

en se reportant à ce que nous avons dit plus haut (924). Imaginons, d'une part, des cirrus très élevés, à 10 000 mètres, dont la température peut être, même en été, de  $-20^{\circ}$  à  $-30^{\circ}$ ; d'autre part, des cumulus, formés par un temps chaud et humide et s'élevant rapidement, à une grande hauteur, par l'effet du courant ascensionnel d'air chaud. Ces cumulus peuvent atteindre des régions dont la température est inférieure à  $0^{\circ}$ , et y rester en *surfusion*, jusqu'à ce que les aiguilles de

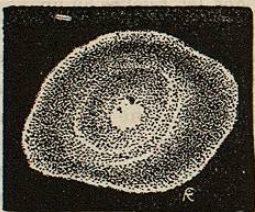


Fig. 695. — Coupe d'un grêlon.

glace des cirrus y déterminent, par leur chute, une congélation partielle; les noyaux ainsi formés, analogues à des grains de grésil, augmenteront de grosseur par l'adjonction de couches successives d'eau en surfusion, et la congélation des couches additionnelles pourra se produire presque instantanément. — L'observation montre en effet que, lorsqu'on coupe un grêlon en travers (fig. 695), on trouve généralement au centre une partie blanche et opaque, ressemblant à un grain de grésil; puis, autour de cette espèce de noyau, des couches de glace transparente.

On sait enfin que le phénomène de la grêle est intimement lié aux orages, car la chute de la grêle est toujours accompagnée d'éclairs et de tonnerre. — Volta a imaginé une théorie qui, sans rendre compte de tous les détails du phénomène, permet au moins d'en expliquer quelques-unes des particularités. Il suppose que les grêlons, se formant dans un nuage électrique, et étant électrisés eux-mêmes, doivent être soutenus dans l'atmosphère par l'attraction de nuages placés au-dessus, chargés d'une électricité contraire et donnant lieu aux décharges électriques. Cette circonstance permettrait aux grêlons d'acquérir les dimensions considérables qu'on observe quelquefois, et dont l'explication constitue la principale difficulté de la théorie de la grêle. — A la suite d'une forte décharge électrique, le nuage laisserait échapper subitement son fardeau de grêlons, qui tomberait alors vers le sol.

La chute de la grêle est toujours de très courte durée. Les grêlons arrivent par ordre de grosseur, les plus gros les premiers, comme si tous avaient été abandonnés au même instant.

Le grésil paraît se former de la même manière que la grêle; seulement, l'absence de l'électricité ne permet pas à ces noyaux opaques de se soutenir dans l'air et d'y acquérir des dimensions comparables à celles des grêlons.

En résumé, on comprend comment, en hiver, la simple congélation des nimbus, dans un air froid, donne de la neige; comment, au printemps, la rencontre des cirrus avec les cumulus qui s'élèvent du sol

donne du grésil; comment enfin, en été, le même phénomène, accompagné d'une forte tension électrique, donne de la grêle (\*).

926. **Verglas.** — Une dernière circonstance peut se présenter, dans la condensation de l'eau atmosphérique; c'est une pluie (eau liquide) tombant à travers une atmosphère au-dessous de  $0^{\circ}$ , et se continuant quelques heures, en même temps que la gelée persiste au niveau du sol. Dans ce cas, très rare d'ailleurs, il y a formation de *verglas*: la surface du sol, et de tous les objets exposés à la pluie, se couvre d'une couche uniforme de glace transparente et lisse, dont l'épaisseur va en augmentant avec la durée du phénomène.

Cette circonstance anormale se présente à la suite d'une longue période de froid, lorsqu'au vent du nord-est succède le retour du courant équatorial du sud-ouest. Ce courant atteint nos contrées par les hautes régions d'abord, en produisant des nuages dont la marche est contraire à celle du vent qui règne à la surface du sol, et qui est indiqué par les girouettes: il en résulte un trouble momentané dans la distribution de la température suivant la verticale; le dégel commence par en haut.

Or, nous avons dit plus haut (921) que le brouillard ne se congèle dans l'atmosphère qu'à  $-20^{\circ}$  environ; il suffit donc que les hautes régions de l'atmosphère, réchauffées par le vent du sud-ouest, arrivent à n'être plus qu'à une dizaine de degrés au-dessous de zéro, pour que la pluie puisse y prendre naissance; cette pluie en *surfusion*, tombant sur un sol à 5 ou 4 degrés au-dessous de zéro, s'y congèle, pour la plus grande partie. Une pluie peu abondante peut même se transformer entièrement en verglas. — Le phénomène ne dure généralement que quelques heures; le courant du sud-ouest, en s'abaissant, atteint bientôt le sol et fait remonter le thermomètre au-dessus de zéro: alors le vrai dégel commence (\*\*). — Cette explication du verglas a été donnée par M. Nouel, en 1862.

#### V. — ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

927. **Électroscope de Saussure.** — **État électrique de l'atmosphère.** — L'atmosphère est toujours plus ou moins chargée d'électricité. Pour déterminer la nature et le mode de distribution de cette électricité, on peut faire usage de l'électroscope imaginé par de Saussure (fig. 696). Il diffère peu de l'électroscope à feuilles d'or qui a été décrit plus haut (fig. 295); les feuilles d'or sont remplacées par de

(\*) Les principaux traits de cette théorie de la pluie et de la grêle sont empruntés à un mémoire publié par M. E. Renou en 1866.

(\*\*) On doit cependant noter le célèbre verglas des 22, 23 et 24 janvier 1879, qui a duré trois jours sans dégel et a causé des dégâts immenses dans les forêts d'une zone s'étendant d'Épernay à Angers.



petites balles de sureau, suspendues par des fils de platine très fins. la tige, terminée par une longue pointe métallique T, porte en D un chapeau de laiton qui abrite l'instrument.

Si l'électroscope est placé au-dessous d'un corps chargé d'électricité positive, l'électricité positive de la tige est refoulée dans les balles de sureau, et l'électricité négative s'écoule par la pointe. L'instrument se charge donc, en général, de la même électricité que le corps influent; la divergence des petites balles peut se mesurer au moyen d'un arc gradué, tracé sur la paroi de la cloche; elle est d'autant plus grande que le corps influent est à un potentiel plus élevé.

Cet instrument, et quelques autres un peu différents, ont permis de constater que, lorsque le temps est serein, l'atmosphère est généralement à un potentiel positif, et ce potentiel est d'autant plus grand que le temps est plus pur et plus sec. — En outre, le potentiel électrique augmente progressivement à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère.

Un électroscope placé sous un arbre, ou dominé par un édifice, ne donne aucune indication, puisque ces corps sont en communication avec le sol, et, par suite, à un potentiel nul.

Quant à la cause de l'état électrique de l'atmosphère, il est difficile, dans l'état actuel de la science, de l'indiquer avec précision. On peut seulement remarquer que, en raison de l'augmentation progressive qu'éprouve le potentiel à mesure qu'on s'élève, cette cause doit être attribuée à des phénomènes qui se produisent dans des régions très élevées. — C'est d'ailleurs dans

Fig. 696. — Électroscope de Saussure.

ces hautes régions qu'on observe les aurores boréales, particulièrement fréquentes dans les contrées polaires. Ces splendides météores, qui apparaissent sous la forme d'immenses arcs lumineux, dardant des rayons par leur partie inférieure, présentent une couleur rouge ou violacée, qui rappelle celle des décharges électriques produites dans l'air très raréfié (486).

§ 928. **Expériences anciennes, vérifiant l'identité entre les phénomènes de la foudre et ceux de l'électricité.** — L'étincelle électrique qui jaillit d'une machine fortement chargée rappelle, par sa forme sinueuse, les éclairs qui apparaissent pendant les orages. Les effets mécaniques ou calorifiques, que produisent les décharges de nos batteries, rappellent aussi ceux que produit la foudre à la surface de

la terre. Ce sont là des rapprochements qui furent faits dès la découverte des phénomènes électriques. — Cependant c'est à Franklin que revient la gloire d'avoir démontré qu'il y a réellement identité entre la foudre et les décharges électriques, et que la foudre est due à l'électricité dont sont chargés les nuages.

Les premières expériences, pour mettre en évidence l'électricité des nuages, furent faites en France par Dalibard, d'après des indications données par Franklin. — En 1752, Dalibard fit élever, dans un jardin de Marly-la-Ville, une tige de fer de 40 pieds de haut, fixée sur un support isolant et terminée en pointe à la partie supérieure. Il attendit que des nuages orageux vinssent à passer au-dessus de la tige. En approchant alors, de la partie inférieure de la tige, un fil de cuivre mis en communication avec le sol, il obtint une succession d'étincelles, plus fortes que celles des meilleures machines. — Pour comprendre ce qui s'était produit dans cette circonstance, il suffit de se reporter à ce que nous avons vu, sur la manière dont s'électrise le conducteur de la machine électrique, sous l'influence du plateau de verre (455). Admettons, en effet, que le nuage fût chargé, par exemple, d'électricité positive : il agissait, sur la tige métallique isolée, comme le plateau de la machine électrique agit sur le conducteur, c'est-à-dire que, sous l'influence du nuage, l'électricité négative de la tige s'écoulait par la pointe; l'électricité positive était repoussée à la partie inférieure de la tige, qui pouvait ainsi fournir des étincelles à l'approche d'un corps communiquant avec le sol.

Un mois plus tard, Franklin fit lui-même, dans la plaine de Philadelphie, une autre expérience qui conduisit aux mêmes résultats. — Un cerf-volant, muni d'une pointe métallique, fut lancé dans la direction d'un nuage orageux : la corde se terminait, à sa partie inférieure, par un cordon de soie isolant. La corde de chanvre étant peu conductrice, on n'obtint d'abord que des traces douteuses d'électricité; mais, une pluie fine étant venue rendre le chanvre conducteur, Franklin put tirer de la corde des étincelles de plusieurs pouces; il put allumer de l'alcool, charger des bouteilles de Leyde, etc.

Enfin, l'année suivante, de Romas, magistrat de la petite ville de Nérac, fit encore usage d'un cerf-volant, mais il eut soin d'ajouter un fil de cuivre à la corde de chanvre, dans toute sa longueur; l'extrémité inférieure de ce fil aboutissait à un cylindre métallique, supporté par des cordons de soie. — A l'approche de nuages orageux, on présenta à ce cylindre un autre cylindre métallique, que l'on tenait par un long tube de verre, et qui était mis en communication avec le sol. Des étincelles éclatèrent entre les deux cylindres; au plus fort de l'orage, elles prirent la forme de lames de feu, de 10 pieds de long, produisant un bruit qui s'entendait à une distance considérable. Des débris de paille, qui se trouvaient sur le sol, s'élançaient vers la corde, avec un



crépitemment continu. — Cette expérience se termina par un coup de tonnerre formidable : la foudre était tombée à une petite distance (\*).

929. **Nuages positifs et nuages négatifs.** — On sait aujourd'hui que les nuages sont chargés tantôt d'électricité positive, tantôt d'électricité négative. — Il suffit, pour s'en rendre compte, d'avoir égard aux conditions diverses dans lesquelles se forment les nuages, au milieu d'une atmosphère dans laquelle le potentiel positif va progressivement en croissant à mesure qu'on s'élève (927).

En effet, un nuage, formé par la condensation de la vapeur d'eau dans l'air, peut être considéré comme une masse semi-conductrice, se substituant à la masse gazeuse non conductrice. Il doit, dès lors, s'électriser *par influence*, sous l'action de l'électricité positive accumulée dans les régions supérieures. — Or, si un nuage se forme dans une couche d'air peu éloignée du sol, et sensiblement à l'état neutre, cette action d'influence développera de l'électricité négative sur sa face supérieure, et une quantité égale d'électricité positive sur sa face inférieure : si la partie inférieure du nuage vient à se résoudre en pluie, ou si elle arrive momentanément en contact avec le flanc d'une montagne, il y aura déperdition d'électricité positive, en sorte que, une fois cette cause de déperdition supprimée, le nuage restera chargé d'une quantité prédominante d'électricité *négative*.

Au contraire, si un nuage se forme dans une couche d'air plus élevée, contenant déjà de l'électricité positive, quelles que soient les actions d'influence qu'il éprouve de la part des régions supérieures de l'atmosphère, l'électricité positive accumulée à sa face inférieure sera toujours en quantité plus grande que l'électricité négative à sa face supérieure. Si le nuage vient ensuite à s'abaisser avant qu'il y ait eu déperdition, la distribution de l'électricité à sa surface pourra se modifier, mais il y aura toujours prédominance de l'électricité *positive*.

Cette formation de nuages, tantôt *positifs*, tantôt *négatifs*, suffit pour expliquer tous les phénomènes produits pendant les orages.

930. **Foudre.** — On comprend que, si deux nuages chargés d'électricités contraires se rapprochent suffisamment l'un de l'autre, il éclate entre eux une décharge, résultant de la combinaison de ces deux électricités. — De même, si un nuage fortement électrisé se rapproche de la terre, il attire à la surface du sol l'électricité contraire à la sienne, et peut déterminer une décharge qui éclate entre lui et la terre.

(\*) On comprend tout le danger que présentent ces expériences. Le 6 août 1753, Richmann, membre de l'Académie de Saint-Petersbourg, en renouvelant des essais du même genre, s'approcha par mégarde du conducteur électrisé : la décharge l'atteignit au front, et la mort fut instantanée. — De pareilles tentatives ne doivent donc être faites que par des physiiciens consommés, auxquels la pratique des expériences indique toutes les précautions dont il est nécessaire de s'entourer ; la moindre imprudence peut être fatale à l'expérimentateur ou à ceux qui l'entourent.

La foudre n'est autre chose que la décharge puissante, qui se produit dans l'une ou l'autre de ces deux circonstances. — L'éclair est le phénomène lumineux qui accompagne la décharge. — Le tonnerre est le bruit de la décharge elle-même.

Nous allons étudier successivement les principales particularités que présentent ces phénomènes.

931. **Éclairs.** — La lueur de l'éclair, plus vive que celle des étincelles électriques artificielles, est *instantanée*. Quelle que soit la précision des méthodes employées, on n'a pu encore lui assigner aucune durée appréciable. — Quant à l'aspect du sillon lumineux, il rappelle ces étincelles en zigzags (fig. 337) que donnent les machines électriques fortement chargées, quand on éloigne autant que possible les surfaces entre lesquelles éclate la décharge.

La longueur de l'éclair peut parfois être très grande : les évaluations les moins exagérées portent à lui donner, dans certains cas, jusqu'à 12 ou 15 kilomètres. — Pour comprendre comment l'éclair peut acquérir une pareille longueur, il faut se reporter aux conditions dans lesquelles il se produit. — L'intervalle compris entre les nuages orageux est généralement occupé par un brouillard plus ou moins épais, formé de gouttelettes d'eau flottant dans l'air. C'est dans ce milieu que se produit la décharge : on conçoit donc qu'elle puisse franchir une distance considérable, en passant d'une gouttelette à une autre, comme les décharges de nos machines franchissent la série des losanges métalliques de nos tubes étincelants (fig. 334). — De même, lorsque la foudre éclate entre les nuages et le sol, elle ne franchit ordinairement une aussi grande distance que grâce à la communication momentanée qui lui est offerte par la chute de l'averse orageuse.

On distingue les éclairs, au point de vue de leur éclat, en deux classes. — Les *éclairs de première classe* forment un sillon éblouissant, en général blanc ou bleuâtre, et nettement arrêté sur les bords : ils éclairent d'une lueur vive la voûte du ciel et les objets placés à la surface de la terre. — Les *éclairs de seconde classe* consistent en des lueurs diffuses, qui n'éclairent généralement qu'une partie du ciel. Ces lueurs sont produites, dans la plupart des cas, par des éclairs dont nous n'apercevons pas directement la lumière, soit qu'elle nous soit masquée par les nuages eux-mêmes, soit qu'elle se produise dans une région du ciel située au-dessous de notre horizon.

Enfin, on a désigné sous le nom de *foudre globulaire*, ou de *tonnerre en boule*, un phénomène bizarre, qui semblerait n'avoir aucune analogie avec les phénomènes électriques connus. Certains observateurs affirment avoir vu, pendant les orages, des espèces de globes lumineux se promener lentement à la surface du sol, et disparaître subitement, tantôt avec explosion, tantôt sans bruit. — Il est difficile de ne point accueillir avec quelque défiance des récits de cette nature, surtout



quand ils sont faits par des personnes dont l'instruction scientifique n'est pas suffisante pour les mettre en garde contre les illusions possibles. L'expérience montre en effet que, en général, une lumière vive, apparaissant au milieu de l'obscurité, peut faire éprouver à notre œil un éblouissement, se traduisant par une sorte de tache lumineuse que nous croyons apercevoir ensuite sur les divers objets où se portent nos regards : cette impression ne disparaît qu'au bout de quelques secondes. Or, il peut se faire que l'apparition d'un éclair très vif produise, sur l'œil d'un observateur, une illusion de cette espèce ; et alors la disposition de cette illusion pourra évidemment coïncider, soit avec l'un des instants où le tonnerre éclatera de nouveau, soit avec un moment où l'on ne percevra aucun bruit. — Quoi qu'il en soit, il paraît prudent d'attendre, avant de se prononcer sur la réalité de la foudre globulaire, que le phénomène ait pu être observé dans des conditions qui permettent de l'analyser avec certitude.

952. **Tonnerre.** — Le bruit du tonnerre ne nous arrive jamais que *quelque temps après la lumière de l'éclair*. — Cet effet est dû à la différence entre la vitesse de propagation de la lumière et la vitesse de propagation du son. La lumière se propage avec une vitesse de plus de 300 000 kilomètres par seconde : la lumière de l'éclair parcourt donc les quelques kilomètres qui nous séparent des nuages, en un temps tout à fait inappréciable. Le son se propage avec une vitesse qui est seulement d'environ 340 mètres par seconde : il met donc environ 3 secondes pour parcourir 1 kilomètre : dès lors, le bruit de la décharge électrique peut mettre plusieurs secondes pour nous parvenir. — Pendant un orage, si nous entendons les coups de tonnerre succéder de plus en plus rapidement aux éclairs, nous pouvons en conclure que l'orage se rapproche de nous ; au contraire, si ces intervalles de temps vont en augmentant, c'est que l'orage s'éloigne.

Le roulement qui accompagne souvent les coups de tonnerre s'explique encore par des considérations du même genre. En effet, si *une même décharge* éclate à la fois entre plusieurs nuages placés à la suite les uns des autres, il se produit, dans l'atmosphère, autant de détonations, *à un même instant*. Mais nous percevons d'abord le bruit qui s'est produit dans le point le plus rapproché de nous ; nous percevons ensuite, successivement, les bruits qui se sont produits en des points de plus en plus éloignés. — A cette cause s'ajoutent aussi, parfois, les échos formés par les objets qui nous entourent.

953. **Effets produits par la foudre, à la surface de la terre.** — Lorsque la décharge éclate entre un nuage et la terre, on dit généralement que *la foudre tombe*. Elle frappe de préférence les points qui forment des saillies à la surface du sol, parce que c'est surtout en ces points que s'accumule l'électricité attirée par l'influence des nuages. Les sommets des montagnes, les clochers, les arbres, sont les points

qui sont le plus souvent atteints. Aussi, n'est-ce jamais dans leur voisinage qu'on doit chercher un abri pendant les orages.

Les effets produits par la foudre sont semblables à ceux que nous pouvons produire avec nos appareils : ils ne s'en distinguent que par leur intensité. — Comme *effets mécaniques*, on cite des coups de foudre enlevant les toitures des bâtiments, ou arrachant les pierres ; traversant des plaques de verre, ou déchirant en filaments le tronc des arbres. — Comme *effets calorifiques*, on voit la foudre mettre le feu à des meules de paille, ou à des amas de matières combustibles, et déterminer des incendies ; fondre ou volatiliser des corps conducteurs, comme les fils des sonnettes ou les dorures des appartements, etc. (\*).

Les commotions déterminées chez les animaux par les décharges de la foudre, peuvent occasionner les désordres les plus graves, et parfois amener instantanément la mort. — Les traces que laisse la décharge sont très variables : tantôt elle détermine des brûlures ou des blessures profondes ; tantôt elle ne produit aucune lésion extérieure, mais on observe une congestion au cerveau et un épanchement du sang hors des vaisseaux.

Enfin, il est des circonstances où la décharge d'un nuage peut devenir mortelle pour des animaux que la foudre n'a pas directement frappés. — Supposons qu'un nuage d'une assez grande étendue, et chargé, par exemple, d'électricité positive, décompose par influence l'électricité neutre des corps qui sont à la surface de la terre : il attire l'électricité négative à la partie supérieure de chacun de ces corps, et repousse l'électricité positive vers le sol. S'il arrive que le nuage se décharge tout à coup *sur un autre point du sol*, il s'opère, dans tous les corps influencés, une recomposition subite des électricités contraires : l'expérience a montré que la commotion produite sur les animaux, dans des circonstances de ce genre, peut être assez violente pour déterminer instantanément la mort. — C'est le phénomène qui a été désigné sous le nom de *choc en retour*.

954. **Paratonnerres.** — C'est encore à Franklin qu'est due l'invention des *paratonnerres*, qui servent à préserver nos édifices de la foudre.

Voici une expérience qui permet de comprendre le rôle d'un paratonnerre, pendant un orage. — Prenons à la main une tige métallique, terminée en pointe, et approchons-la d'une machine électrique en activité (fig. 697). Il ne jaillit *aucune étincelle* entre la machine et la tige : l'électricité négative, attirée par la machine, s'écoule immédiatement par la pointe, et se combine sans bruit avec l'électricité positive de la machine. Le corps de l'opérateur, armé de cette pointe, ne peut donc déterminer aucune décharge brusque, ni éprouver aucune commotion.

(\*) En traversant les couches de sable quartzueux qui forment le sol de certaines contrées, la foudre détermine la fusion du sable, et forme, avec les grains agglutinés, des espèces de tubes auxquels on donne le nom de *fulgurites*.



— C'est ce pouvoir des pointes qui a conduit Franklin à l'emploi des paratonnerres.

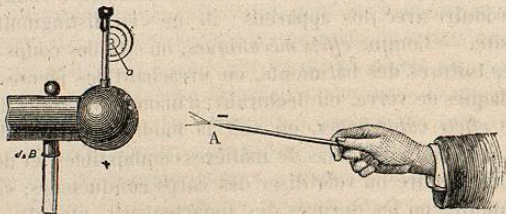


Fig. 697. — Expérience imitant l'effet produit par un paratonnerre.

Un paratonnerre, tel qu'on le construit le plus ordinairement aujourd'hui, se compose d'une longue tige de fer, terminée en pointe à sa partie supérieure.

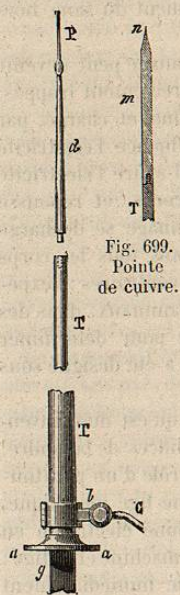


Fig. 699.  
Pointe  
de cuivre.

Fig. 698.  
Paratonnerre.

— La partie inférieure du paratonnerre s'engage, par un prolongement *g* (fig. 698), dans la toiture du bâtiment; elle est mise en communication avec le sol par une tringle de fer *C*, réunie à la tige elle-même par un collier métallique *b*. Cette tringle de fer est le *conducteur* du paratonnerre, qui descend le long du toit et des murs de l'édifice, et vient se rendre dans le sol (fig. 700). Ce conducteur est mis en communication, le long de son trajet, avec toutes les pièces métalliques un peu volumineuses de l'édifice, afin que l'électricité, sollicitée dans ces pièces par l'influence des nuages, puisse se rendre dans la tige et s'écouler par la pointe. — Si l'édifice porte plusieurs paratonnerres, ils sont également mis en communication entre eux par des tiges métalliques.

Enfin, pour établir une communication aussi parfaite que possible entre l'extrémité inférieure

du conducteur et le sol, on fait ordinairement plonger cette extrémité dans un puits où elle se ramifie en plusieurs branches, terminées par des plaques de tôle plongeant dans l'eau, comme le montre la

figure. L'électricité repoussée par les nuages se perd ainsi rapidement par la nappe d'eau souterraine qui alimente le puits. Cette communication du conducteur avec le sol est, suivant Pouillet, la partie la plus importante de l'établissement du paratonnerre, et c'est aussi celle qui a été longtemps la plus mal comprise : la braise de boulanger, dont on enveloppe quelquefois les ramifications des conducteurs, est tout à fait insuffisante; il est *indispensable* que la communication ait lieu avec une vaste nappe d'eau (\*). — Il ne faudrait pas se contenter, par exemple, de faire rendre l'extrémité du conducteur dans une citerne, à parois imperméables. Un paratonnerre installé dans de semblables conditions serait plutôt dangereux qu'utile.

Quand un édifice est muni de paratonnerres, dans de bonnes conditions et en nombre suffisant (\*\*), il est rare qu'il soit frappé de la foudre : l'écoulement de l'électricité attirée vers la pointe de chaque paratonnerre se manifeste par une aigrette lumineuse, visible dans l'obscurité.

— Quelquefois cependant, par un fort orage, cet écoulement ne pouvant pas se faire d'une manière assez rapide, la foudre éclate; mais elle frappe alors le paratonnerre lui-même, qui est la partie la plus saillante de l'édifice. Le plus souvent, dans ce cas, la pointe du paratonnerre est fondue : certaines parties du conducteur sont aussi parfois détériorées. On en est quitte alors pour une réparation; mais cette réparation est indispensable pour que le paratonnerre conserve dans l'avenir son efficacité.

955. **Paratonnerres Melsens.** — On doit à M. Melsens, de Bruxelles, la construction d'un système de paratonnerres assez différent de celui

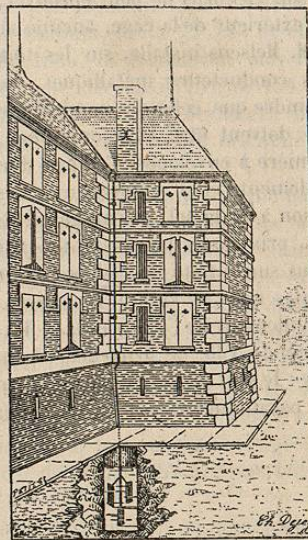


Fig. 700.  
Paratonnerres avec leurs conducteurs.

(\*) M. Nouel a conseillé, en 1874, d'établir aussi une communication entre la tige du paratonnerre et les gouttières qui constituent, avec leurs descentes, au moment des orages, une excellente communication avec le sol : la pluie qui s'échappe des tuyaux, et qui va rejoindre la nappe d'eau superficielle, transforme momentanément le sol en un conducteur à surface immense.

(\*\*) On admet généralement qu'un paratonnerre préserve de la foudre les objets compris dans un cercle dont le rayon est double de la hauteur de la tige.



de Franklin : il paraît présenter le double avantage d'être moins coûteux, et d'avoir une efficacité plus certaine.

Ce système de paratonnerres est fondé sur ce principe, établi par Faraday, que si un corps quelconque est placé à l'intérieur d'une sorte de cage, formée par un réseau de fils métalliques communiquant avec le sol, ce corps ne peut éprouver, de la part des corps électrisés, placés à l'extérieur de la cage, aucune action d'influence (\*).

M. Melsens installe, sur les toits et sur tout le contour de l'édifice, des conducteurs métalliques dont la section peut être beaucoup moindre que celle des conducteurs de paratonnerres ordinaires, mais qui doivent être beaucoup plus multipliés, et reliés entre eux de manière à envelopper l'édifice d'un réseau, qui n'en altère, d'ailleurs nullement l'effet architectural. Ces conducteurs sont mis en communication avec le sol, par un grand nombre de points, au moyen de puits. Aux principaux points d'intersection des conducteurs, et particulièrement sur le faite de l'édifice, sont placées des gerbes formées par de petites tiges de cuivre, terminées en pointes, par lesquelles se produit l'écoulement de l'électricité. — Un système de ce genre a été établi sur l'hôtel de ville de Bruxelles, et un autre sur l'une des casernes de la ville : le prix de revient a été environ la moitié de ce qu'il eût été pour des paratonnerres ordinaires, à égalité de superficie.

VI. — VARIATIONS DU MAGNÉTISME TERRESTRE.

956. **Variations de la déclinaison et de l'inclinaison, en un même lieu.** — La *déclinaison*, en chaque point du globe, est soumise à des variations, dont les unes sont assujetties à une périodicité qui leur a fait donner le nom de *variations régulières*; les autres sont des *variations irrégulières*, ou *accidentelles*.

Pendant l'intervalle d'une même journée, on voit, dans nos climats, l'extrémité australe de l'aiguille marcher de quelques minutes vers l'ouest pendant la matinée, et jusqu'à l'heure du maximum de température; elle revient ensuite sur elle-même, à l'heure où la température s'abaisse, pour reprendre une marche semblable le jour suivant, et ainsi de suite. Ces écarts réguliers, auxquels on donne le nom de *variations diurnes*, sont cependant plus grands pendant la saison chaude que pendant l'hiver.

Si maintenant on évalue, en un lieu déterminé, la *déclinaison moyenne* de l'année, et si l'on compare entre elles les moyennes de

(\*) On peut, par exemple, placer un oiseau dans une cage ordinaire, à treillage de fils de fer, en communication avec le sol, et constater que les décharges d'une machine électrique, ou même celles d'une batterie, en éclatant sur la cage, ne font éprouver à l'oiseau aucune commotion.

plusieurs années successives, on constate une variation qui a reçu le nom de *variation séculaire*. Les observations faites à Paris, depuis l'année 1580, ont conduit aux résultats suivants. — En 1580, la *déclinaison* était orientale et égale à  $11^{\circ} 30'$ ; elle a été en diminuant jusqu'en 1665, où elle est devenue nulle, puis occidentale, et l'aiguille a continué à marcher dans le même sens jusqu'en 1814. En 1814, la *déclinaison* occidentale a atteint un maximum, égal à  $22^{\circ} 54'$ , et elle a ensuite commencé à décroître. — En 1885, la *déclinaison* moyenne, toujours occidentale, était de  $16^{\circ} 15'$ ; elle décroît d'environ  $7,4$  par an : si cette loi se continue, la *déclinaison* à Paris deviendra nulle vers le milieu du siècle prochain; puis elle redeviendra orientale, et ainsi de suite.

Pour l'*inclinaison*, les observations remontent à une époque moins reculée. En 1671, époque postérieure à celle du maximum de *déclinaison*, l'*inclinaison* à Paris était d'environ  $75^{\circ}$ ; elle a été en décroissant depuis cette époque; sa valeur en 1884 était de  $65^{\circ} 20'$ , c'est-à-dire que, dans un intervalle de plus de deux cents ans, elle n'a diminué que d'environ  $10^{\circ}$ . — Par conséquent, tout ce qu'on peut dire jusqu'ici, c'est que les variations de l'*inclinaison* ont été beaucoup plus petites que celles de la *déclinaison*. Mais il n'est pas impossible que ces deux éléments du magnétisme terrestre soient soumis à une période d'oscillations *de même durée*; c'est une question sur laquelle il ne sera possible de se prononcer qu'aux époques où ces deux quantités repasseront par des maxima.

Enfin, on donne le nom de *variations accidentelles*, ou *orages magnétiques*, à de véritables perturbations, survenant brusquement dans les mouvements de l'aiguille aimantée, et ne durant en général que quelques heures. — Arago a remarqué qu'elles coïncident généralement avec l'apparition d'aurores boréales, soit en des points voisins, soit en des points éloignés. — Des observations suivies, faites dans les observatoires des colonies anglaises, qui couvrent la surface du globe, ont montré que ces orages apparaissent simultanément, avec des intensités diverses, en un grand nombre de points : la cause qui les produit ne peut donc résider que dans des phénomènes s'accomplissant à une grande distance de la surface du globe.

957. **Variations de la déclinaison et de l'inclinaison magnétiques, à la surface du globe.** — Puisque la *déclinaison* et l'*inclinaison* n'éprouvent, en un même lieu, pendant le cours d'une année, que des variations de quelques minutes, on comprend que l'on puisse exprimer, par des tables numériques ou par des cartes, l'état magnétique du globe à une époque déterminée. — Voici quelques résultats généraux, se rapportant à l'époque actuelle.

*Déclinaison.* — La *déclinaison* varie beaucoup d'un point à l'autre du globe. Elle est occidentale en Europe; elle est orientale dans la