

SUR LES CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT
DES
Paratonnerres des Magasins et Ateliers
CONTENANT
DES SUBSTANCES EXPLOSIVES
[53743]

A la suite d'un coup de foudre qui, à la poudrerie de Caulille, a incendié partiellement un séchoir à coton nitré muni d'un paratonnerre Melsens, M. le Ministre de l'Industrie et du Travail a institué une Commission à l'effet de rechercher les moyens les plus sûrs et les moins onéreux de protéger contre la foudre les bâtiments contenant des substances explosives.

Cette Commission était composée de MM. GUCHEZ, inspecteur général des explosifs, Président, LIBBRECHT, directeur général de la Société Cooppal, à Wetteren, BRIFFAUX, capitaine-commandant du génie, et LAMBOTTE, ingénieur principal des télégraphes, Secrétaire.

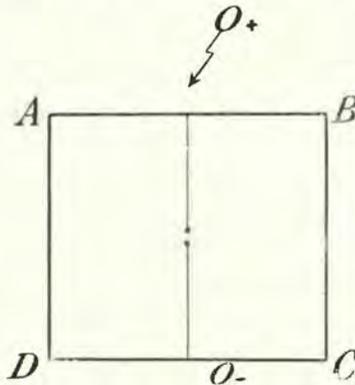
Dans son rapport, reproduit ci-après, la Commission rappelle les données scientifiques sur lesquelles repose le type de paratonnerre qu'elle préconise et détaille les précautions à prendre pour le réaliser pratiquement, de manière à faire œuvre durable et efficace. Elle propose, toutefois, de ne rendre les paratonnerres obligatoires qu'à l'égard des ateliers ou magasins contenant plus de 200 kilogrammes de matières explosives, à moins que ces bâtiments ne soient particulièrement exposés aux atteintes de la foudre ou qu'ils ne constituent un danger éminent pour les voisins; ce point serait apprécié par les Inspecteurs dans chaque cas particulier.

RAPPORT DE LA COMMISSION

Considérations générales.

On a généralement admis, jusque dans ces derniers temps, qu'une cage métallique, même à mailles peu serrées, mettait les corps qu'elle contient à l'abri des manifestations électriques extérieures. Prenez, dit Maxwell, un bâtiment rectangulaire couvert de zinc, établissez une descente *sans terre* aux quatre angles et reliez les descentes entre elles au moyen d'un fil à la base des murs. La foudre tombant sur le bâtiment, il n'en résulterait aucun dommage pour l'intérieur, alors même qu'il s'y trouverait des masses métalliques : le circuit serait porté à un potentiel élevé, mais uniforme. (Inutile de dire qu'il serait dangereux, lors d'une décharge, de se trouver sur le sol à côté d'un bâtiment protégé de cette façon, car l'écoulement à la terre ne se ferait généralement pas sans occasionner des dégâts extérieurs.)

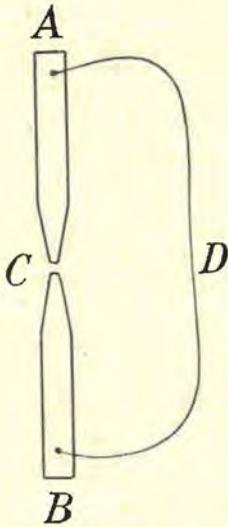
Cependant, Mach a démontré expérimentalement que dans les conditions figurées au croquis



Coupe d'une cage cubique.

ci-contre, si la cage n'est pas suffisamment conductrice, on peut, sans destruction partielle de cette cage, obtenir une étincelle à l'intérieur entre les extrémités libres des deux fils reliés aux faces *AB* et *CD*. On conçoit aisément que les paratonnerres Melsens établis de la façon ordinaire, pourraient assez facilement se trouver, en présence de fortes décharges atmosphériques, dans le cas d'une cage de

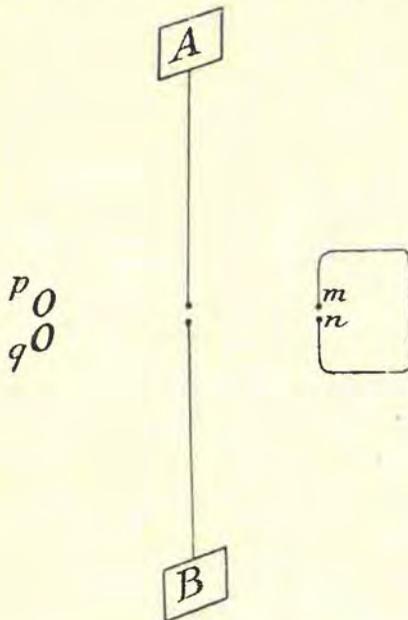
conductibilité insuffisante pour soustraire l'intérieur à tout mouvement électrique. D'ailleurs, Melsens — même lorsque les circonstances permettaient d'entourer les bâtiments d'une cage assez complète — prescrivait de relier entre elles et aux conducteurs, les masses



métalliques qu'ils contenaient, de façon à réaliser des circuits fermés. Mais on sait qu'entre deux points d'un circuit sans discontinuité électrique, on peut facilement obtenir une étincelle. Dans le cas figuré ci-contre, par exemple, une étincelle jaillira en *C*, malgré une liaison électrique *ADB*, lorsque l'impédance de celle-ci et la distance *C* seront convenables.

Dans une machine et dans une canalisation reliées au paratonnerre, une étincelle sera donc souvent possible, très courte si l'on veut, mais suffisante néanmoins pour enflammer du poussier de poudre noire, de coton nitré, etc., et provoquer un incendie ou une explosion.

Mais il n'y a pas seulement à considérer ici la conductibilité de la cage et des masses métalliques que l'on jugerait devoir mettre dans le circuit. Hertz a montré qu'une décharge oscillante parcourant un conducteur rectiligne *AB*, produit parallèlement à ce conducteur,



des flux électriques sensibles qui peuvent provoquer des étincelles dans une interruption de circuit *mn* ou même entre deux objets isolés *p* et *q*. Cependant, si l'on place entre le conducteur *AB* et le circuit voisin, dans le plan perpendiculaire à celui des deux conducteurs et parallèle à *AB*, un cadre sur lequel on a tendu une série de fils métalliques et parallèles et qui soit assez grand pour intercepter toutes les droites allant d'un point quelconque du premier

circuit à un point quelconque du second, on constate que si les fils du cadre sont parallèles aux conducteurs, l'action inductive est sensiblement réduite, tandis que s'ils leur sont perpendiculaires, cette action n'est que fort peu atténuée.

L'atténuation est d'autant plus grande que les fils sont plus serrés et elle est à peu près complète si le cadre porte deux séries de fils croisés, suffisamment rapprochés (1).

Comme on ne peut transformer les bâtiments en boîtes métalliques à faces pleines et sans joints non soudés, ni même les enfermer dans des cages à mailles suffisamment conductrices et serrées pour mettre sûrement l'intérieur à l'abri de toute décharge latérale; comme d'autre part, on ne peut sans danger mettre les masses métalliques intérieures dans le circuit lorsqu'elles sont exposées à se couvrir de poussier inflammable ou explosif, nous estimons qu'il est désirable de tenir la foudre éloignée des bâtiments contenant des matières explosives, comme le recommandent d'ailleurs les instructions sur la matière édictées par l'Académie des Sciences de Paris, et de mettre les masses métalliques intérieures à l'abri des effets d'induction au moyen d'un écran.

Dispositif proposé.

A notre avis, le dispositif le plus pratique pour protéger contre la foudre, un bâtiment contenant des matières explosives, est le suivant :

1° On transformera le bâtiment en une cage métallique semblable à celle que décrit Maxwell et on la reliera à la terre. Dans le cas où la couverture ne sera pas métallique, on placera sur la toiture, un certain nombre de conducteurs formant damier;

2° On établira horizontalement, à une certaine hauteur au-dessus de cette cage, un filet métallique rectangulaire dont les axes seront dans les mêmes plans verticaux que ceux du bâtiment et on le mettra en bonne communication électrique avec le sol par les quatre angles;

3° On donnera à cet appareil une action préventive convenable en munissant d'une aigrette Melsens à sept branches, le sommet de chacun des mâts qui porteront le filet.

Dans ces conditions, les cages intérieures ne pourront être le siège que de phénomènes d'induction peu intenses et formeront en tous cas, pour les objets métalliques qu'elles contiendraient, des écrans d'une efficacité à peu près complète.

(1) On arrive pratiquement à une extinction complète au moyen d'une feuille métallique suffisamment épaisse,

Toutefois, il conviendra d'y raccorder par leurs deux extrémités les gouttières, poutrelles et ancrages qui entreraient dans la construction et — pour éviter le phénomène décrit par le professeur Lodge, sous le nom d'« expérience de la maison de gaze » — les tuyaux métalliques quelconques et les transmissions, à leur entrée dans les bâtiments.

On fera bien également de plafonner les ateliers dont la charpente ou la couverture est métallique et dans lesquels voltige du poussier inflammable ou explosif.

Il a été demandé si, dans le but d'augmenter l'action préventive du système, il ne conviendrait pas de munir d'aigrettes la cage intérieure ou de constituer la face supérieure de la cage extérieure au moyen de ronces.

Le premier moyen ne serait efficace que dans le cas où la cage extérieure serait insuffisante pour soustraire la cage intérieure aux actions électriques du dehors, mais alors il deviendrait dangereux lorsqu'un coup de foudre se produirait; car une décharge disruptive en forme de nappe suivant le chemin en éventail qui lui aurait été tracé par l'ensemble des pointes exerçant leur action préventive, pourrait frapper partiellement la cage intérieure et produire ou provoquer des étincelles dans le bâtiment.

Le second, si l'on n'employait pas des conducteurs de cuivre, présenterait le défaut grave d'être rapidement altérable et d'exiger assez bien d'entretien.

Paratonnerre symétrique pour ateliers et petits magasins.

L'appareil que nous venons de décrire dans ses grandes lignes, serait trop coûteux, croyons-nous, pour qu'on puisse en prescrire la pose sur tous les bâtiments (ateliers ou magasins) renfermant des matières explosives. Pour ceux qui en contiennent moins de 4,000 kilogrammes et dont la largeur ne dépasse pas 8 mètres, nous jugeons suffisant, le dispositif qui a été appliqué, dans ces dernières années, aux ateliers et magasins de quelques fabriques d'explosifs et dans lequel la cage extérieure est remplacée par un simple conducteur placé dans l'axe du bâtiment, à 1^m50 environ au-dessus du faite, et muni de deux ou trois aigrettes, suivant la longueur du bâtiment. Ces aigrettes donnent à l'appareil une certaine action préventive et constituent des points d'attraction pour le cas où une décharge ne peut être évitée. D'autre part, Zenger a montré expérimentalement que deux conducteurs symétriques, lorsqu'ils

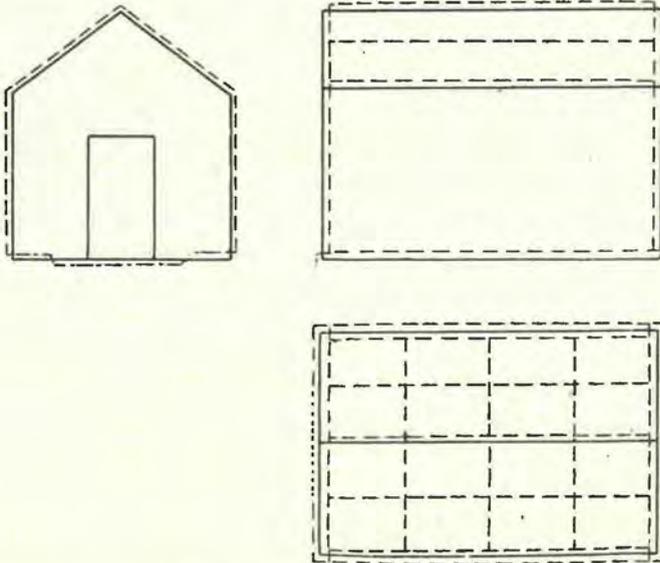
sont frappés par une étincelle, font le même effet qu'une cage complète au point de vue de l'induction, sur les objets qu'ils entourent. On peut donc admettre dans la pratique, que ce dispositif met l'intérieur des bâtiments, transformés en cages, à l'abri des phénomènes d'induction que produirait un coup de foudre frappant une aigrette.

Enfin, nous pensons que pour les magasins ou ateliers qui ne renferment pas plus de 200 kilogrammes d'explosifs, le paratonnerre pourrait ne pas être obligatoire, si ce n'est dans le cas où par sa situation, le bâtiment serait particulièrement exposé aux atteintes de la foudre et où l'explosion pourrait occasionner des dégâts chez les voisins ou des accidents de personne. C'est là un point qui pourrait être apprécié, dans chaque cas particulier, par les inspecteurs des explosifs.

Détails de construction.

Il nous reste à compléter les indications générales que nous venons de donner, par quelques détails de construction.

CAGE INTÉRIEURE. — Quand la couverture ne sera pas métallique, on placera un réseau de conducteurs sur la toiture comme l'indique



le croquis ci-dessus; les mailles n'auront pas plus de 2 mètres de côté en projection horizontale.

Les conducteurs seront constitués par du fil de fer galvanisé de 5 m^2 , sauf pour le bout de la ceinture de base qui se trouve du côté de la porte et qui souvent devra être enfoui dans le sol sur une certaine longueur. Cette section sera faite de fil de cuivre rouge de 5 m^2 , parce que le fer, même galvanisé, s'altère trop rapidement au contact de la terre humide.

La communication avec le sol sera établie au moyen de deux plaques, cylindres ou croisillons en fonte ayant au moins 80 décimètres carrés de surface totale extérieure.

Ces prises de terre seront placées au milieu des deux côtés opposés dans lesquels ne se trouve pas la porte.

Elles seront enfouies de façon que leur axe soit incliné à 45 degrés et que le plan vertical passant par cet axe soit perpendiculaire au mur voisin. Si elles sont constituées par des plaques, le plan des faces sera vertical.

La résistance de la communication avec le sol ne dépassera pas 50 ohms.

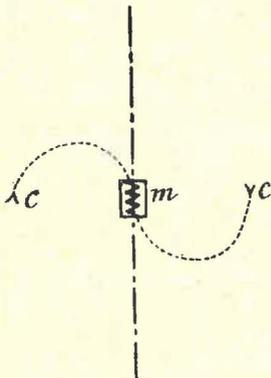
Au besoin, il faudra employer des prises de terre de plus grande surface que celles qui sont indiquées plus haut ou en augmenter le nombre.

Deux conducteurs d'une pièce réuniront les prises de terre l'une à l'autre en passant par les extrémités du faite.

La réunion de deux conducteurs se fera comme suit : les parties à souder seront préalablement décapées et réunies par une torsade en fil de fer galvanisé de 1.2 à 1.4 m^2 de diamètre, dont les spires bien serrées seront presque jointives, sur une longueur de 2 centimètres au moins, puis le tout sera soudé au moyen d'un alliage de deux parties d'étain pour une de plomb ; l'ensemble sera recouvert d'une masselotte de plomb ou de zinc d'une longueur de 5 centimètres et d'une section telle qu'il y aura au moins une épaisseur de 5 milli-

mètres de métal fondu, sur les conducteurs réunis. Les extrémités des conducteurs s'arrêtant à la liaison devront être recouvertes par la masselotte.

Les liaisons des conducteurs aux ouvertures ou aux cheneaux seront faites comme l'indique le croquis ci-contre :



— . . . — conducteur ;

————— fil de fer galvanisé de 4 m^2 de diamètre et d'environ 0^m30 de longueur ;

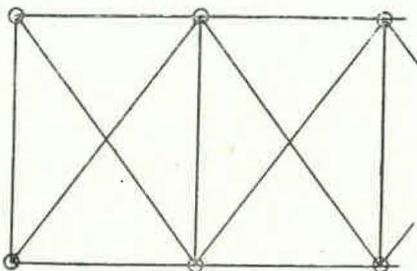
m ligature soudée, recouverte d'une masselotte coulée sur la couverture ;

c extrémité soudée sur la couverture puis recouverte d'une petite masselotte de soudure.

Les raccords aux masses métalliques : charpentes, canalisations, transmissions, poutrelles, ancrages, et aux prises de terre seront établis par boulon avec feuille de plomb interposée ou par soudure avec bride masselottée. Avant l'exécution des raccords, les surfaces de contact devront être soigneusement nettoyées, de façon à mettre le métal à nu, et étamées, si possible.

Si des poutrelles parallèles sont posées sur deux longerons en des points qui sont noyés dans la maçonnerie, il suffira de relier les extrémités des deux longerons aux conducteurs.

CAGE EXTÉRIURE. — En projection horizontale, la face supérieure de la cage extérieure dépassera la couverture du bâtiment de 0^m50 au moins, de tous les côtés. Elle sera faite suivant le tracé ci-contre. Les



rectangles ne pourront avoir plus de 50 mètres carrés de surface. La hauteur sera telle que les conducteurs se trouveront à 1^m50 au moins au-dessus du point le plus élevé du bâtiment.

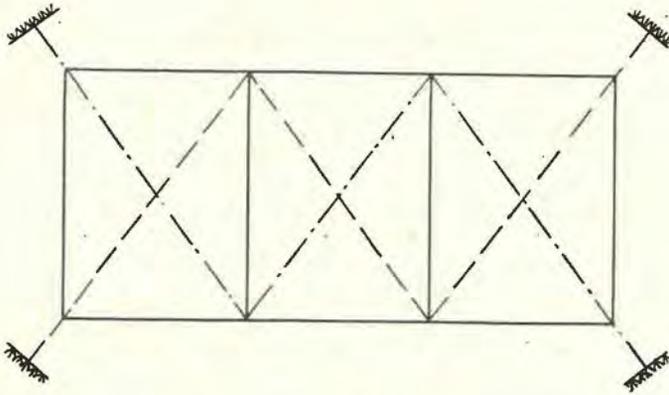
Les prises de terre seront distantes d'au moins 5 mètres de celles de la cage intérieure.

Les conducteurs seront constitués par du fil de fer galvanisé de 8 ^m/_m de diamètre au minimum.

Les diagonales avec les descentes vers les quatre prises de terre seront formées par deux bouts de fil sans ligature. Dans la construction des côtés des rectangles, il y aura le moins de joints possible et il n'y en aura pas en pleine ligne.

Les aigrettes seront en fer galvanisé, en cuivre rouge ou en bronze phosphoreux, mais toujours homogènes et jamais en deux ou plusieurs métaux différents.

Elles seront munies de deux branches de raccord de 0^m15 à 0^m20 venues d'une pièce avec deux des branches formant bouquet. Le fil employé à leur construction aura 7 à 8 ^m/_m de diamètre.



L'angle des pointes sera d'environ 20 degrés. La branche centrale sera verticale et les autres inclinées à 45 degrés; la première aura 0^m75 de longueur et celles-ci 0^m55.

Les aigrettes et les conducteurs pourraient avantageusement être fixés sur les mâts comme l'indiquent les croquis de la page suivante; le second montre en même temps comment seront établies les liaisons entre aigrettes et conducteurs; *m* représente une liaison ligaturée, soudée et masselottée semblable à celle qui a été décrite au paragraphe: *Cage intérieure*.

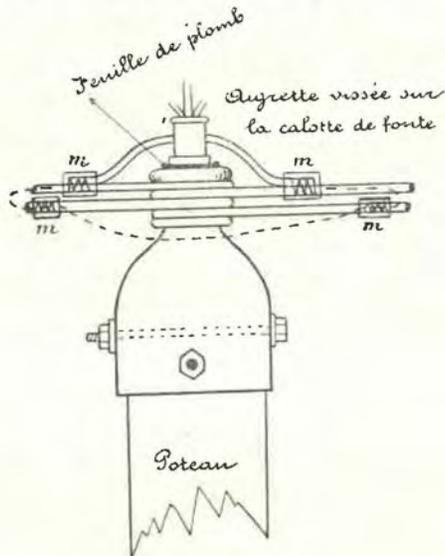
Les raccords avec les prises de terre seront faits par deux boulons avec feuille de plomb interposée.

Ces prises de terre seront constituées comme celles de la cage intérieure, mais auront une surface extérieure totale d'au moins 1^m250. Autour des trous pratiqués pour le placement des boulons de fixation et sur une largeur de 2 centimètres, elles seront étamées. Elles seront enfouies verticalement, à moins qu'à cause de la nature du sol, il n'y ait avantage au point de vue de la résistance électrique, à les incliner de façon à les maintenir dans les couches superficielles. Elles seront entourées d'une couche de charbon de bois d'environ 10 centimètres d'épaisseur.

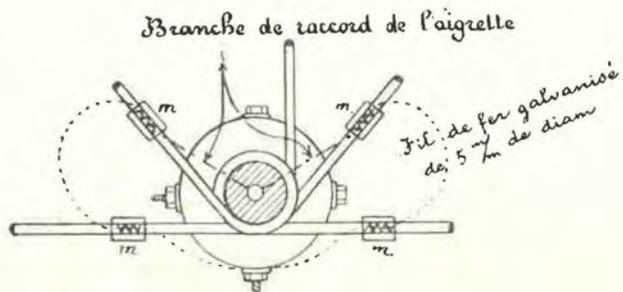
La résistance de la communication avec le sol de la cage extérieure ne dépassera pas 10 ohms. Quand, par suite de la mauvaise conduc-

tibilité du sol, des prises de terre ayant les dimensions indiquées et enfouies de la façon la plus favorable donneront une résistance supé-

POTEAU INTERMÉDIAIRE



Vue latérale.



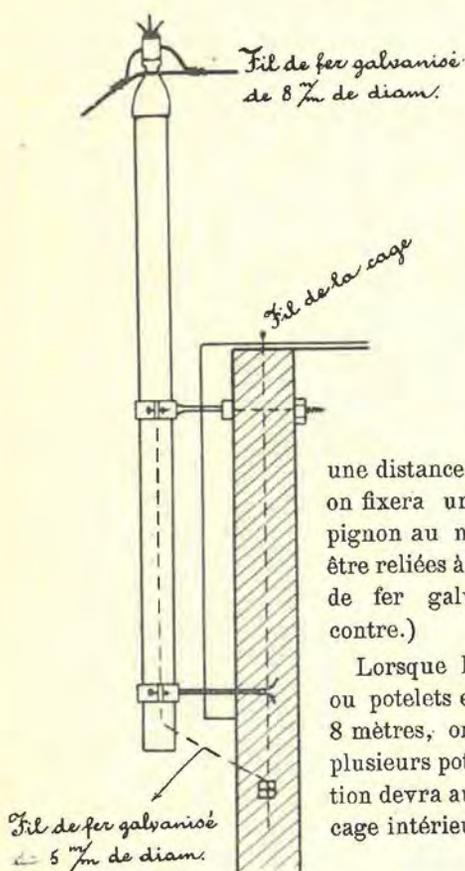
Coupe sous le bourrelet de la calotte.

rieure, il faudra établir une ceinture de base au moyen d'un fil de cuivre de 8 mm de diamètre ou d'un ruban du même métal ayant 50 mm^2 carrés de section et 2 1/2 mm au moins d'épaisseur, enfoui dans le sol à la profondeur la plus convenable.

Si cela ne suffisait pas, il faudrait ou bien remplacer les plaques par d'autres de plus grandes dimensions, ou mieux, creuser un puits assez profond pour qu'en toutes saisons, il contienne au moins 2 mètres d'eau et y plonger une des prises de terre. Des dispositions spéciales devront alors être prises en vue de la conservation et de la vérification du raccord fait à cette prise de terre.

Après la pose des appareils, tous les constituants visibles, sauf les pointes des aigrettes, seront recouverts de deux couches de couleur ou de vernis qui les protègent contre l'oxydation.

Paratonnerre symétrique.



Les aigrettes, les conducteurs d'une pièce, les prises de terre et les liaisons seront semblables à ceux de la cage extérieure des bâtiments importants.

La résistance de la communication avec le sol ne pourra dépasser 20 ohms. Au besoin, on augmentera le nombre ou la surface des plaques ou on établira une ceinture de base.

Quand la porte du bâtiment se trouve dans le pignon, on ne pourrait planter un poteau qu'à une distance assez grande de la toiture. Alors, on fixera un potelet à la partie supérieure du pignon au moyen de deux ferrures qui devront être reliées à la cage intérieure par un bout de fil de fer galvanisé de 5 mm. (Voir croquis ci-contre.)

Lorsque les aigrettes portées par les poteaux ou potelets extrêmes seront distantes de plus de 8 mètres, on fixera sur le faite du toit un ou plusieurs potelets en bois dont la ferrure de fixation devra aussi naturellement être raccordée à la cage intérieure.

Nécessité d'une vérification périodique.

Les indications ci-dessus resteraient généralement lettre morte si le Département ne s'assurait qu'elles ont été suivies et que les appareils installés sont tenus en bon état de fonctionnement. Aussi, jugeons-nous absolument nécessaire de faire procéder par un ingénieur compétent, non seulement à la réception, mais aussi à la vérification périodique des paratonnerres établis sur les ateliers ou magasins renfermant des substances explosives.

La Commission des paratonnerres de la ville de Paris disait dans son rapport de 1875 :

« Au lieu d'être des appareils préventifs des effets de la foudre, les paratonnerres en mauvais état constituent pour les édifices qu'ils surmontent et pour les hommes qui y séjournent un danger permanent. »

Et encore : « Il ne faut pas oublier qu'un paratonnerre n'est préservatif, c'est-à-dire n'est utile, qu'autant qu'il soit en parfait état, sinon il est fort dangereux. »

Or, quelque bien conditionné que soit un paratonnerre, il se détériore à la longue, si on ne l'entretient pas.

« Il ne suffit pas — dit la même Commission — d'avoir établi des paratonnerres sur une habitation pour la protéger de la foudre, il faut les entretenir. »

Et comme conclusion : « Les paratonnerres doivent être contrôlés et essayés périodiquement par des procédés électriques convenables. »

Cette vérification s'impose dans le cas qui nous occupe, non seulement parce que les matériaux mis en œuvre sont altérables et que des travaux aux bâtiments peuvent avoir occasionné des détériorations à la cage intérieure, mais encore parce que des changements aux distributions de vapeur ou aux transmissions, la construction d'annexes, l'assèchement du sol dans lequel se trouvent les prises de terre, etc., etc., peuvent avoir rendu le paratonnerre incomplet et inefficace.

Un article d'un savant spécialiste allemand, M. Neesen, article paru dans le numéro de mars 1889, de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, est caractéristique à ce sujet :

« Dans le cours des sept dernières années, j'ai eu l'occasion d'examiner plusieurs fois les paratonnerres établis sur les monuments publics de Berlin, paratonnerres pour lesquels une vérification triennale est prescrite.

» Dans les premières vérifications, la plupart des constructions, qui dataient de plusieurs dizaines d'années, se trouvaient dans un état peu rassurant. Les conducteurs aériens, sur de longs parcours, avaient complètement disparu ; les points de raccordement des tiges étaient généralement rouillés, les plaques de terre en partie absentes, en partie d'une résistance excessive ; il n'était pas question, naturellement, d'une communication avec un tuyau d'eau ou de gaz. Souvent, il arriva que les conducteurs qui étaient le plus atteints par les ravages du temps, ne pouvaient plus être réparés.

» Les nouvelles installations que j'ai faites au moyen de fer rond ou de câbles en fil de fer ou de cuivre, se sont généralement bien conservées durant ces sept dernières années. Seulement, là où les conducteurs avaient été enlevés à cause de travaux aux toitures, le rétablissement n'avait pas été fait ou il l'avait été d'une façon défectueuse. Cette difficulté seule, qui se renouvellera toujours, démontre la nécessité des examens périodiques de l'état des paratonnerres. »

Nous demanderons donc que le Département prenne les mesures nécessaires pour que chacun des paratonnerres qui nous occupent soit vérifié annuellement et chaque fois qu'il aura été notoirement frappé par la foudre.

Bruxelles, le 13 avril 1901.
