

tervalle de quelques centimètres. — On place les plateaux A et B à la même distance du plateau C, on charge C d'électricité positive, A et B étant mis en communication avec le sol : les faces internes de A et B prennent alors une charge négative, mais les feuilles *a* et *b* restent à l'état naturel, et on n'observe entre elles ni attraction ni répulsion. Enfin, on supprime les communications de A et de B avec le sol, et les choses restent dans le même état. — On voit que C a joué, soit par rapport à A, soit par rapport à B, le rôle d'un corps inducteur (435) : il a développé, dans l'un ou dans l'autre, des charges négatives égales. On peut dire encore que l'appareil a fonctionné comme un système de deux condensateurs, dans chacun desquels le collecteur est le plateau C, les plateaux condensateurs étant A pour l'un, B pour l'autre. — Or, si l'on approchait alors A de C, il y aurait dans A une nouvelle décomposition, faisant apparaître dans la feuille *a* de l'électricité positive. D'autre part, l'accumulation d'électricité négative dans le plateau A devenant plus grande que primitivement, la distribution de l'électricité positive sur C serait modifiée; par suite, une partie de l'électricité négative primitivement retenue sur la face interne du plateau B étant mise en liberté, on verrait apparaître dans la feuille *b* de l'électricité négative. Dès lors, il se produirait une attraction entre les feuilles d'or. — On observerait encore le même effet d'attraction, mais avec des charges inverses, si l'on éloignait A de C. — On peut d'ailleurs vérifier ces résultats par l'expérience, et ces essais préliminaires peuvent donner une idée du degré de sensibilité de l'appareil.

Voici maintenant l'expérience de Faraday. — Les deux plateaux A et B étant à une même distance de C, et l'appareil ayant été chargé comme il a été dit, on interpose entre A et C une plaque de gomme laque, sans modifier les distances des plateaux métalliques. On observe alors une attraction entre les feuilles d'or : celles-ci retombent verticalement, dès qu'on enlève la plaque de gomme laque. — Il est évident, dès lors, que la substitution de la plaque de gomme laque à une couche d'air de même épaisseur a modifié l'induction exercée par le plateau C sur le plateau A. Or, Faraday a constaté que la feuille *a* prenait, dans l'expérience ainsi faite, une charge positive; il en résulte que la gomme laque a un pouvoir inducteur plus grand que celui de l'air. — Il en est de même du verre. — Enfin, de tous les corps sur lesquels ont porté les expériences de Faraday, c'est le mica qui a le pouvoir inducteur le plus considérable.

On voit donc que, soit dans l'induction, soit dans la condensation, qui constituent en réalité un seul et même phénomène, le corps isolant, placé entre le corps inducteur et le corps induit, ne joue pas uniquement le rôle d'un obstacle à la réunion des électricités contraires. Il se produit, sans doute, dans les couches successives du corps isolant lui-même, des décompositions d'électricité plus ou moins complètes,

selon la nature de ce corps; c'est à ces différences qu'on doit probablement attribuer les différences des actions exercées par le système sur le conducteur induit. — Nous en retiendrons simplement cette conclusion, que ces phénomènes sont plus complexes que ne le suppose la théorie élémentaire qui a été donnée.

465. **Électroscope condensateur de Volta.** — L'électroscope condensateur de Volta (fig. 542) est un électroscope à feuilles d'or (440), dans lequel la boule supérieure est remplacée par un condensateur. La tige qui supporte les feuilles se termine par un plateau métallique horizontal A, couvert sur sa face supérieure d'une couche mince d'un vernis à la gomme laque : sur celui-ci, on pose un second plateau B, dont la face inférieure est couverte d'une couche du même vernis. — Supposons qu'on ait à reconnaître la nature de l'électricité d'une source telle, que, tout en n'ayant qu'un potentiel très petit, elle ait la propriété de reproduire instantanément l'électricité qui lui aura été enlevée, de manière à conserver toujours ce même potentiel (\*).

Les deux plateaux étant placés l'un sur l'autre, mettons cette source en communication avec la face supérieure du plateau B, et touchons le plateau inférieur A avec la main. Il y aura accumulation de l'électricité fournie par la source sur le plateau B, et d'électricité contraire sur le plateau A, jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre l'électricité de la source et l'électricité libre du plateau B. Si l'on remarque maintenant combien est faible l'épaisseur des couches du vernis isolant, on voit que la force condensante doit être considérable. — Supprimons maintenant les communications avec la source et avec le sol, et enlevons le plateau B au moyen du manche de verre qu'il porte en son centre : l'électricité qui était accumulée sur le plateau A, n'étant plus maintenue contre la couche de vernis, se répandra sur la tige et sur les feuilles. On observera alors une divergence, et l'on pourra constater ensuite la nature de la charge de l'instrument, en approchant un corps chargé d'une électricité connue. — Cet électroscope a permis à Volta d'étudier des

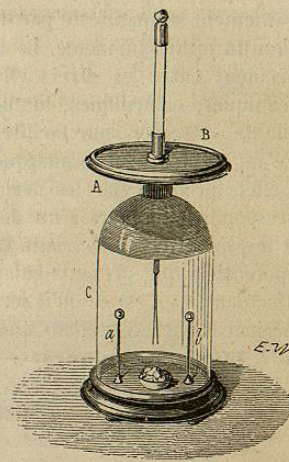


Fig. 542. — Électroscope condensateur de Volta.

(\*) Cette propriété est, comme on le verra, celle qui caractérise les sources d'électricité que nous étudierons dans le chapitre III, et qu'on peut désigner sous le nom de sources voltaïques.

sources d'électricité qui n'auraient pas eu d'action sensible sur l'électroscope ordinaire.

VII. — EFFETS PRODUITS PAR LES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES.

466. **Effets généraux des décharges électriques.** — Quand il se produit une *décharge électrique*, c'est-à-dire quand une certaine quantité d'électricité passe brusquement d'un corps sur un autre, en franchissant un milieu qui lui oppose plus ou moins de résistance, ce milieu éprouve, en général, un ébranlement plus ou moins violent. — Cet ébranlement se manifeste par des phénomènes divers, selon la constitution du milieu lui-même. De là, la distinction que l'on établit ordinairement entre les divers effets produits par les décharges (effets mécaniques, calorifiques, lumineux, etc.), distinction qu'il est commode de conserver pour faciliter l'étude.

Ce qu'il importe de remarquer, d'une manière générale, c'est que les effets produits par les décharges, au travers d'un même milieu, correspondent toujours à un développement d'énergie qui dépend à la fois des quantités d'électricité mises en mouvement, et des différences de potentiels que présentaient les corps entre lesquels ces décharges s'effectuent. — C'est ce qu'il sera facile de constater, dans chacune des expériences que nous allons énumérer.

467. **Effets mécaniques.** — Lorsqu'une décharge traverse un corps solide *mauvais conducteur*, elle produit un choc violent, dans les points qu'elle traverse : le corps est alors généralement percé ou brisé.

C'est ainsi, par exemple, qu'une carte placée entre les deux boules d'une machine de Holtz en activité, de manière que la décharge la traverse suivant son épaisseur, est immédiatement percée. En déplaçant progressivement la carte, on arrive à la cribler de trous, en quelques instants, par les étincelles qui se succèdent.

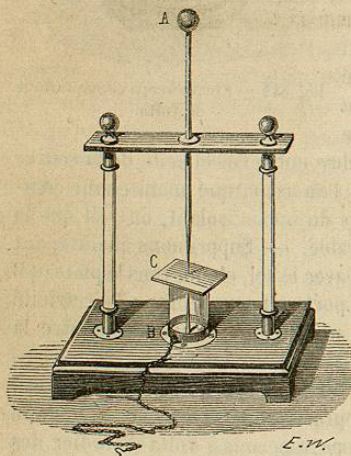


Fig. 545. — Expérience du perce-verre.

Plaçons maintenant, entre deux pointes métalliques verticales A et B, une lame de verre C (fig. 545), posée horizontalement sur un petit support de verre. Prenons à la main une bouteille de Leyde chargée;

faisons communiquer son armature extérieure avec la pointe inférieure B, au moyen d'une chaîne métallique, et approchons ensuite de la tige A l'armature intérieure de la bouteille : l'étincelle, en éclatant entre les deux points, perce le verre, et souvent le fait éclater autour du trou qu'elle a pratiqué (\*). — La bouteille de Leyde, chargée ici au même potentiel que la machine, produit une décharge d'une énergie plus grande, en raison de la plus grande quantité d'électricité qui intervient dans la décharge et qui dépend de la capacité électrique de la bouteille elle-même.

Enfin, si l'on fait usage de batteries, on fait intervenir dans la décharge des quantités encore plus grandes d'électricité. On place alors les corps que la décharge doit traverser entre les deux branches de

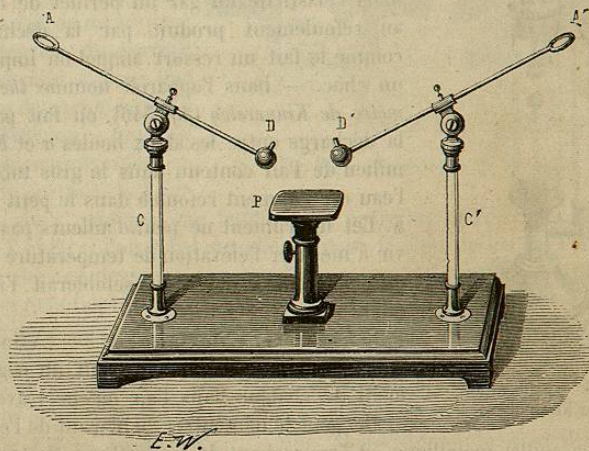


Fig. 544. — Excitateur universel.

l'*excitateur universel* (fig. 544), qui se compose de deux branches métalliques, AD, A'D'; isolées par des colonnes de verre C, C'. — La puissance de la décharge augmente avec le nombre des jarres de la batterie, c'est-à-dire avec la quantité d'électricité mise en mouvement; elle augmente aussi, pour une même batterie, avec le potentiel que la machine permet d'atteindre. — On peut ainsi faire voler en éclats des morceaux de bois plus ou moins volumineux : c'est un effet semblable à celui que produit la foudre sur le tronc des arbres.

Pour faire passer la décharge *dans un liquide*, on remplit d'eau un

(\*) La décharge tend quelquefois à passer d'une pointe à l'autre, en contournant la lame de verre : aussi, pour assurer le succès de l'expérience, est-il bon d'introduire la pointe supérieure dans un corps mauvais conducteur, comme une goutte d'huile, ou mieux encore une petite masse de caoutchouc, appliquée sur la lame de verre.

tube de verre hermétiquement fermé (fig. 345), et contenant deux tiges métalliques disposées comme l'indique la figure. L'une des tiges étant en communication avec l'armature extérieure d'une batterie, on approche de l'autre un conducteur communiquant avec l'autre armature : la dé-



Fig. 345.

charge qui se produit entre les boules *a* et *b* produit dans le liquide un ébranlement qui se communique au verre, et brise le tube.

Le passage de la décharge dans un gaz est encore accompagné d'un ébranlement violent; mais l'élasticité du gaz lui permet de céder au refoulement produit par la décharge, comme le fait un ressort auquel on imprime un choc. — Dans l'appareil nommé *thermomètre de Kinnersley* (fig. 346), on fait passer la décharge entre les deux boules *a* et *b*, au milieu de l'air contenu dans le gros tube *V*: l'eau est vivement refoulée dans le petit tube *K*. Cet instrument ne peut d'ailleurs pas servir à mesurer l'élévation de température produite, comme son nom semblerait l'indiquer.

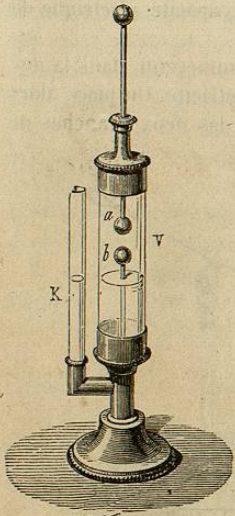


Fig. 346. — Thermomètre de Kinnersley.

468. **Effets calorifiques.** — L'étincelle de la machine électrique produit un dégagement de chaleur dans l'air qu'elle traverse. — On peut le démontrer en plaçant de l'éther dans une cuiller métallique, et l'approchant de la machine électrique: la chaleur dégagée par l'étincelle, à la surface du liquide, suffit pour enflammer la vapeur d'éther.

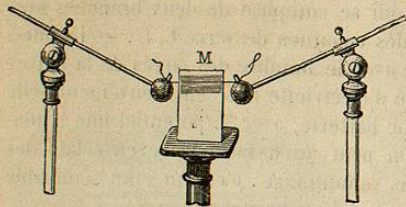


Fig. 347. — Passage d'une décharge dans un fil métallique.

Si maintenant on prend une bouteille de Leyde chargée, et si l'on applique une couche de coton-poudre, imprégnée de poussière de résine, sur la boule de l'excitateur qui sert à produire la décharge, on voit le coton-poudre prendre feu.

Enfin, si l'on opère avec une batterie et qu'on en fasse passer la décharge au travers d'un fil métallique, on arrive, selon le degré de finesse du fil, à le faire rougir ou à le fondre, ou même à

le réduire en vapeur. — On tend, entre les deux boules de l'excitateur universel (fig. 347), un fil de platine fin; au moment où l'on fait communiquer les tiges avec les armatures d'une batterie chargée, on voit le fil rougir et souvent même se fondre. — Si on le remplace par un fil de soie simplement doré à sa surface, la décharge laisse le fil de soie intact, et passe tout entière par la couche mince d'or: l'or est réduit en vapeur, et vient se déposer, en une sorte de poussière noirâtre, sur une feuille de carton qu'on a placée derrière.

Les choses se passent tout à fait de même dans l'expérience du *portrait de Franklin*. — Dans une feuille de carton mince *B* (fig. 348), on a pratiqué des découpures représentant le portrait de Franklin:

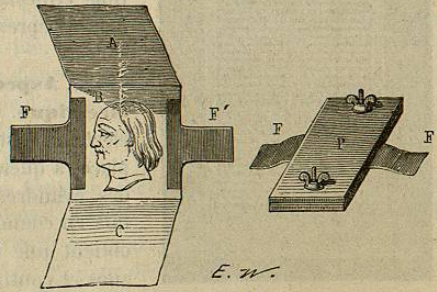


Fig. 348. — Expérience de Franklin.

on y applique une feuille d'or, entre les deux lames métalliques *F* et *F'*, et l'on rabat sur elle les deux feuilles de carton *A* et *C*. On place alors en dessous du carton *B* un morceau d'étoffe de soie blanche, et l'on maintient le tout fortement appliqué, en le mettant en presse entre deux plaques de bois *P*, comme on l'a représenté à droite. On fait alors passer la décharge d'une batterie entre les lames *F* et *F'*: la feuille d'or, volatilisée et projetée à travers la découpure, vient imprimer le portrait de Franklin sur la soie blanche.

469. **Effets lumineux.** — Nous avons donné le nom d'*étincelle électrique*, au phénomène lumineux qui se produit lorsqu'une décharge électrique traverse l'air.

Voici d'abord quelques dispositions qui permettent d'obtenir, avec une seule décharge, un grand nombre d'étincelles. — Le *tube étincelant* (fig. 349) est un tube de verre, à l'intérieur duquel on a collé une série



Fig. 349. — Tube étincelant.

de petits losanges de clinquant: cette série se termine, de part et d'autre, aux montures métalliques *A*, *B*. On fait communiquer l'une des montures avec le sol, par une chaîne métallique, et l'on approche de la machine électrique l'autre monture. A chaque décharge de la machine, on voit des étincelles jaillir à la fois dans tous les intervalles des losanges.

Le *carreau étincelant* (fig. 550) est un carreau de verre sur lequel est appliquée une petite bande d'étain, formant un grand nombre de zig-

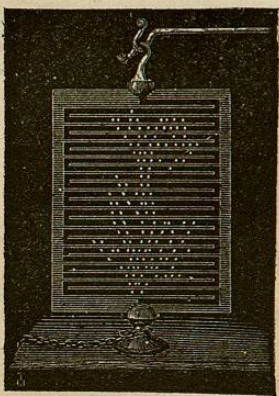


Fig. 550. — Carreau étincelant.

zags : l'étain a été enlevé en un certain nombre de points, dont l'ensemble forme un dessin, celui d'une fleur par exemple. En opérant comme avec le tube étincelant, on voit apparaître le dessin représenté par une série d'étincelles.

#### 470. Aspects divers de l'étincelle électrique.

— Lorsqu'une machine électrique est en pleine activité, si l'on place, à quelques centimètres de l'un des cylindres, un corps conducteur mis en communication avec le sol, on obtient une série d'étincelles rectilignes et continues (fig. 551), d'un blanc éblouissant. En même temps, on entend un bruit semblable au craquement

d'une étoffe qu'on déchire. — A mesure qu'on augmente la distance, la continuité tend à disparaître, et l'on distingue une succession de décharges, nettement séparées. Chacune d'elles produit un sillon lumi-

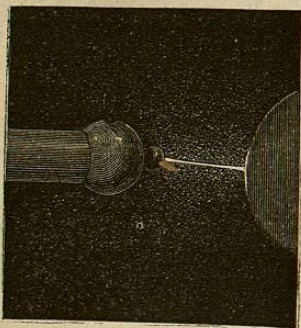


Fig. 551. — Étincelle rectiligne.



Fig. 552. — Étincelle en zigzag.

neux, brisé en zigzag (fig. 552), et rappelant en petit la forme des éclairs qu'on observe par les temps d'orage (\*). — Ces divers effets sont

(\*) Lorsqu'une machine électrique fonctionne sans qu'il se trouve, en présence de ses conducteurs, aucun corps assez voisin pour qu'il se produise des étincelles, on observe, dans l'obscurité, des *aigrettes lumineuses* partant des divers points des conducteurs, et l'on entend un bruit sourd et saccadé. Ces aigrettes sont évidemment dues à des décharges de la machine vers des corps éloignés.

particulièrement faciles à obtenir avec la machine de Holtz (fig. 522), en éloignant plus ou moins les deux boules *m* et *n* qui terminent ses conducteurs.

Quant à la couleur de l'étincelle, elle varie avec la nature des surfaces, généralement métalliques, entre lesquelles elle jaillit. En analysant le phénomène, on a pu constater en effet que l'éclat de la lumière est dû, en grande partie, à des parcelles métalliques arrachées aux conducteurs et portées à l'incandescence par la décharge elle-même, — M. Fusinieri a montré que, si l'on fait éclater un grand nombre d'étincelles entre une boule d'argent et une boule de cuivre, on trouve, après l'expérience, la boule d'argent creusée d'une petite cavité tapissée d'oxyde de cuivre; sur la boule de cuivre sont venus s'incruster des globules d'argent fondu.

471. **Décharges dans les gaz raréfiés.** — Lorsqu'on fait passer les décharges dans un espace contenant un gaz raréfié, les étincelles tendent à prendre l'apparence de lueurs plus ou moins diffuses. — On remarque, en outre, que leur couleur dépend alors presque uniquement de la nature du gaz qu'elles traversent.

Pour observer ces phénomènes, on peut employer, par exemple, l'*œuf électrique* (fig. 553). C'est un vase de verre fermé par des montures métalliques, dont chacune porte une tige terminée à l'intérieur par une boule. Un canal pratiqué dans la monture inférieure, et muni d'un robinet, permet de raréfier le gaz à l'intérieur de l'appareil. — Pour faire passer les décharges, on peut faire communiquer la monture inférieure avec le sol, et approcher la monture supérieure du conducteur de la machine électrique, de manière à en tirer des étincelles. — Quand on opère avec la machine de Holtz, on met en communication l'une des montures de l'œuf avec l'un des conducteurs de la machine, et l'autre monture avec l'autre conducteur.

Lorsque l'œuf électrique contient de l'air raréfié, à une pression de quelques centimètres, chaque décharge fait apparaître, entre les boules, des bandes lumineuses pourprées (fig. 553); la boule positive émet, en outre, des rayons lumineux divergents; la boule négative est environnée, ainsi que sa tige, d'une lueur violacée. — Si l'on diminue la pression de l'air intérieur, les contours des bandes lumineuses deviennent de moins en moins arrêtés; enfin, quand la pression n'est plus que de quelques millimètres, elles se confondent en une sorte de gerbe lumineuse ovoïde, partant de la boule positive, et s'arrêtant à une petite distance de la boule négative.

Quand l'expérience est faite avec de l'*acide carbonique*, la lumière prend une teinte d'un blanc verdâtre. — Quand l'expérience est faite avec de l'*hydrogène*, la teinte devient rougeâtre. — Les différents gaz, à un degré suffisant de raréfaction, donnent des phénomènes analogues, avec des couleurs diverses.

Enfin, on peut faire passer la décharge dans la *chambre barométrique*, au moyen de la disposition représentée par la figure 554. Un tube de verre, formé de deux branches dont la longueur est de 85 à 90 centimètres, a été rempli de mercure; on l'a desséché, et bien purgé d'air par l'ébullition; les deux branches ont été ensuite placées chacune dans un vase contenant du mercure, de manière à former deux baromètres à cuvette, réunis par leurs chambres barométriques. L'une des cuvettes est mise en communication avec le sol; l'autre, avec un fil métallique

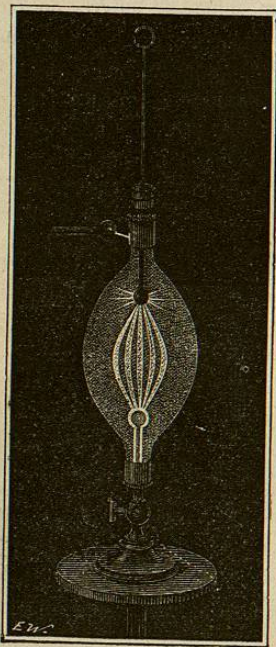


Fig. 553. — Œuf électrique; décharges dans un gaz raréfié.

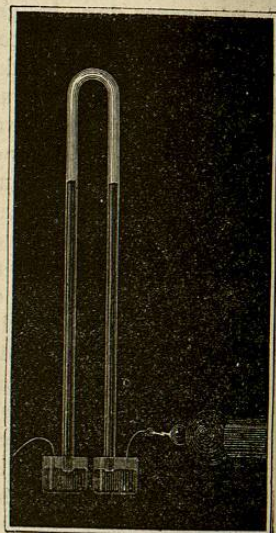


Fig. 554. — Passage de la décharge dans la chambre barométrique.

qu'on approche du conducteur de la machine : à chaque décharge, on voit l'espace vide s'éclairer d'une lueur verdâtre.

Un certain nombre d'expériences, et en particulier celles de M. Gasiot, semblent cependant prouver que l'électricité ne peut pas traverser un vide absolu. — Dans l'expérience de la figure 554, la lueur verdâtre qui se manifeste montre que ce sont les vapeurs de mercure qui forment, dans la chambre barométrique, un milieu conducteur. Davy a constaté d'ailleurs que cette lueur prend un éclat très vif, quand on vient à chauffer le mercure jusqu'au voisinage de l'ébullition.

472. **Effets chimiques.** — Lorsque l'étincelle électrique traverse un mélange d'hydrogène et d'oxygène, elle détermine la combinaison de ces deux gaz.

Le *pistolet de Volta* (fig. 555) est un flacon métallique A, dont la paroi laisse passage à une tige métallique DE, mastiquée dans un tube de verre qui l'isole. — On introduit dans le vase un mélange d'hydrogène et d'oxygène, et on le ferme avec un bouchon B. On approche la boule D de la machine électrique. L'étincelle qui jaillit entre l'extrémité E de la tige et la paroi, donne naissance, en ce point, à un dégagement de chaleur qui met

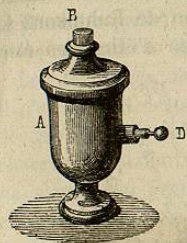


Fig. 555. — Pistolet de Volta.

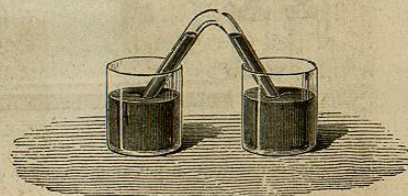


Fig. 556. — Combinaison de l'azote et de l'oxygène

le feu au mélange d'hydrogène et d'oxygène; la combustion se propage instantanément dans toute la masse gazeuse, et la vapeur d'eau produite acquiert, par l'élévation de température due à la combinaison chimique, une force élastique qui chasse le bouchon avec explosion (\*).

Dans certains autres mélanges gazeux, l'étincelle ne détermine la combinaison que dans les points qu'elle traverse, en sorte qu'il faut un grand nombre d'étincelles pour obtenir un résultat sensible. — Ainsi, Cavendish introduisit, dans un tube à deux branches plongeant dans deux petites cuvettes de mercure (fig. 556), un mélange de 2 volumes d'azote et de 5 volumes d'oxygène : l'un des vases communiquait avec le sol par une petite chaîne de fer; l'autre, avec une machine électrique. Après le passage d'un grand nombre d'étincelles, on constata que les gaz avaient presque totalement disparu, et qu'il s'était formé de l'acide azotique qui s'était combiné avec de l'eau de chaux placée à la surface du mercure.

(\*) Si l'on veut se dispenser de préparer de l'oxygène, on peut opérer comme il suit : On place le flacon métallique au-dessus de l'extrémité d'un tube, adapté à un appareil produisant de l'hydrogène : au bout de quelques instants, l'air est chassé du flacon, et remplacé par l'hydrogène. On souffle alors légèrement avec la bouche dans le goulot, de manière à faire rentrer un peu d'air dans le flacon : l'air étant, non pas de l'oxygène pur, mais de l'oxygène mélangé avec de l'azote, la détonation est un peu moins forte, mais l'expérience est tout aussi démonstrative.

473. Inversement, l'étincelle électrique peut décomposer certains corps en leurs éléments; dans ce cas, il faut toujours faire intervenir une série d'étincelles. — On introduit du gaz ammoniac dans une éprouvette de verre A, placée sur le mercure (fig. 357); la paroi de l'éprouvette est traversée par deux petits fils de platine, dont les extrémités intérieures sont à une petite distance l'une de l'autre; en faisant communiquer ces fils avec les pôles d'une bobine de Ruhmkorff E, on fait passer au milieu du gaz une série continue d'étincelles élec-

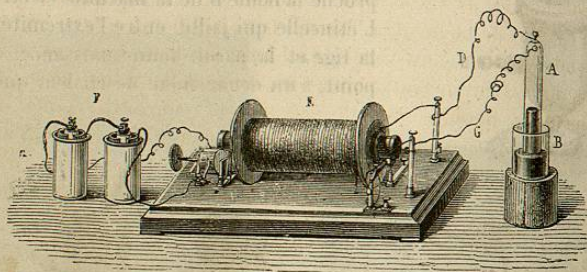


Fig. 357. — Décomposition du gaz ammoniac par une série d'étincelles électriques.

triques. On constate que le volume du gaz augmente progressivement, jusqu'à devenir double de ce qu'il était primitivement, et demeure ensuite invariable: l'analyse montre qu'il s'est transformé en un mélange d'azote et d'hydrogène.

En plaçant, entre les deux conducteurs d'une machine de Holtz en activité, une bande de papier imprégnée de sulfate de soude et colorée avec du sirop de violettes, on voit le papier rougir du côté positif et verdir du côté opposé. Le sel a donc été décomposé: son acide s'est porté d'un côté, et sa base de l'autre.

474. **Effets physiologiques, ou commotions produites par les décharges.** — Lorsqu'on tire une étincelle d'une machine électrique, on ne ressent qu'une légère piqûre, si la machine est faiblement chargée. Si la charge est plus forte, on éprouve une commotion dans le poignet ou dans le coude. — Ce sont là les effets qui se produisent, en général, quand le corps humain sert d'intermédiaire pour la production d'une *décharge électrique*, c'est-à-dire pour la combinaison brusque des électricités contraires (\*).

(\*) Il ne se produit aucun effet de ce genre, quand le corps humain se charge *lentement* d'électricité. — Un expérimentateur, placé sur un tabouret à pieds de verre, met la main sur le conducteur de la machine, avant qu'elle soit mise en activité: quand on fait fonctionner la machine, il éprouve seulement, pendant que son corps se charge d'électricité, la sensation d'un souffle léger, qui semble courir sur son visage et sur ses mains. — Mais, si un second expérimentateur, placé sur le sol, vient à approcher la main du premier, ils éprouvent tous deux, à chaque étincelle, une commotion.

Si l'on prend dans une main la panse d'une bouteille de Leyde chargée, et qu'on approche l'autre main de l'extrémité de la tige, on éprouve, au moment de la décharge, une commotion qui peut se faire sentir jusque dans les épaules et dans la poitrine. — La commotion peut même être ressentie à la fois par plusieurs personnes, placées à la suite les unes des autres, et se tenant par la main, de manière à faire la chaîne: la première prend dans sa main libre la panse de la bouteille; la dernière approche le doigt de la tige (\*).

Les décharges de la bouteille de Leyde ne sont jamais dangereuses. Il n'en est pas de même de celles des batteries; on a pu, en chargeant de grandes batteries avec des machines puissantes, obtenir des décharges qui tuaient instantanément des animaux de grande taille. Aussi, ne saurait-on prendre trop de précautions, pour éviter que les décharges des batteries ne passent par le corps de l'expérimentateur.

(\*) Cette expérience fut faite par l'abbé Nollet, devant le roi Louis XV, sur une réunion de 500 gardes. — On ne manque jamais de la répéter dans nos Cours, avec une bouteille faiblement chargée. On y fait participer tous les auditeurs, afin de faire éprouver à chacun cette commotion, dont on ne peut se faire une idée exacte si on ne l'a pas ressentie.

Voir à la fin du volume, livre VI, *Météorologie*, ce qui concerne l'électricité atmosphérique.