

de l'autre côté (fig. 414). Si ces électromoteurs sont tous identiques, d'après ce que nous venons de dire, il n'y aura pas de courant dans le circuit qu'ils forment. Mais si l'on réunit par un conducteur les points A

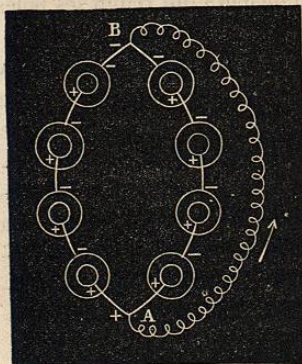


Fig. 414.

et B où se réunissent les deux moitiés opposées du circuit, ce conducteur sera traversé par un courant, quoiqu'il n'en soit pas de même du circuit primitif. On voit, en effet, que, dans ce cas, les électromoteurs, par rapport au conducteur A B, constituent en réalité le groupement parallèle de deux séries de 4 électromoteurs chacune.

Il est même facile de déterminer l'intensité du courant; chaque série a une FEM égale à $4e$ et il en est de même par suite (867) de leur réunion en groupement parallèle; d'autre part, chaque

série a une résistance 4π , mais leur ensemble a seulement une résistance $\frac{4\pi}{2} = 2\pi$. Si R est la résistance du conducteur A B, la résistance totale est $R + 2\pi$, et l'on a :

$$I = \frac{4e}{R + 2\pi}$$

CHAPITRE IV

EFFETS DES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES

873. Effets des décharges électriques. — Les généralités qui précèdent montrent quelle est d'une manière générale la nature des phénomènes qui accompagnent les mouvements de l'électricité, mouvements que nous considérons comme en étant la cause; nous avons vu, également d'une manière générale, sur quels principes on peut se baser pour mesurer les éléments qui caractérisent, qui définissent ces mouvements. Ces notions étaient indispensables pour l'étude des effets produits, et pour la détermination des relations qui existent entre ces effets et la cause hypothétique à laquelle nous les attribuons : c'est cette étude que nous allons faire dans l'ordre même où nous avons présenté les diverses sortes de mouvements de l'électricité qui peuvent se produire. Il nous restera, à ce point de vue, à traiter la question des mouvements alternatifs et oscillatoires que nous rejetons à la fin de ce livre, parce que leur pro-

duction même ne peut se comprendre, dans la plupart des cas, que par la description des appareils qui les fournissent. Il nous restera également à faire connaître les moyens pratiques d'effectuer les mesures dont nous avons indiqué seulement les principes, ce qui suffit pour admettre qu'elles puissent avoir lieu.

874. Effets de l'étincelle. — Nous avons indiqué dans quelles conditions générales l'étincelle électrique prend naissance : examinons maintenant de plus près les questions qui s'y rapportent.

Pour qu'une étincelle éclate entre deux corps, il faut qu'il existe entre les points où se manifestent les tensions une différence de potentiel qui varie avec la distance, mais qui, dans tous les cas, est considérable : par exemple, pour obtenir une étincelle de 1 centimètre, il faut avoir des tensions correspondant à une différence de potentiel de 30 000 volts environ; mais la différence de potentiel nécessaire croît un peu moins rapidement que la distance.

La forme de l'étincelle dépend de la distance des conducteurs : elle est rectiligne et large pour de petites distances; si l'on augmente la distance, elle devient grêle, présente une forme en zigzag. Des différences du même ordre correspondent aux variations de quantité d'électricité mise en mouvement, à la capacité des corps entre lesquels l'étincelle éclate. Elle présente une intensité lumineuse plus vive lorsqu'elle est courte et large, et le bruit qu'elle produit est aussi plus intense. Sa couleur dépend du gaz dans lequel elle se produit et aussi de la nature des corps entre lesquels elle éclate.

La durée de l'étincelle est très courte. Wheatstone a cherché à l'évaluer en faisant éclater des étincelles dans le voisinage d'un disque sur lequel étaient tracés des rayons très serrés et qui tournait très rapidement. A cause de la persistance des impressions sur la rétine, ces traits devaient paraître avoir une largeur égale au déplacement qu'ils subissaient pendant le temps pendant lequel ils étaient éclairés par l'étincelle; Wheatstone n'observa pas que, d'une manière appréciable, les traits parussent plus larges que si le disque était au repos : de la discussion des conditions de l'expérience, il conclut que la durée de l'étincelle n'atteint pas un millionième de seconde.

875. — D'une manière générale, les effets de l'étincelle dépendent de la quantité d'électricité mise en jeu; on conçoit qu'il y aura avantage pour leur production à se servir de condensateurs; le plus souvent, on fait jaillir l'étincelle en provoquant le rétablissement électrique entre les deux armatures lorsque le condensateur a été chargé. On fait usage à cet effet de l'excitateur à manches de verre dont l'emploi s'explique de lui-même (fig. 415).

Il est à remarquer que, après la décharge du condensateur par la production d'une étincelle, les armatures ne sont pas revenues à l'état

neutre, car, après quelques instants, on peut obtenir une nouvelle étincelle, et quelquefois, de même, plusieurs autres à la suite. Cet effet s'explique par les charges qui ont pénétré dans le verre interposé, et qui peu à peu réapparaissent à la surface, c'est-à-dire au contact des armatures métalliques.

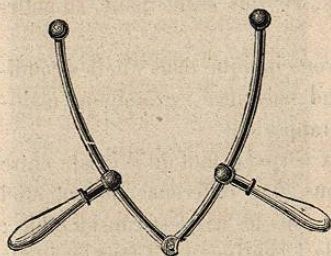


Fig. 415.

En général, ces étincelles résiduelles sont faibles; cependant, quand il s'agit de condensateurs à très grande surface, elles peuvent avoir une certaine importance et produire des effets intenses.

876. — Les étincelles électriques sont accompagnées d'un dégagement de chaleur; éclatant à la surface de l'éther, une étincelle même faible en provoque l'inflammation; de fortes étincelles peuvent enflammer de l'amadou, de la poudre et, autrefois, on a employé ce moyen pour enflammer à distance des fourneaux de mine.

On peut mettre en évidence le dégagement de chaleur provoqué par des étincelles, en faisant éclater celles-ci dans le réservoir d'un thermomètre à air.

Les étincelles électriques provoquent des actions chimiques sur leur passage: tantôt elles produisent la combinaison des corps en présence, faisant détoner un mélange d'oxygène et d'hydrogène, un mélange de chlore et d'hydrogène, tantôt elles produisent des décompositions, comme il arrive lorsqu'une série d'étincelles traverse un vase rempli de gaz ammoniac. Ces propriétés ont été utilisées en chimie, notamment dans les eudiomètres.

Il n'est pas probable que dans ces différents cas, les étincelles aient une action spéciale, et il y a lieu de penser qu'elles agissent seulement par la chaleur qu'elles dégagent.

Lorsque, entre deux pointes, on place un corps isolant et qu'on réunit ces pointes aux armatures d'un condensateur, il peut arriver, si les tensions sont assez fortes, que l'électricité passe à travers le corps qu'elle perce ou qu'elle brise: du papier, du carton, du verre même peuvent ainsi être perforés. Un morceau de bois dans lequel on provoque la décharge parallèlement aux fibres est brisé, éclate en morceaux et quelquefois est divisé en lanières; mais, dans ce cas, les effets observés ne sont peut-être pas dus seulement à une action mécanique: le dégagement de chaleur peut amener la vaporisation instantanée de l'eau, et les ruptures sont alors produites par les pressions qui prennent brusquement naissance.

On peut rattacher aussi à ces phénomènes mécaniques le transport qui se produit, entre deux corps entre lesquels éclate une forte étin-

celle, de parcelles arrachées à l'un d'eux. Peut-être aussi cette action est-elle au moins favorisée par l'élévation de température.

877. — Enfin nous devons citer les effets physiologiques produits par l'étincelle: lorsqu'une étincelle éclate entre un corps électrisé et la peau, on éprouve une sensation particulière, une sorte de piqure si l'étincelle est faible; si l'étincelle est plus forte, on ressent une commotion particulière dans les articulations: si on a approché le doigt d'un corps chargé, d'un condensateur, la commotion peut se faire sentir au poignet, au coude, à l'épaule; on peut même éprouver une sensation spéciale et mal définie dans la poitrine. En opérant avec de fortes batteries, on peut arriver à tuer des animaux, des oiseaux, des lapins, des chats.

878. **Effets des aigrettes et des effluves.** — Lorsque l'équilibre se rétablit directement entre un corps électrisé et l'air, ce n'est pas généralement par tous les points, mais par ceux qui sont plus ou moins saillants, par les parties anguleuses, par les arêtes, par les pointes surtout. Dans l'obscurité, on voit en ces points des sortes d'aigrettes divergentes présentant une lueur violacée, en général; ces aigrettes sont plus épanouies quand les corps où elles se produisent sont électrisés positivement que quand ils sont négatifs: en particulier, dans le cas des pointes, l'aigrette est assez élargie, en forme de gerbe, si le corps est positif; elle est réduite presque à un point lumineux visible à la pointe même si le corps est négatif. Ces aigrettes font entendre une sorte de pétilllement caractéristique dont l'intensité dépend de la forme du conducteur et qui disparaît dans le cas des pointes.

Ces aigrettes se produisent plus rapidement dans les gaz raréfiés et peuvent alors se transformer en lueurs continues plus ou moins étendues: leur apparence dépend d'ailleurs de la nature du gaz où elles se produisent. Ces lueurs ou *effluves* peuvent également être produites à la pression ordinaire par des corps chargés à un haut potentiel; elles peuvent même se produire entre deux lames de verre, par exemple, ces lames étant recouvertes sur les surfaces externes de feuilles métalliques de grande surface entre lesquelles on maintient une différence de potentiel considérable.

879. — Les aigrettes ou effluves ne paraissent pas dégager de chaleur d'une manière appréciable. Lorsqu'elles se produisent à l'extrémité d'une pointe, elles peuvent donner lieu indirectement à des actions mécaniques: les molécules d'air avoisinantes se trouvent, en effet, électrisées semblablement à la pointe et, entre ces parties, il doit y avoir répulsion. Cette répulsion se manifeste d'une part, parce que la pointe est déplacée si elle est mobile (expérience du tourniquet électrique), d'autre part par le mouvement que prennent les molécules d'air qui forment un courant s'éloignant de la pointe, courant que l'on sent en s'approchant d'une

pointe électrisée, courant qui est suffisant pour courber une flamme et même pour l'éteindre.

Mais les actions produites par les aigrettes ou effluves qui sont les plus intéressantes sont les actions chimiques. M. Berthelot et divers savants ont montré que, sous leur influence, on peut obtenir des décompositions et surtout des combinaisons directes que d'autres moyens ne produisent pas; nous citerons particulièrement l'absorption de l'azote par certains composés organiques, parce que peut-être des actions de ce genre pourraient se produire dans la nature chez les végétaux.

Nous signalerons tout particulièrement l'action des aigrettes et effluves pour transformer l'oxygène en ozone; des appareils spéciaux ont été construits pour obtenir, par l'action de l'effluve, de l'air ozonisé que l'on commence à utiliser en thérapeutique; mais on ne se sert plus de machines électriques pour obtenir ces effluves, comme nous le dirons plus tard.

L'ozone se produit en assez grande quantité dans le voisinage de l'étincelle électrique et est une des causes de l'odeur qu'on sent; il convient toutefois de dire que cette odeur peut être due aussi, au moins en partie, à des composés nitreux qui prennent naissance: on ne connaît pas bien encore les conditions que doit présenter l'effluve dans l'air pour produire soit de l'ozone, soit des composés nitrés. Il est probable que c'est la valeur du potentiel qui intervient, la production de composés nitreux correspondant aux plus grandes valeurs.

880. — L'aigrette produite dans le voisinage de la peau produit, comme nous l'avons dit, la sensation d'un léger courant d'air; mais, en outre, on éprouve une sensation spéciale, une sorte d'horripilation qui paraît due aux mouvements des poils qui garnissent la peau et qui s'érigent sous l'action de l'électricité.

Il semble y avoir une action produite par ce mode d'écoulement, de rétablissement de l'équilibre électrique sur l'organisme en général, action s'exerçant sans doute, non seulement pendant l'écoulement, mais après, à longue échéance, action trophique modifiant les conditions de la nutrition générale: on ne connaît rien de précis sur cette action qu'il est nécessaire d'admettre pour expliquer certains effets observés en clinique.

Quoi qu'il en soit des causes de l'action et des cas dans lesquels il convient de l'appliquer, nous devons donner quelques indications sur le procédé opératoire qui est simple d'ailleurs. Le patient est placé sur un tabouret isolant à pieds de verre, et mis en communication avec une source d'électricité qui maintient la charge à un potentiel constant et qu'on fait fonctionner continuellement. C'est là ce qui constitue le *bain statique*, dénomination impropre, car, en réalité, il y a écoulement continu d'électricité par aigrettes ou par effluves, et c'est, sans doute, cet écoulement qui est susceptible de produire un effet. Ce qui tend à le prouver,

c'est que c'est en augmentant cet écoulement que l'on cherche à agir spécialement en un point déterminé, et l'observation semble justifier cette manière d'opérer. Pour augmenter l'écoulement en un point, l'opérateur en approche à une distance plus ou moins grande une pointe métallique mise en communication avec le sol, soit directement par l'intermédiaire de son propre corps, soit par une chaîne métallique dont l'extrémité traîne à terre.

Si l'opérateur remplace dans ce cas la pointe par une tige munie d'une boule, l'équilibre se rétablit par une étincelle qui produit une excitation plus ou moins vive suivant la distance plus ou moins grande, et suivant la nature de la boule qui peut être en bois ou en métal.

Il est possible, mais il n'est pas encore prouvé, que les effets thérapeutiques soient différents suivant que dans le bain statique le patient soit porté à un potentiel négatif, comme c'est le cas ordinaire, ou à un potentiel positif.

881. **Effets des décharges conductives.** — Les décharges conductives à travers un fil métallique dégagent de la chaleur, puisque, comme nous l'avons dit, le fil peut être porté à l'incandescence; il peut même être volatilisé.

Riess a étudié la quantité de chaleur dégagée en plaçant, dans le réservoir d'un thermomètre à air, un fil de platine qu'il faisait traverser par la décharge, et évaluant les quantités de chaleur d'après la variation de température observée, tandis que la quantité d'électricité était déterminée par le nombre d'étincelles éclatant entre les armatures d'un condensateur. Des expériences de Riess résulte la loi suivante:

La quantité de chaleur dégagée par le passage d'une décharge conductive dans un conducteur est proportionnelle au produit de la quantité d'électricité par la variation de potentiel.

Signalons que cette loi est analogue à celle que l'on a trouvée dans le cas des courants (855); nous reviendrons d'ailleurs sur ce point.

La décharge conductive produit des actions chimiques; en faisant passer une décharge entre les extrémités de deux fils d'or enfermés dans des tubes de verre effilés, de manière que l'action se produisit sur une très petite surface, Wollaston parvint à décomposer de l'eau acidulée, une dissolution du sulfate de cuivre, etc. Mais ces actions sont très faibles, et nous en verrons ultérieurement la raison.

La décharge conductive produit des effets physiologiques dont le plus net, le seul bien connu, est une sorte de secousse, de commotion particulière si la charge est assez forte. C'est ce qui se produit lorsque plusieurs personnes forment une chaîne en se donnant la main et que, aux extrémités, on vient à établir le contact avec les armatures d'un condensateur chargé. Toutes les personnes qui constituent la chaîne éprouvent la même secousse qui est accompagnée de mouvements involontaires.

882. — Les diverses actions dont nous venons de parler se produisent sur le trajet même de la décharge, mais d'autres actions peuvent se manifester dans le voisinage : le passage de l'électricité successivement aux différentes sections du conducteur doit produire un déplacement du champ électrique et on peut concevoir que des actions puissent prendre naissance dans les points qui sont ainsi rencontrés par le champ électrique en mouvement.

Mais le champ électrique se déplace avec une extrême rapidité, comme l'électricité même. Wheatstone estimait à 468 000 kilomètres par seconde la vitesse de propagation de l'électricité dans un fil de cuivre. On conçoit que bien des phénomènes ne puissent se manifester sous l'influence d'une action qui se déplace avec une telle vitesse.

Cependant, on a observé l'aimantation d'une aiguille d'acier qui avait été placée perpendiculairement à un conducteur traversé par une décharge électrique. D'autre part, Henry a reconnu qu'une semblable décharge faisait naître une décharge analogue dans un conducteur placé à quelque distance (Induction).

Il nous suffit d'indiquer ces actions qui sont analogues à celles produites par des courants : la cause en est la même, et la question sera reprise ultérieurement.

883. **Effets de la foudre. Éclairs, tonnerre.** — Quelques-uns seulement des effets dus aux étincelles ou aux flux d'électricité, décharges disruptives ou conductives, donnent lieu à des applications. Il était cependant nécessaire de les indiquer avec quelques détails, d'abord pour rattacher ces décharges brusques aux courants, à cause de l'analogie qu'on observe, puis parce que les phénomènes que nous avons étudiés sommairement sont les mêmes, à l'intensité près, que ceux produits par la foudre, dont la cause doit être rattachée à celle de l'électricité atmosphérique.

La répartition des charges électriques dans l'atmosphère, que nous avons indiquée précédemment, est modifiée lors des temps couverts et des orages; elle est alors très variable et très irrégulière. L'état électrique peut changer de signe d'un instant à l'autre et, comme nous l'avons dit, ces variations ne doivent pas être sans influence sur les êtres vivants.

Mais, de plus, les nuages sont électrisés et présentent des charges tantôt positives et tantôt négatives. Outre que ces charges sont à un haut potentiel, la grande surface des nuages fait que ces charges correspondent à de très grandes quantités d'électricité.

On conçoit que ces corps électrisés produisent des effets notables d'influence et, modifiant l'état électrique des corps placés à la surface du sol, peuvent contribuer à amener les sensations particulières que nous avons déjà signalées. Mais, de plus, par suite des tensions considérables qui résultent de l'action d'influence d'un nuage électrisé sur un nuage

voisin ou d'un nuage électrisé sur la terre, il peut y avoir un rétablissement brusque de l'équilibre électrique avec décharge disruptive : le phénomène est entièrement analogue, à l'intensité près, aux décharges que nous obtenons dans les laboratoires, comme nous l'avons dit. L'identité des phénomènes a été, comme on sait, mise en évidence par Franklin (1752).

Les décharges qui se produisent alors se manifestent à distance par la production d'une étincelle qui peut atteindre et peut-être dépasser 10 kilomètres; le trait de feu en zigzag que l'on voit a reçu le nom d'*éclair*. Cette étincelle est accompagnée d'un bruit intense, le *tonnerre*. Comme l'étincelle qui éclate entre deux corps électrisés (874), l'éclair a une durée extrêmement petite et ne dépassant pas celle de l'étincelle même. La durée du bruit est prolongée, au contraire, et peut durer plusieurs secondes; cela tient à ce que, si le bruit est produit, en réalité, au même instant en tous les points de l'étincelle, à cause de la vitesse relativement faible de propagation du son, il n'arrive des divers points que successivement à l'oreille de l'observateur.

Lorsque l'étincelle éclate entre un nuage et la terre, on dit que la *foudre tombe*; on peut observer sur tous les points où passe l'électricité des effets analogues à ceux de l'étincelle, fusion, volatilisation des métaux, inflammation des corps combustibles, rupture, projection des corps mauvais conducteurs, combinaisons chimiques telles que formation d'acide azotique par action directe sur l'oxygène et l'azote de l'air, production d'ozone. Enfin des désordres graves, la mort même, peuvent survenir chez les êtres vivants qui subissent ces décharges électriques.

Les êtres vivants peuvent subir ces actions, même lorsqu'ils ne reçoivent pas la décharge : c'est ce qu'on appelle le *choc en retour*. Un nuage électrisé produit un puissant champ électrique qui peut s'étendre jusqu'au sol et qui a, par exemple, pour effet de produire une électrisation contraire à celle du nuage chez les êtres qui se trouvent dans son rayon d'action. Si le nuage est déchargé par une étincelle éclatant avec le sol en un point éloigné ou avec un autre nuage, le champ électrique est brusquement supprimé et il en est de même de l'électrisation des êtres vivants qui sont instantanément ramenés à l'état neutre : ce changement instantané peut causer les mêmes désordres que s'il avait été produit directement par une décharge.

884. **Paratonnerres.** — Franklin ayant reconnu que les phénomènes observés en temps d'orage devaient être attribués à l'électricité indiqua le moyen d'en éviter les effets désastreux par l'emploi des *paratonnerres*.

Un paratonnerre consiste essentiellement en une tige métallique terminée en pointe et maintenue à une certaine hauteur. Cette tige est reliée métalliquement à une partie conductrice du sol, une couche humide ou une nappe d'eau. D'après ce que nous avons dit du pouvoir des pointes (847), on comprend que lorsqu'un nuage électrisé sera dans le voisi-

nage du paratonnerre, il se produira un rétablissement lent de l'équilibre électrique sans que l'électricité s'accumulant il puisse se produire des tensions permettant la décharge brusque par étincelle; la foudre ne peut donc tomber.

Les avantages des paratonnerres sont maintenant universellement reconnus et il serait oiseux de chercher à prouver leur utilité.



Fig. 416.

Quoique les décharges se fassent lentement, il n'en passe pas moins de grandes quantités d'électricité dans les paratonnerres; aussi, pour éviter la fusion ou même la volatilisation du métal, convient-il de ne pas prendre une pointe trop aiguë: un cône d'un angle de 30° en platine ou en cuivre rouge donne de bons résultats. Ce cône est vissé sur une tige en fer dont, pour les mêmes raisons, les dimensions transversales ne doivent pas être trop petites (fig. 416).

Nous aurons d'ailleurs à revenir sur les décharges électriques correspondant à la foudre, pour lesquelles il ne semble pas que les actions soient toujours aussi simples qu'on l'avait pensé d'abord.

885. — L'action protectrice d'un paratonnerre ne se manifeste que dans une étendue limitée; on a admis, sans preuves suffisantes d'ailleurs, que la zone garantie était comprise à l'intérieur d'un cône ayant pour sommet la pointe du paratonnerre et dont le rayon de base serait double de la hauteur. De là, la nécessité de multiplier les paratonnerres lorsqu'on a à préserver des bâtiments d'une certaine étendue: en général, les paratonnerres s'élèvent à quelques mètres, 8 à 10, et l'écartement de deux paratonnerres voisins est déterminé par la règle précédente.

Depuis quelques années on a appliqué avec succès le système préconisé par Melsens et dans lequel les grandes tiges à pointes sont supprimées et remplacées par des pointes multiples de dimensions très restreintes placées en tous les points saillants; ces pointes sont d'ailleurs toutes reliées entre elles et avec le sol par des réseaux de conducteurs métalliques.

Dans les deux systèmes ces conducteurs doivent être établis avec soin et ne présenter aucune solution de continuité. On tend maintenant à remplacer les tiges de fer rondes ou carrées que l'on employait autrefois par des câbles de fil du même métal.

S'il existe des parties métalliques de quelque importance dans la construction, il est utile de les relier aux conducteurs, car sans cela, lors du passage de l'électricité dans ceux-ci, des décharges pourraient éclater entre eux et les pièces métalliques, poutres ou toitures, et produire des dégâts plus ou moins considérables.

Répetons, pour terminer ces indications rapides, que le conducteur

doit présenter à la partie inférieure un bon contact avec une partie conductrice du sol. S'il en était autrement, au lieu de décharger le nuage en le ramenant au potentiel du sol, le paratonnerre agissant par sa pointe aurait pour effet d'amener au potentiel du nuage toutes les parties avec lesquelles il est en communication et cette charge, différente de celle des corps voisins, pourrait n'être pas sans inconvénient.

CHAPITRE V

EFFETS DES COURANTS ÉLECTRIQUES

886. **Effets calorifiques.** — Les effets produits par les courants électriques sont variés et doivent, par suite, être étudiés successivement; on peut établir d'abord une grande division suivant que ces effets sont produits sur le passage du courant ou dans son voisinage.

Nous nous occuperons d'abord des premiers qui sont les effets calorifiques, les effets chimiques et les effets physiologiques; toutefois, nous laisserons à part les effets physiologiques que nous traiterons ultérieurement.

Lorsqu'un courant traverse un conducteur, il dégage une certaine quantité de chaleur, comme il est souvent facile de le reconnaître directement par le toucher; quelquefois le conducteur peut être porté à l'incandescence, quelquefois même il peut être fondu. Excepté dans ce dernier cas où il y a rupture du circuit et, par suite, cessation du courant, l'action se prolonge aussi longtemps que le courant continue de passer.

Comme il arrive dans tous les cas analogues où la production de chaleur est continue, la température s'élève jusqu'à une certaine valeur qu'elle ne dépasse pas, parce que, alors, les pertes sont à chaque instant égales aux quantités de chaleur produites.

L'étude de ce phénomène consiste à déterminer la quantité de chaleur dégagée, pendant un certain temps, dans un conducteur dont on connaît la résistance, par le passage d'un courant d'intensité connue. La quantité de chaleur est mesurée à l'aide d'un calorimètre: celui de Favre et Silbermann a été utilisé dans ce but. D'autre part, les données électriques que nous avons indiquées sont fournies par des méthodes et des appareils que nous décrirons ultérieurement; on en peut déduire la différence de potentiel aux extrémités du conducteur et aussi, d'après le temps pendant lequel le courant a passé, la quantité d'électricité qui a été mise en jeu.

Les quantités de chaleur produites sont régies par la loi suivante, dite