

## II

## PHYSIQUE.

## I

## Corrélation des forces physiques.

La *corrélation des forces physiques*, c'est-à-dire le mutuel enchaînement des forces qui, dans la nature, peuvent produire alternativement la chaleur, la lumière ou l'électricité, est devenue la matière d'un livre d'un haut intérêt, publié en Angleterre par M. W. R. Grove, et dont une traduction très-soignée, due à M. l'abbé Moigno, a enrichi, en 1857, la littérature française.

L'auteur de la *Corrélation des forces physiques* n'est pas un savant de profession. Il est assez fréquent en Angleterre de voir des personnes engagées dans des carrières toutes différentes, s'adonner à la culture des sciences physiques, et y rencontrer de brillants succès. De ce nombre, est M. Grove, avocat aux conseils de la reine, orateur disert et grave magistrat. Un grand nombre d'expériences ingénieuses, des faits entièrement nouveaux en physique et en chimie, qu'il a découverts dans ses heures de délassement, ont attiré à M. Grove sa haute réputation scienti-

1. *Corrélation des forces physiques*, par W. R. Grove, membre de la Société royale de Londres; ouvrage traduit en français par M. l'abbé Moigno, sur la troisième édition anglaise, avec des notes par M. Seguin aîné, correspondant de l'Institut de France. 1 vol. in-8.

fique, et lui ont ouvert les portes de la *Société royale de Londres*. Si nous insistons sur cette circonstance, c'est qu'elle donne à ce livre un caractère particulier qui doit le faire bien venir des gens du monde, des amateurs des sciences et des lecteurs intelligents auxquels nous aimons à nous adresser.

Mais laissons-nous de faire connaître la pensée développée dans l'ouvrage dont nous parlons. L'auteur l'expose lui-même en ces termes dans son introduction :

« La tâche que j'entreprends dans cet essai, c'est d'établir que les diverses forces de la nature qui sont l'objet de la physique expérimentale, c'est-à-dire la chaleur, la lumière, l'électricité, le magnétisme, l'affinité chimique et le mouvement, ont entre elles des relations intimes, et sont dans une dépendance mutuelle les unes des autres. Aucune de ces forces, dans un sens absolu, ne peut être dite la cause nécessaire et essentielle des autres; mais chacune d'elles peut produire toutes les autres ou être engendrée par elles; elles peuvent toutes se convertir l'une dans l'autre dans des conditions données. »

Pour donner tout de suite le tableau sommaire de ce mutuel et réciproque enchaînement des forces naturelles, nous rappellerons que le mouvement produit de la chaleur lorsque deux corps quelconques sont frottés l'un contre l'autre; que le mouvement se convertit en chaleur quand on vient à l'arrêter subitement; et que la chaleur se convertit en mouvement, lorsque, sous le piston d'une machine à vapeur, la vapeur d'eau, se dilatant dans le vide, se refroidit par son expansion, de telle sorte que l'on voit alors se transformer en mouvement le calorique disparu. Ainsi, partout où le mouvement cessera d'apparaître sous la forme visible d'un déplacement dans l'espace, un œil attentif et exercé le retrouvera sous une autre forme, invisible mais sensible, c'est-à-dire sous forme de chaleur. A l'inverse, partout où l'on constatera un abaissement de température, on pourra mettre en évidence la production

d'une certaine quantité de force vive capable de mettre en mouvement une masse inerte.

Le rapprochement que nous venons de faire entre la chaleur et le mouvement constitue une des synthèses les plus belles et les plus fécondes auxquelles la science se soit élevée. Il a fallu, pour la légitimer et la constituer en corps de doctrine, la réunion de la masse énorme de faits qui ont été rassemblés par les ardents expérimentateurs du XIX<sup>e</sup> siècle.

Personne, avant M. Grove, n'avait formulé ce principe dans toute sa généralité. Vers l'année 1800, notre célèbre Montgolfier l'avait entrevu en reconnaissant la possibilité de la conversion réciproque du mouvement et du calorique. Mais cette intuition du génie était tellement en dehors, tellement en avant des idées reçues, qu'elle ne rencontra aucun écho à cette époque. Jusqu'à l'année 1855, la science resta même si peu familiarisée avec cette idée, que les physiciens les plus renommés eurent de la peine à comprendre à cette époque la brillante expérience par laquelle M. Léon Foucault prouva qu'une masse de cuivre en mouvement de rotation, que l'on arrête subitement à distance, par l'influence d'un aimant, s'échauffe, et s'échauffe d'une quantité proportionnelle au ralentissement de son mouvement.

Ce que nous venons de dire pour la conversion réciproque de la chaleur et du mouvement s'étend à toutes les autres forces naturelles. De même qu'il engendre de la chaleur, le mouvement peut aussi produire de l'électricité, du magnétisme, de la lumière et de l'affinité chimique. Personne n'ignore que si, au lieu de frotter l'un contre l'autre deux corps homogènes, deux morceaux de bois ou deux morceaux de fer, on frotte deux corps hétérogènes, par exemple, un bâton de cire à cacheter et un morceau de drap, on produit de l'électricité. M. Babinet a donné à cette expérience une forme originale et frappante, et que nous

allons décrire afin que tout le monde se donne le plaisir de la répéter.

Sur le bouchon d'une carafe, placez en équilibre, dans une position horizontale, une canne un peu lourde en bois ou en jonc, de telle sorte qu'elle soit très-mobile et puisse tourner facilement autour de son point d'appui. Prenez alors un petit morceau de cire à cacheter, frottez-le vivement sur la manche de votre habit, et approchez-le rapidement de l'une des extrémités de la canne sans la toucher : vous ne verrez pas sans surprise que, cédant à l'attraction de l'électricité dégagée par le frottement, la canne tourne sur son point d'appui, et suit le morceau de cire dans tous ses déplacements, de manière à faire, si on le veut, un tour entier. Ainsi, le mouvement a engendré de l'électricité, et l'électricité, à son tour, a donné naissance à du mouvement.

Il n'est pas toujours possible, dans l'état actuel de la science, de prouver que deux forces quelconques, prises au hasard, s'engendrent l'une l'autre, et il faut quelquefois recourir à une force intermédiaire. Ainsi, par exemple, nous ne savons pas encore transformer immédiatement la chaleur en électricité, tandis qu'en prenant le mouvement pour intermédiaire, c'est-à-dire en faisant tourner, par une machine à vapeur, un gigantesque plateau de verre entre deux coussins, nous obtenons des torrents d'électricité. M. Grove, et nous partageons sa conviction sous ce rapport, est persuadé que la génération directe et immédiate de toutes les forces de la nature par l'une quelconque d'entre elles, est possible. La science nous paraît marcher rapidement vers la constatation de ce fait capital, qui ouvrirait une ère toute nouvelle de découvertes. Nous n'hésitons pas à croire qu'il viendra un jour où, par la transformation en électricité de la chaleur qui prend naissance dans les foyers de nos usines, on créera une source d'électricité, une véritable pile voltaïque répondant

à toutes les conditions de puissance qu'il importe de donner à cet instrument merveilleux.

Nous ne donnerions pas une preuve suffisante du fait fondamental de la corrélation ou des rapports intimes qui existent entre les forces naturelles, si nous ne citions une curieuse expérience imaginée par M. Grove, et qui, à notre grand regret, n'a pas encore été répétée dans les cours publics de Paris.

On introduit, dans une boîte remplie d'eau et fermée sur une de ses faces par une lame de verre, une plaque daguerrienne sensibilisée, que l'on défend de l'action de la lumière en recouvrant la lame de verre d'un écran opaque. Entre le verre et la plaque, on place un grillage en fils d'argent; on met la plaque en contact avec l'une des extrémités du fil d'un galvanomètre, et le grillage en contact avec l'une des extrémités de l'hélice d'un thermomètre métallique de Bréguet; on fait communiquer entre elles la seconde extrémité du fil du galvanomètre et la seconde extrémité de l'hélice; enfin, on amène aux zéros les aiguilles du galvanomètre et du thermomètre. Enlevant alors l'écran opaque, on laisse tomber la lumière sur la plaque daguerrienne, et l'on voit aussitôt les deux aiguilles se mettre en mouvement, et indiquer ainsi, l'une, l'apparition d'un courant électrique, l'autre, un dégagement de chaleur. Une seule cause, la lumière, a donc fait naître sur la plaque une *action chimique*; dans les fils d'argent, un *courant électrique*; dans la bobine du galvanomètre, un *courant magnétique*; dans l'hélice, de la *chaleur*; dans les aiguilles, du *mouvement*. Ainsi, dans cette belle expérience, une force unique, la *lumière*, a tout engendré médiatement ou immédiatement: *action chimique, électricité, magnétisme, chaleur, mouvement*.

Mais ce qui caractérise cette génération commune des forces naturelles, et M. Grove consacre de longues pages à la mise en lumière de cette grande vérité, entrevue seu-

lement depuis quelques années, c'est qu'elle a lieu en proportions fixes et définies, suivant une loi toute semblable à celle des équivalents chimiques. Ainsi, par exemple, la chaleur qui élève d'un degré la température d'un kilogramme d'eau, si nous la convertissons en mouvement, produira une force mécanique capable d'élever 430 kilogrammes environ à un mètre de hauteur en une seconde; de sorte que 430 sera l'équivalent mécanique de la chaleur. Quel pas immense la science aurait fait, si l'on était arrivé à déterminer rigoureusement les équivalents de toutes les forces de la nature, et quel vaste champ serait ainsi ouvert aux recherches de notre jeune génération! Ces équivalents seraient une mine féconde pour les renseignements et les perfectionnements que la théorie et la pratique appellent à grands cris. Déjà, en nous montrant combien il faut peu d'élévation de température pour engendrer un effort mécanique considérable, l'équivalent mécanique de la chaleur nous a appris que nous brûlons vingt fois trop de charbon dans les foyers des machines à vapeur actuelles, que ces machines sont aujourd'hui par trop imparfaites, et qu'il faut en créer de nouvelles. C'est en appliquant ces idées que M. Seguin a été conduit à construire sa *machine à vapeur pulmonaire*, et M. Siemens sa *machine à vapeur régénérée*.

C'est par le développement des mêmes principes que M. Grove démontre l'impossibilité, d'une part, de la création, de la multiplication d'une force vive perpétuelle, et, d'autre part, l'impossibilité absolue d'annihiler une force une fois produite.

Ainsi, quand on considère de haut et dans leur ensemble les forces naturelles qui sont en jeu dans l'univers, on reconnaît que rien ne se perd, rien ne se crée dans la nature, mais que tout s'y convertit et s'y transforme. Si l'on arrivait à bien faire pénétrer cette vérité immuable dans les esprits des chercheurs et des rêveurs qui surgissent

aujourd'hui plus nombreux que jamais, que d'efforts inutiles d'intelligence et d'activité on leur épargnerait! que de pertes de temps et d'argent on conjurerait par ce moyen!

## 2

Études sur les corps à l'état sphéroïdal, par M. Boutigny (d'Évreux).

Les phénomènes que M. Boutigny (d'Évreux) a découverts et désignés sous le nom général d'état sphéroïdal de la matière ont été l'objet, en France, de bien peu d'études de la part des physiciens. Ils ont excité beaucoup plus d'intérêt à l'étranger, et nul n'a eu la pensée de s'y élever contre le titre de *nouvelle branche de la physique*, que M. Boutigny a cru pouvoir donner à tout ce qui se rapporte à l'étude de cet ensemble de phénomènes dont l'examen attentif et patient lui a coûté vingt années de sa vie. Le peu d'accueil qui a été fait parmi nous à cette découverte est d'autant plus difficile à expliquer, que les expériences qui mettent en relief les propriétés de la matière à l'état sphéroïdal, sont d'une simplicité extrême. Nous allons essayer de donner une idée de ce qu'il faut entendre par l'état sphéroïdal des corps et de signaler les applications que ce nouvel ordre de faits physiques a déjà reçues dans quelques parties des sciences.

Considéré de la manière la plus générale, l'état sphéroïdal n'est rien moins qu'une nouvelle forme physique que les corps peuvent affecter. Aux trois états, solide, liquide et gazeux, que l'on reconnaît à la matière, il faudrait ajouter, selon M. Boutigny, l'état sphéroïdal, qui diffère de chacune des trois autres formes attribuées jusqu'ici aux corps matériels. En quoi consiste donc l'état sphéroïdal des corps?

Il n'est personne qui ne se soit amusé, au coin de son foyer, à faire rougir une pelle à feu et à y jeter quelques

gouttes d'eau ou de salive; on a remarqué alors que cette eau, au lieu de disparaître subitement par une évaporation instantanée, se met à tourner sur elle-même avec rapidité, à courir sur la pelle sous forme d'une gouttelette arrondie, en s'évaporant avec une telle lenteur qu'elle ne disparaît qu'au bout d'un temps fort long. Dans cette circonstance, l'eau est passée à l'état sphéroïdal.

Quand un corps a revêtu cet état particulier, il présente des propriétés bien différentes de celles qui appartiennent aux liquides, aux solides et aux gaz. Il est devenu impénétrable au calorique, et sa température demeure toujours invariable, quel que soit le degré de chaleur communiqué au vase qui le renferme; il ne mouille plus ce vase, et son contact avec lui est impossible.

Tous les liquides autres que l'eau peuvent prendre, par l'action de la chaleur, cet état sphéroïdal, et reproduire identiquement le même phénomène. C'est ainsi que l'alcool, l'éther, les huiles volatiles, etc., projetés sur une pelle incandescente, y prennent cet état.

Si, au lieu d'opérer avec une simple pelle à feu, on emploie des instruments de laboratoire, si l'on place, par exemple, dans un fourneau de coupelle chauffé à une température extrêmement élevée, une capsule de platine, dans laquelle on laisse tomber quelques gouttes d'eau, cette eau n'entre jamais en ébullition et se maintient toujours à une température inférieure à 100°. Bien plus, de l'eau bouillante versée dans une capsule chauffée à blanc s'y refroidit aussitôt de quelques degrés, et ne peut plus se maintenir en ébullition. Ce fait a été longtemps déclaré incroyable et impossible, parce qu'il était contraire à tous les faits physiques connus à cette époque; il est pourtant rigoureusement vrai; un poète, qui n'était pas physicien, a dit avec beaucoup de sens :

Le vrai peut quelquefois n'être pas vraisemblable.

M. Boutigny a observé des centaines de faits analogues au précédent. Nous citerons les plus frappants.

Si l'on met dans une capsule de platine des cristaux d'azotate d'ammoniaque, et si l'on chauffe ensuite peu à peu la capsule jusqu'au rouge, ce sel prend feu, brûle et disparaît sans laisser de résidu. C'est là un fait bien connu des chimistes, car on prépare dans les laboratoires le protoxyde d'azote en décomposant par la chaleur l'azotate d'ammoniaque. Mais si, au lieu de chauffer peu à peu la capsule contenant ce sel, on la fait préalablement rougir, et que l'on projette ensuite l'azotate d'ammoniaque dans ce vase incandescent, le sel n'est plus décomposé, il devient incombustible. Si l'on retire du feu la capsule rougie contenant l'azotate d'ammoniaque à l'état sphéroïdal, et qu'on la laisse refroidir, on voit ce sel, arrivé à un degré inférieur de température, se décomposer et disparaître.

L'acide sulfureux liquéfié est un corps tellement volatil, qu'il s'évapore spontanément en quelques minutes quand on l'expose à l'air ambiant. Il semblerait dès lors que, si l'on projette ce liquide dans un vase chauffé au rouge blanc, il va s'y volatiliser aussitôt, en produisant une véritable explosion. Mais, tout au contraire, il s'y refroidit à un tel point que sa température s'abaisse jusqu'à 10 degrés au-dessous de zéro. C'est de cette manière que M. Boutigny a fait l'expérience étonnante qui consiste à produire de la glace dans un creuset rougi au feu. En effet, si dans une capsule de platine rougie à blanc et contenant de l'acide sulfureux passé à l'état sphéroïdal, on verse quelques grammes d'eau, le contact de l'acide sulfureux, qui se trouve refroidi à 10 degrés au-dessous de zéro, solidifie cette eau à l'instant même, et l'on retire un morceau de glace d'un vase chauffé à la température du fer en fusion.

Pour expliquer un fait si extraordinaire, il faut admettre, avec M. Boutigny, que les corps à l'état sphéroïdal sont

impénétrables à la chaleur. On comprend dès lors que l'acide sulfureux, bien que placé au milieu d'un vase chauffé à blanc, ne reçoive en aucune manière l'impression du calorique extérieur. Il s'évapore lentement dans cette circonstance, comme il le ferait à la température ordinaire, et son évaporation provoque nécessairement du froid. Si, maintenant, l'on projette une petite quantité d'eau sur l'acide sulfureux ainsi refroidi, son contact peut déterminer la congélation de l'eau et la formation de la glace.

On comprend que des faits aussi curieux aient vivement impressionné l'auteur de ces découvertes. Aussi a-t-il varié de mille manières ce genre d'expériences. Un jour, par exemple, il fait rougir à blanc une sphère de platine et la plonge dans l'eau. On penserait sans doute que le contact de ce corps chauffé à blanc doit provoquer une véritable explosion, par la violence avec laquelle va s'établir l'ébullition de l'eau. Mais, au contraire, l'eau s'écarte respectueusement de la sphère métallique, qui continue à se maintenir au rouge blanc au milieu du liquide, qui l'environne sans la toucher. Ce singulier phénomène ne cesse qu'au bout de quelque temps. La température du métal s'étant un peu abaissée, et son état sphéroïdal ayant disparu, il peut alors être mouillé par l'eau et se trouver en contact avec le liquide. Tout aussitôt, l'eau bout avec violence.

M. Boutigny s'est demandé si ces divers faits n'avaient pas quelque relation avec les *épreuves par le feu*, et tant d'autres phénomènes rapportés par les nombreux historiens qui ont parlé d'individus maniant, sans inconvénient pour eux, le fer rouge et les métaux en fusion. Persuadé que l'état sphéroïdal pouvait fournir l'explication d'un grand nombre de ces faits, M. Boutigny s'est mis courageusement à expérimenter par lui-même, et il a reconnu que différents corps chauffés au rouge blanc peuvent être mis, sans le moindre danger, en contact avec nos orga-

nes, si l'on a seulement la précaution de mouiller légèrement la partie du corps que l'on va exposer à l'action de la chaleur. Dans ce cas, la petite quantité d'eau qui les revêt, prenant l'état sphéroïdal, forme autour d'eux une enveloppe impénétrable au calorique. M. Boutigny a pu, sans être aucunement brûlé, plonger sa main dans un bain de plomb fondu et dans un jet de fonte incandescente.

Ces expériences, si dangereuses en apparence, mais en réalité inoffensives, ont été répétées par un grand nombre d'observateurs, entre autres par MM. Babinet, Covlet, Desdoutis, Despretz, Perrey, etc.

Rassuré par ces résultats et confiant dans la théorie, chacun peut aujourd'hui, et sans le moindre risque, couper, fouetter de la main, un jet de fonte incandescente s'échappant de la gueule d'un fourneau de fondeur, pourvu qu'il ait eu la simple précaution.... de se laver les mains une minute avant l'opération.

M. Boutigny a publié, en 1857, une troisième édition du livre qu'il a consacré à l'examen approfondi de cette question, et qui a pour titre : *Études sur les corps à l'état sphéroïdal*. On peut ne pas partager toutes les idées de l'auteur sur bien des points qu'il examine; mais, ce qui est certain, c'est que cet ouvrage, consacré à l'étude de l'un des phénomènes les plus originaux et les plus neufs de la physique moderne, restera comme une des productions scientifiques les plus curieuses de la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle.

## 5

Étude optique des vibrations sonores; moyen de représenter à l'œil les mouvements vibratoires produits par les sons.

La physique nous a appris que l'élévation ou la gravité des sons musicaux dépend du nombre plus ou moins

grand de vibrations que le corps sonore exécute dans un temps donné. Un son très-aigu est dû à un nombre de vibrations très-considérable et qui peut dépasser le chiffre de 30 000 par seconde. Un son grave n'exécute que 4 ou 5 mille vibrations dans le même espace de temps. Mais il est très-difficile de mesurer rigoureusement le nombre de vibrations accompli par un corps en état de sonorité. Un jeune physicien, qui s'est fait remarquer par des travaux pleins d'originalité dans l'étude des phénomènes de l'acoustique, M. Lissajoux, a imaginé une méthode nouvelle et très-ingénieuse de mesurer ces vibrations. Il est parvenu à rendre appréciables à l'œil les vibrations sonores, à *faire voir les sons* au lieu de les entendre, ce qui donne le moyen de procéder avec rigueur à la mesure des vibrations moléculaires auxquelles ils sont dus. Comparer, sans le secours de l'oreille, les mouvements vibratoires de deux corps sonores, déterminer le rapport exact du nombre de vibrations qu'ils exécutent dans un temps donné et tous les caractères des périodes de leurs vitesses relatives, tel est le problème que M. Lissajoux s'est posé et qu'il a résolu de la manière la plus satisfaisante, à l'aide d'une méthode particulière de son invention.

La méthode d'observation imaginée par M. Lissajoux a pour caractère général de transformer un phénomène d'acoustique en un phénomène d'optique. Voici sur quels principes reposent les moyens mis en usage par M. Lissajoux pour arriver à ce curieux résultat.

Si l'on fixe un petit miroir à la face extérieure de l'une des branches d'un *diapason* ordinaire, c'est-à-dire de l'instrument qui sert à donner le ton aux orchestres, et que l'on fasse tomber sur ce petit miroir un rayon de soleil, il est évident que tant que le diapason demeurera immobile, c'est-à-dire ne produira aucun son, et par conséquent aucune vibration, le rayon de soleil qui vient tomber à sa

surface se réfléchira selon la loi ordinaire de la réflexion, et qu'il ira produire une image immobile sur un écran disposé sur le trajet de ce rayon. Mais si l'on fait vibrer le diapason, le rayon réfléchi vibre dans le même plan, et son extrémité, oscillant sur l'écran avec rapidité, ira tracer sur l'écran une image allongée dont l'étendue sera proportionnelle à l'amplitude du mouvement vibratoire. Il n'est donc plus nécessaire d'entendre ce son pour savoir qu'il existe, il suffit de jeter les yeux sur l'écran, et de suivre les variations d'étendue de la figure tracée par le rayon réfléchi.

Le même moyen d'observation peut servir à reconnaître si un diapason est d'accord avec un autre. Pour cela, on arme pareillement cet autre diapason d'un second miroir que l'on place sur le trajet du rayon réfléchi par le premier, en ayant soin de mettre les deux plans de vibration perpendiculaires l'un sur l'autre; le rayon réfléchi pour la seconde fois ira se rendre finalement sur l'écran d'observation. Si l'on fait vibrer isolément les deux diapasons, l'image lumineuse s'allongera dans un sens ou dans le sens perpendiculaire; si le premier diapason produit un allongement vertical, le second produira un allongement horizontal, et quand ils vibreront tous les deux à la fois, on aura à chaque instant la figure qui résulte de la combinaison ou des deux mouvements rectangulaires.

Si les deux diapasons mis en expérience de cette manière sont à l'unisson, la figure géométrique résultant de leurs vibrations et qui vient s'imprimer sur le tableau, qu'elle soit un cercle, une ligne droite ou une ellipse, restera permanente et semblable à elle-même. Si, au contraire, les deux diapasons ne sont pas à l'unisson, on verra se peindre sur l'écran une figure optique passant par toutes les formes possibles.

Si, au lieu d'être à l'unisson, les diapasons sont à l'octave, la figure optique est une espèce de 8 qui peut dégénérer en un sommet de parabole.

Dans cette représentation géométrique des sons, tous les intervalles musicaux simples sont représentés par des courbes particulières que l'auteur du mémoire a fait connaître.

Sans pousser plus loin cet exposé théorique général de la remarquable méthode d'observation, imaginée par M. Lissajoux, nous arriverons à l'indication sommaire des moyens pratiques employés par ce physicien pour apprécier comparativement le nombre de vibrations provenant de deux corps sonores. Voici comment procède M. Lissajoux pour comparer, par exemple, le nombre de vibrations donné par deux diapasons différents.

Pour comparer deux diapasons, c'est-à-dire apprécier le nombre relatif de vibrations qu'ils accomplissent dans un temps donné, on dispose l'un de ces diapasons horizontalement; sur l'une de ses branches on place une lentille de verre, sur l'autre on pose un petit contre-poids destiné à équilibrer la lentille; on dispose ensuite verticalement le second diapason. L'extrémité supérieure de l'une des branches de ce diapason vertical porte une petite saillie très-vivement éclairée qui constitue le point lumineux, elle doit donc se trouver sur l'axe de la lentille à une distance convenable, comme un objet au foyer du microscope; il reste ensuite à orienter le plan de ce deuxième diapason, pour que ses vibrations soient perpendiculaires à celles du premier, et par conséquent perpendiculaires au mouvement de la lentille objective. Ces conditions une fois remplies, à l'instant où les deux diapasons sont mis en vibration sonore, la courbe résultante apparaît au foyer du microscope ou de la lunette.

Au lieu de comparer la vibration de deux diapasons, on peut se proposer de soumettre au même genre d'examen une corde vibrante et un diapason. Dans ce cas, le second diapason de l'expérience précédente est remplacé par la corde, dont les vibrations doivent être horizontales et per-

pendiculaires à celles de la lentille; pour former le point lumineux, il suffit de faire tomber sur la corde, au point où elle croise l'axe optique, une ligne lumineuse produite au foyer d'une lentille cylindrique sur laquelle on projette la lumière électrique ou celle d'une lampe. Cela fait, le son du diapason et celui de la corde donnent immédiatement leur résultante.

Nous devons nous borner à faire connaître ici le principe général sur lequel reposent les intéressantes recherches de M. Lissajoux. Nous ajouterons seulement, pour donner une juste idée de leur valeur scientifique, que, sur la proposition de M. Pouillet, l'Académie des sciences a ordonné l'insertion du travail de M. Lissajoux dans les *Mémoires des savants étrangers*. C'est la plus grande marque d'honneur dont l'Académie dispose pour les travaux des savants qu'elle ne compte pas dans son sein.

## 4

Machine à vapeur réchauffée de M. Seguin aîné.

Le projet des machines à air chaud, ou à vapeur réchauffée, c'est-à-dire des appareils dans lesquels une même masse d'air ou de vapeur, alternativement réchauffée et refroidie, sert de puissance motrice, continue, à juste titre, de préoccuper les savants. M. Seguin aîné, l'une des gloires de l'industrie française, étudie depuis vingt ans ce projet, qui constitue l'application pratique de la belle théorie qu'il a tant contribué à propager sur l'identité de la chaleur et de l'effort mécanique. En janvier 1855, M. Seguin aîné soumit à l'Académie des sciences le plan qu'il avait conçu pour construire une machine motrice fondée sur le grand principe qui considère le calorique et le mouvement comme des manifestations, sous des formes différentes, des effets d'une seule et même cause. Depuis

cette époque, il a pu se livrer à toutes les expériences qu'il importait de faire avant d'entreprendre l'exécution de sa machine. Nous n'entrerons pas ici dans le détail des expériences faites par M. Seguin sur les diverses questions qu'il a dû étudier à ce sujet; mais nous présenterons une description sommaire de sa machine, pour faire connaître aux nombreux mécaniciens qui poursuivent le même objet, le résultat pratique auquel il est parvenu pour la construction d'un appareil moteur de ce genre, fonctionnant avec puissance et régularité.

La *machine à vapeur réchauffée* de M. Seguin se compose d'un piston creux en fonte, de 1<sup>m</sup>,50 de longueur et de 0<sup>m</sup>,20 de diamètre, alésé sur toute sa longueur. Une bielle, fixée à l'extrémité de la tige de ce piston, s'adapte à une manivelle fixée à un arbre de 10 centimètres de diamètre, sur lequel est établi un volant de 3000 kilogrammes.

Le générateur, dans lequel doit se réchauffer la vapeur, se compose de deux tubes de 3 mètres de longueur, de 8 centimètres de diamètre intérieurement, et de 1 centimètre d'épaisseur; ils sont réunis l'un à l'autre par un coude de même métal, et enveloppés dans un massif en fonte de fer ayant partout une épaisseur de 6 centimètres au moins.

Entre le générateur et le cylindre, se trouve une pièce en fonte, percée de deux ouvertures munies de clapets, qui permettent à la vapeur de passer du cylindre dans la partie supérieure du générateur, et de la partie inférieure du générateur dans le cylindre; en sorte que la vapeur accomplit continuellement un mouvement de va-et-vient qui lui permet d'aller puiser, à chaque coup de piston, dans le générateur, la chaleur qu'elle a perdue en produisant l'effet mécanique.

Enfin, un condenseur en cuivre, entouré d'un réfrigérant rempli d'eau, se trouve placé au-dessus de la pièce de fonte intermédiaire entre le cylindre et le générateur,

et communique avec cette dernière au moyen d'un tube muni d'un robinet. La machine elle-même règle le mouvement de ce robinet, qui met en communication le générateur avec le condenseur pendant le coup négatif, pour enlever l'excès de chaleur qui reste à la vapeur après qu'elle a produit l'effet mécanique, et la ramener à l'état de vapeur saturée; elle interrompt ensuite cette communication pour permettre à la vapeur de se réchauffer de nouveau dans le générateur, et d'accomplir ainsi une suite de dilatations et de contractions successives.

M. Seguin a pourtant reconnu la nécessité, pour entretenir le jeu de la machine d'une manière régulière, d'introduire à chaque coup de piston une certaine quantité de vapeur nouvelle dans le générateur, ce qui remédie aux pertes de vapeur résultant de l'imperfection d'exécution inhérente à toutes les machines; on laisse ensuite échapper cette vapeur, qui peut être évaluée au dixième environ de la capacité du cylindre, par le condenseur<sup>1</sup>.

Quelques dispositions secondaires, que nous passons ici sous silence, servent à rendre pratique ce système remarquable, où l'on voit réalisée d'une manière définitive cette idée, depuis longtemps conçue, de se servir de la même vapeur en la faisant passer par divers états de tension et de température.

On peut donc espérer que la machine à air chaud ou à vapeur réchauffée, qui a exercé en Amérique le génie d'Ericsson, et, en France, celui des mécaniciens du plus grand mérite, va perdre enfin, grâce aux nouveaux essais de M. Seguin, le caractère de simple machine d'essai,

1. Nous renvoyons pour le détail de la machine et les importantes épreuves faites à cette occasion par M. Seguin dans les ateliers de M. Farcot, à son mémoire original qui a paru en janvier 1857 dans les comptes rendus de l'Académie des sciences, sous ce titre : *Mémoire sur un nouveau système de moteur fonctionnant toujours par la même vapeur, à laquelle on restitue, à chaque coup de piston, la chaleur qu'elle a perdue en produisant l'effet mécanique.*

qu'elle a eu jusqu'ici, pour faire un service régulier qui permettra d'apprécier avec certitude l'économie que présentera son emploi sur les autres systèmes actuellement en usage.

## 5

La pile voltaïque de M. Selmi, ou pile à triple contact.

La création d'une pile voltaïque économique, c'est-à-dire la production de l'électricité à bas prix, continue d'être le problème scientifique à l'ordre du jour. Donner le moyen de produire de l'électricité à bon marché, ce serait réaliser la révolution industrielle qui consiste à remplacer la vapeur par le fluide électrique employé comme force motrice. C'est là ce qui explique l'intérêt qui s'attache à toutes les tentatives ayant pour but de substituer aux dispositions actuelles de la pile de Volta, des dispositions plus économiques, de produire à moins de frais des courants voltaïques de la même puissance. La nouvelle pile imaginée par M. Selmi, professeur d'une université italienne, est présentée par l'inventeur comme devant répondre à ce *desideratum* capital. On ne possédait encore aucune description exacte de ce nouvel instrument; mais le *Cosmos*, recueil scientifique, dirigé par M. l'abbé Moigno, a donné une description de ce nouvel agent de force électrique.

D'après le *Cosmos*, la pile de M. Selmi se compose : 1° d'un verre ou vase récepteur; 2° d'un élément positif, formé d'une lame de zinc roulée en cylindre; 3° d'un élément négatif, formé d'une lame de cuivre roulée en hélice, suspendu ou porté par des fils de cuivre terminés à leurs extrémités par des crochets qui les mettent en contact avec un cercle métallique auquel communique aussi métalliquement l'élément positif, plongé enfin par sa partie inférieure dans le liquide excitateur. Par cette disposition, l'élément