIR, 1978-82a; NHK, 1982].

6.2 *Résistances non linéaires des isolateurs de haubans*

Des résistances non linéaires en carbure de silicium d'environ $1 \text{ M}\Omega$ à la tension radioélectrique de fonctionnement peuvent être utilisées aux bornes des isolateurs de haubans. Ces résistances permettent de limiter les charges statiques sur les parties isolées des éclateurs, mais elles sont souvent détruites si la foudre frappe directement le pylône.

6.3 *Coupure de l'émetteur*

On peut installer sur un des haubans du pylône un détecteur de décharges qui, lorsqu'il enregistre un coup de foudre, interrompt momentanément (pendant 1 s environ) l'excitation de l'émetteur. De cette façon, un amorçage survenant sur un isolateur de hauban n'est pas suivi d'un arc; l'amorçage est coupé immédiatement et il n'y a aucun dégât. On peut s'arranger pour que le dispositif ait une sensibilité de 5 A, valeur très inférieure à l'intensité de courant nécessaire pour déclencher un arc.

Un autre procédé possible consiste à couper l'émetteur en mesurant le rapport d'onde stationnaire qui s'établit aux bornes de l'antenne par suite d'un défaut d'adaptation dû à un arc.

6.4 *Réduction de la puissance pendant les orages*

Un procédé efficace pour éviter l'apparition d'arcs auto-entretenus consiste à réduire très sensiblement la puissance de l'émetteur pendant les orages, pour les porteuses à grande puissance.

6.5 *Tubes à décharge rapide dans les gaz type EMP*

Ces tubes peuvent être montés aux bornes de sortie des émetteurs transistorisés. Ils assurent la protection, mais leur durée de vie utile est limitée et ils subissent eux-mêmes des dommages.

6.6 *Mise à la terre*

La mise à la terre mérite une attention particulière.

Dans certains systèmes utilisés pour la mise à la terre des stations, les prises de terre radiales (fils) d'un système d'antenne directive sont reliées les unes aux autres et mises en contact avec la terre dans le bâtiment de l'émetteur par l'intermédiaire d'un ruban de cuivre dont la section droite ne doit pas être inférieure à 75 mm² et qui est placé dans une tranchée creusée le long des lignes d'alimentation coaxiales (enterrées) de l'antenne. Le ruban est relié à la prise de terre de l'émetteur de manière à contourner les raccords ou connecteurs placés sur les lignes d'alimentation coaxiales, ce qui abaisse le niveau des surtensions dues à la foudre dans les conducteurs intérieur et extérieur des lignes. Dans les cas où cette technique a été utilisée, on n'a enregistré aucun cas d'endommagement par la foudre, des lignes d'alimentation enterrées et inaccessibles.

Les haubans sont mis à la terre à côté de leurs blocs d'ancrage en béton, au moyen d'un ruban de cuivre, d'un ruban d'aluminium ou d'une tresse de fils d'acier inoxydable. On établit un trajet direct jusqu'à la terre, afin d'empêcher que la foudre ne brise le bloc en béton. On utilise pour la mise à la terre des plaques ou des piquets indépendants qui ne sont pas toujours reliés au système principal de fils de terre à configuration radiale.

6.7 *Protection des antennes B.m*

Avec les antennes pour ondes métriques, on dispose en général les éléments rayonnants de manière à former un court circuit à courant continu (par exemple, avec des doublets repliés), les éléments étant reliés au pylône, ce qui supprime les surtensions entre les conducteurs intérieur et extérieur des câbles d'alimentation coaxiaux. Jusqu'à présent, l'introduction d'un découplage entre les lignes d'alimentation pour antennes à ondes métriques et les pylônes d'antennes à ondes hectométriques, par l'emploi de bobines à induction [CCIR, 1982-86b], a permis d'éviter tout endommagement par la foudre.

6.8 *Utilisation de haubans en matière plastique*

Pour les stations à faible puissance, les haubans en fibres plastiques «Parafil» ont permis de surmonter les difficultés rencontrées avec les haubans de type classique.

En Yougoslavie, des haubans en «Philistran» ont donné de bons résultats pour des puissances d'émission allant jusqu'à 600 kW.

7. **Types d'antenne particuliers**

7.1 *France [CCIR, 1978-82b]*

7.1.1 *Antenne d'Allouis (B.km, 164 kHz)*

En France, on a construit une antenne en ondes kilométriques, spécialement étudiée pour la protection contre la foudre. Constituée de pylônes d'une hauteur inférieure à $\lambda/4$, la couronne de haubans supérieurs de chaque pylône ne comprend aucun isolateur: cela permet un écoulement direct à la terre des courants de foudre, et ces haubans constituent une cage protectrice pour les autres parties de l'antenne. Il n'en résulte aucune variation du diagramme de rayonnement par rapport à un pylône classique. L'efficacité de ce type d'antenne a été prouvée par de nombreuses années d'exploitation.

7.2 *Pays-Bas [CCIR, 1982-86c]*

7.2.1 *Antenne B.hm de Flevoland (rayonnant simultanément 400 kW sur 747 kHz et 400 kW sur 1008 kHz)*

Ce pylône d'antenne ($5\lambda/8$) est divisé en deux moitiés et alimenté au centre. La partie inférieure est en contact avec le sol, la partie supérieure est mise à la terre par des moyens électrostatiques, par l'intermédiaire d'une antenne courte $\lambda/4$ faisant partie du pylône (échelle isolée). Les haubans ne sont pas divisés en sections, mais isolés aux deux extrémités. Les isolateurs inférieurs sont pontés par un réseau qui maintient le courant à fréquence radioélectrique à une valeur aussi faible qu'il est nécessaire pour ne pas déformer le diagramme de rayonnement. Chaque hauban est pourvu d'un réseau de cette espèce, de sorte que le système d'antenne dans son ensemble est protégé contre l'électricité atmosphérique et il est inutile de prévoir d'autres dispositifs de protection.

7.2.2 *Antenne B.hm de Lopik (120 kW sur 675 kHz)*

Dans cette antenne $5\lambda/8$ alimentée à la base, les isolateurs des haubans sont pontés par un conducteur de cuivre, à l'exception des deux isolateurs extrêmes. L'intensité des courants RF circulant dans les haubans est réduite à un minimum par des bobines parallèles aux isolateurs inférieurs. Avec cet arrangement, l'émetteur n'a plus besoin d'intervenir pour protéger les isolateurs.

7.3 Yougoslavie [CCIR, 1982-86a]

7.3.1 Antenne B.hm de Belgrade (2000 kW sur 684 kHz)

Une solution efficace et simple pour éliminer l'électricité statique a été adoptée dans le cas de l'antenne B.hm de Belgrade, haute de 235 m. Elle consiste à utiliser des bobines à vidage statique montées en parallèle sur les isolateurs des haubans pour former avec ces derniers des circuits anti-résonnants à la fréquence de fonctionnement [Surutka, 1978; 1979; Surutka et Veličković, 1984].

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- NHK [1982] Lightning protection of MF transmitting stations. *ABU Tech. Rev.*, Vol. 83, 3-13.
- SURUTKA, J. V. [juin 1978] Nouvelles expériences d'élimination de l'électricité statique sur les haubans des antennes B.hm/B.km à grande puissance (en serbo-croate). Comptes rendus de la 22^e Conférence yougoslave sur l'électronique, les télécommunications, l'automatisation et les sciences nucléaires, Zadar, Yougoslavie.
- SURUTKA, J. V. [1979] Nouvelles expériences d'élimination de l'électricité statique sur les haubans des antennes B.hm à grande puissance (en serbo-croate). *Tehnika-Elektrotehnika*, Vol. 28, 10, 1-5.
- SURUTKA, J. V. et VELIČKOVIĆ, D. M. [1973] Static voltages on the guy insulators of m.f. and l.f. broadcast tower antennas. *Radio and Electron. Engr.*, Vol. 43, 12, 744-750.
- SURUTKA, J. V. et VELIČKOVIĆ, D. M. [décembre 1984] The elimination of static discharges on the stays of high-power MF antennas, *Rev. de l'UER (Technique)*, 208, 240-245.

Documents du CCIR

- [1978-82]: a. 10/187 (Japon); b. 10/179 (France).
- [1982-86]: a. 10/63 (Yougoslavie); b. 10/33 (Royaume-Uni); c. 10/4 (Pays-Bas).

BIBLIOGRAPHIE

- BLIEK, J. J. [juin 1982] Zendantenne van het MG-zendstation Flevoland Radio (L'antenne d'émission de la station B.hm de Flevoland). *Radio Bull.*, 227-232.
- BRUGER, P. et WANIEWSKI, B. [1977] Pardunenisation von MW- und LW-Antennen (Isolation des haubans d'antennes B.hm et B.km). *NTG Fachbericht*, Vol. 56, 55-62.
- BRUGER, P. et WANIEWSKI, B. [1978] Directional dual frequency, anti-fading antenna. Proc. Third International Broadcasting Convention (IBC 78), 154-157.
- LACHARNAY, S. [1975] Antenne de radiodiffusion à B.km protégée contre la foudre. *Radiodif. Télév.*, 36.
- MARSHALL, J. L. [1973] *Lightning Protection*. John Wiley and Sons, Inc., Toronto, Canada.
- NOLAN, S. U. [1974] Developments in MF radiator systems. *Sound and Vision Broadcasting*, Vol. 15, 1.

