

triques les plus puissans, et surtout dans la pile de l'illustre Volta, l'action chimique, d'abord inaperçue ou négligée, est aujourd'hui reconnue, depuis les travaux de Wollaston et de plusieurs autres physiciens, comme la principale cause de l'électrisation, qui devient, en effet, presque insensible quand on a soin d'éviter scrupuleusement toute production de phénomènes chimiques.

Après cette influence prépondérante, il n'y a pas, en réalité, de cause d'électrisation plus étendue ni plus énergique que les actions thermologiques, quoique, jusqu'à ces derniers temps, leur puissance électrique n'eût été reconnue que dans un seul cas particulier, aujourd'hui peu important, l'électrisation de la tourmaline échauffée. On sait maintenant que de notables différences de température entre des barreaux consécutifs de diverses natures, d'ailleurs quelconques, ou même homogènes, suffisent pour déterminer, dans un tel système, un état électrique très prononcé, et d'autant plus intense, à parité de circonstances thermométriques, que les élémens y sont plus nombreux.

La prépondérance bien constatée de deux moyens d'électrisation aussi généraux, doit rendre fort délicate l'exacte appréciation de tous les

autres, par l'extrême difficulté d'y distinguer, sans incertitude, ce qui leur est véritablement propre d'avec ce qui tient aux premiers, dont l'influence est presque impossible à écarter entièrement. C'est ainsi que, malgré l'état électrique que le frottement semble développer avec tant d'énergie, il est, pour ainsi dire, douteux aujourd'hui, aux yeux des plus judicieux physiciens, si le frottement, en tant que tel, contribue réellement, d'une manière notable, à l'électrisation, ou si celle-ci ne résulte pas essentiellement des effets thermométriques et même chimiques dont le frottement est toujours accompagné, et auxquels on n'avait eu d'abord aucun égard. Il en est à peu près de même envers la pression, dont l'influence électrique, quoique bien moins prononcée, semble toutefois plus irrécusable, en ce qu'on peut plus aisément l'isoler. Mais cette remarque est surtout applicable à la production de l'état électrique par le simple contact des corps hétérogènes, d'où l'immortel inventeur de la pile avait fait résulter toute l'énergie de cet admirable instrument, tandis qu'il est bien reconnu désormais que l'action chimique y a la principale part, et que le contact n'y contribue que d'une manière très secondaire, ou même fort équivoque.

Outre ces causes générales d'électrisation, une



foule d'autres moins importantes peuvent, en certaines circonstances, produire l'état électrique. On peut citer entre autres les changemens dans le mode d'agrégation, abstraction faite des variations thermométriques qui les accompagnent : en plusieurs cas la fusion des solides, et surtout l'évaporation des liquides, déterminent une électrisation notable. Il n'est pas jusqu'au simple mouvement même qui ne suffise, sous des conditions spéciales, pour faire naître quelquefois, indépendamment de tout autre motif, un véritable état électrique, comme le montre si bien la belle expérience de M. Arago, relative à l'influence de la rotation d'un disque métallique sur une aiguille aimantée non contiguë, quoique voisine.

Il convient toutefois que les physiciens se tiennent en garde aujourd'hui contre une tendance exagérée à considérer les moindres phénomènes quelconques comme des causes d'électrisation plus ou moins énergiques, afin de ne point encourir le reproche inverse de celui qu'ils font justement à leurs prédécesseurs, de n'avoir observé que les sources électriques les plus apparentes, en méconnaissant les plus essentielles. Une exploration grossière est sans doute radicalement préjudiciable à l'électrologie ; mais une analyse trop subtile n'aurait peut-être pas moins d'inconvé-

niens pour la science, où il deviendrait, dès lors, presque impossible de considérer des phénomènes suffisamment caractérisés. Cet avis semble surtout acquérir une grande importance pour la théorie électro-chimique, comme nous le reconnaitrons dans le volume suivant ; car, après avoir admis, sur de faibles indices, des électrisations fort équivoques, on peut être souvent conduit à leur attribuer une grande influence chimique, ce qui tend à produire des explications essentiellement arbitraires.

La cessation graduelle de l'état électrique a été beaucoup moins étudiée jusqu'ici que sa formation, et les lois n'en sont pas cependant moins intéressantes à bien connaître. On est pleinement autorisé à poser en principe que l'électrisation, une fois établie d'une manière quelconque, persisterait indéfiniment, comme l'état thermométrique, si le corps pouvait être rigoureusement soustrait à toute influence extérieure, ou, suivant l'expression technique, strictement *isolé*, soit de l'atmosphère, soit de la masse générale du globe. Depuis que l'identité entre les phénomènes magnétiques et les phénomènes électriques a été irrécusablement démontrée par la belle série de recherches de M. Ampère, fondée sur la découverte capitale de M. Ørsted, ce principe général a



été puissamment fortifié, en considérant la persévérance, beaucoup plus facile à prolonger, de l'état magnétique. Toutefois, comme les corps le plus justement qualifiés de mauvais conducteurs de l'électricité sont néanmoins toujours susceptibles, à un degré quelconque, de transmettre réellement l'influence électrique, il est évident que l'électrisation doit nécessairement cesser, à la longue, dans nos appareils même le mieux isolés, par suite de l'action continuelle, quoique très faible, qu'exerce sur eux le milieu atmosphérique incessamment renouvelé, dans lequel ils sont habituellement plongés, et la masse immense du globe terrestre avec laquelle ils communiquent d'une manière plus ou moins directe, indépendamment des autres sources secondaires d'une déperdition plus rapide, que nous pouvons artificiellement écarter. Mais les lois effectives de cette déperdition inévitable sont jusqu'ici très peu connues. Coulomb est le seul grand physicien qui s'en soit directement occupé, dans son importante suite d'expériences sur la dissipation graduelle de l'électricité le long des supports isolans de la machine électrique, ou à travers un air plus ou moins humide : sous ce dernier point de vue, il a exactement analysé l'influence incontestable, vaguement aperçue dès l'origine de l'électrologie, de l'état

hygrométrique de l'atmosphère sur la déperdition électrique.

A chacun des modes généraux d'électrisation, correspond naturellement un instrument spécial, ou plutôt une classe d'instrumens, destinés à réaliser, par un ensemble de dispositions convenablement instituées, les conditions les plus favorables à la production et au maintien de l'état électrique. Quelle que soit l'importance de ces nombreux appareils, qui sont la base nécessaire des recherches habituelles, et malgré l'organisation profondément ingénieuse de quelques-uns d'entre eux, et surtout de la pile voltaïque, il serait évidemment déplacé de les considérer ici. Mais, il convient, au contraire, de mentionner, d'une manière générale, les instrumens destinés à la manifestation et surtout à la mesure de l'état électrique, c'est-à-dire, les électroscopes et les électromètres. Les plus grands physiciens ont, avec raison, attaché une extrême importance au perfectionnement de tels appareils, dans l'invention desquels un vrai génie se fait plus d'une fois sentir. On conçoit même que l'amélioration de ces instrumens est encore plus nécessaire que celle des machines électriques proprement dites, uniquement destinées à l'électrisation : car, de bons indicateurs permettent d'utiliser de très faibles puissances électriques ;



et, en effet, dans les recherches délicates, d'où dépend surtout le progrès de l'électrologie actuelle, on n'emploie désormais habituellement que des appareils peu énergiques, préférables à cause de leur extrême simplicité, et tous les artifices sont réservés pour l'institution des moyens propres à manifester ou à mesurer les moindres effets électriques.

Quoique la mesure de l'état électrique ne puisse évidemment avoir lieu sans sa manifestation, et même que celle-ci conduise toujours, d'une manière directe, à une évaluation quelconque, la distinction générale entre les *électroscopes* proprement dits et les vrais *électromètres* n'en est pas moins très réelle et fort utile à considérer pour se faire une juste idée de l'ensemble des moyens d'exploration propres aux électriciens. Parmi les simples électroscopes, il faut surtout distinguer, comme adaptés aux recherches délicates, ceux qui, sous le nom caractéristique de *condensateurs*, sont destinés à rendre sensibles, par une ingénieuse accumulation graduelle, de très faibles effets électriques. Tous ces instruments sont d'ailleurs disposés de manière à indiquer, par le mode même d'expérimentation, la nature, positive ou négative (1), de l'électrisation étudiée.

(1) Ces dénominations sont aujourd'hui, par plusieurs motifs impor-

Quant aux électromètres, le plus parfait consiste certainement jusqu'ici dans la célèbre balance électrique de notre immortel Coulomb, où l'intensité des attractions et des répulsions électriques est mesurée, avec une admirable précision, d'après l'important principe de l'équilibre de torsion, par le nombre d'oscillations que l'indicateur exécute, en un temps donné, autour de sa situation statique. C'est à l'aide de cet instrument capital que Coulomb découvrit, et que l'on démontre journellement, la loi fondamentale relative à la variation de l'action électrique, répulsive ou attractive, inversement au carré de la distance, loi qui ne pouvait être obtenue par aucune autre voie irrécusable. Lorsque, dans les quinze dernières années, la science s'est enrichie des importantes notions propres à l'électro-magnétisme, cette nouvelle étude a naturellement amené une nouvelle classe d'électromètres, destinés à des mesu-

tans, très heureusement substitués, sans doute, à celles radicalement impropres d'électricité *vitree* et *résineuse*, qui, jusqu'à ces derniers temps, étaient généralement usitées en France. Toutefois, il convient d'observer à ce sujet que le principal inconvénient réel de ces anciennes expressions, c'est-à-dire, leur relation naturelle et exclusive à deux substances déterminées, existe, d'une manière encore plus complète et plus grave, dans le nom général de la science électrique elle-même, que, par une singulière inconséquence, aucun physicien ne juge néanmoins convenable de changer, tant est grande la puissance des habitudes sur les esprits les plus rationnels.



res que l'appareil de Coulomb ne pouvait indiquer, et dont la première idée, due à M. Schweigger, a été beaucoup perfectionnée par plusieurs physiciens, et surtout par M. Nobili. Ils consistent dans les divers *multiplicateurs*, où l'action naturelle d'un conducteur métallique sur une aiguille aimantée est considérablement amplifiée par des circonvolutions très rapprochées et presque parallèles. Toutefois, quelque précieux que soient de tels instrumens, et quoiqu'ils puissent rivaliser, pour la délicatesse des manifestations, avec la balance de torsion elle-même, ils sont loin, du moins jusqu'ici, de pouvoir être appliqués, avec autant de certitude, à des mesures exactes, vu l'extrême difficulté d'une graduation précise, vraiment conforme à l'intensité effective du phénomène observé (1).

(1) D'après l'influence électrique de la chaleur, ces instrumens ont pu être heureusement appliqués à la mesure des moindres effets thermométriques, sauf les mêmes embarras de graduation. M. Melloni a surtout utilisé cette ingénieuse modification, pour étudier tout récemment le rayonnement spécifique des différens corps, jusqu'alors vaguement exploré. M. Becquerel vient aussi d'adapter très heureusement le même principe à la mesure des températures propres aux parties les plus profondes des divers tissus organisés qui composent les corps vivans, dont l'état thermométrique ne pouvait jusqu'ici être observé que d'une manière confuse et incomplète. Enfin, M. Peltier propose aujourd'hui une importante extension de cet ingénieux procédé général, pour explorer commodément les températures des lieux profonds ou des diverses couches atmosphériques.

Tels sont, en aperçu, les principaux objets de cette première partie fondamentale de l'électrologie, si riche en appareils puissans ou précis. La seconde partie concerne, comme je l'ai indiqué, ce qu'on appelle vulgairement la *statique électrique*, par une dénomination essentiellement relative aux hypothèses illusoires sur la nature de l'électricité. Toutefois, une telle expression n'est pas, au fond, entièrement dépourvue de justesse, puisqu'il s'agit alors, en effet, de la répartition de l'électricité dans une masse ou dans un système de corps, dont l'état électrique est envisagé comme sensiblement invariable. On peut donc continuer à employer désormais ce terme abrégé, pourvu qu'on en écarte désormais avec soin toute idée mécanique sur l'équilibre du prétendu fluide électrique, et qu'on cesse, par exemple, de penser à la mesure des divers degrés d'épaisseur de la couche imaginaire dont quelques géomètres ont voulu recouvrir les corps électrisés. En un mot, on pourra parler encore de l'*équilibre* électrique, si l'on attache à cette expression un sens exactement analogue à celui dans lequel Fourier prenait habituellement l'équilibre de la chaleur, et comme les économistes entendent tous les jours l'équilibre de la population : toute autre acception serait absurde, et même intelligible. C'est ainsi que la plupart des formules



de langage successivement introduites en physique, sous l'influence prépondérante des vains systèmes qui doivent désormais en être radicalement exclus, sont susceptibles néanmoins d'être essentiellement maintenues, si l'on prend la précaution d'en rectifier scrupuleusement le sens fondamental, de manière à le réduire au strict énoncé d'un phénomène général, ce qui me semble presque toujours possible.

En considérant d'abord l'équilibre électrique dans chaque corps isolé, Coulomb a irrécusablement établi, à cet égard, une première loi fondamentale, la tendance constante (suivant le style métaphorique encore exclusivement usité) de l'électricité à se porter immédiatement à la surface : ce qui signifie, en termes rationnels, que, après un instant jusqu'ici inappréciable, l'électrisation est toujours strictement limitée à la surface des corps, de quelque manière qu'elle ait été primitivement produite. Quant à la répartition de l'état électrique entre les diverses parties de cette surface, elle dépend principalement, d'après les belles suites d'expériences de Coulomb, de la forme des corps : uniforme pour la sphère seule, elle est inégale pour toute autre figure, mais toujours soumise néanmoins à des lois régulières, dont il est, d'ailleurs, facile de concevoir que l'a-

nalyse exacte et complète présente, par sa nature, des difficultés presque insurmontables, malgré l'expédient illusoire des vaines spéculations algébriques, dépourvues de tout fondement scientifique. Néanmoins, Coulomb a constaté, sous ce rapport, un fait général d'une grande importance, en comparant l'état électrique propre aux extrémités d'un ellipsoïde graduellement allongé : il a ainsi reconnu que leur électrisation augmente rapidement à mesure que la figure s'allonge, en diminuant sur le reste du corps ; d'où il a déduit une heureuse application à l'explication de ce remarquable pouvoir des pointes, si bien dévoilé par Franklin.

Les lois de l'équilibre électrique entre plusieurs corps contigus, constituent, par leur nature, comme il est aisé de le sentir, une recherche encore plus difficile et plus étendue. Coulomb ne les a exactement étudiées que dans le cas très limité, et trop insuffisant pour les applications, de diverses masses sphériques. Toutefois, les travaux de ce grand physicien ont conduit, à cet égard, à cette notion générale fort essentielle, que la nature des substances n'exerce aucune influence sur la répartition électrique qui s'établit entre elles, et dont le mode dépend seulement de leur figure et de leur grandeur : seulement, l'état électrique



que prend chaque surface est plus ou moins persévérant et se manifeste avec plus ou moins de rapidité, suivant le degré de conductibilité du corps. L'action mutuelle de deux sphères égales a été complètement analysée par Coulomb, dont l'admirable sagacité a dévoilé le mode singulier de répartition, que rien ne pouvait auparavant indiquer, et suivant lequel l'état électrique, toujours nul au point de contact, et à peine sensible à 20 degrés de là, augmente ensuite rapidement de 60 à 90 degrés, et continue à croître encore, quoique plus lentement, jusqu'à 180 degrés, où se trouve constamment son *maximum*. La même marche se manifeste quand les deux globes sont inégaux, sauf que le moindre est toujours le plus électrisé. Enfin, le mode d'action semble d'ailleurs identique, soit que les deux corps ou seulement l'un d'eux aient été primitivement électrisés. La question devient encore plus complexe en considérant plus de deux corps : elle présente alors des subdivisions extrêmement multipliées, même en la restreignant à des figures semblables, suivant le nombre des masses, leur rapport de grandeur, et leur disposition mutuelle. Coulomb s'est borné à examiner, dans ses expériences, une suite de globes égaux rangés en ligne droite. On conçoit que les seules variétés d'arrangement peuvent

donner naissance à de nombreuses combinaisons, dont les résultats doivent sans doute notablement différer; car, si les sphères de Coulomb, au lieu d'être consécutives, avaient été disposées de telle sorte que chacune en touchât à la fois trois ou quatre autres, par des points situés à des distances angulaires quelconques, le mode de répartition électrique eût inévitablement éprouvé de grands changemens. Cette intéressante et difficile étude, à laquelle, depuis Coulomb, personne n'a rien ajouté d'important, doit donc être envisagée comme seulement ébauchée par les travaux de cet illustre physicien; elle offre évidemment aux électriciens un sujet de recherches presque inépuisable.

— Considérons maintenant la troisième partie fondamentale de l'électrologie actuelle, justement qualifiée de *dynamique électrique*, parce qu'elle a pour objet l'étude des mouvemens qui résultent de l'électrisation. Malgré sa fondation toute récente, cette section n'en est pas moins, à mon avis, par le bel ensemble des travaux de M. Ampère, celle dont l'état scientifique est aujourd'hui le plus satisfaisant, en y élaguant, bien entendu, l'influence des conceptions chimériques sur l'essence des phénomènes électriques.

— L'analyse exacte et complète des effets si variés