books2ebooks.eu

Parrot, Georg Friedrich
Schünmann, Johann Christian

Entretiens sur la physique

Dorpat : De l'imprimerie de J. C. Schünmann, imprimeur de l'Université impériale de Dorpat
1822

e-raamat EOD kaudu
eBooks on Demand
Digitaalkoopia
Tartu Ülikooli Raamatukogust
TARTU ÜLIKOOL
RAAMATUKOGU

Trükise digitaalkoopia ehk e-raamatu tellimine (eBooks on Demand (EOD)) –miljonid raamatud vaid hiireklõpsu kaugusel rohkem kui kümnes Euroopa riigis!



Täname Teid, et valisite EOD!

Euroopa raamatukogudes säilitatakse miljoneid 15.–20. sajandi raamatuid. Kõik need raamatud on nüüd kättesaadavad e-raamatuna — vaid hiireklõpsu kaugusel 24 tundi ööpäevas, 7 päeva nädalas. Tehke otsing mõne EOD võrgustikuga liitunud raamatukogu elektronkataloogis ja tellige raamatust digitaalkoopia ehk e-raamat kogu maailmast. Soovitud raamat digiteeritakse ja tehakse Teile kättesaadavaks digitaalkoopiana ehk e-raamatuna.

Miks e-raamat?

- Saate kasutada standardtarkvara digitaalkoopia lugemiseks arvutiekraanil, suurendada pilti või navigeerida läbi terve raamatu.
- Saate välja trükkida üksikuid lehekülgi või kogu raamatu.
- Saate kasutada üksikterminite täistekstotsingut nii ühe faili kui failikomplekti (isikliku e-raamatukogu) piires.
- Saate kopeerida pilte ja tekstiosi teistesse rakendustesse, näiteks tekstitöötlusprogrammidesse.

Tingimused

EOD teenust kasutades nõustute Te tingimustega, mille on kehtestanud raamatut omav raamatukogu. EOD võimaldab juurdepääsu digiteeritud dokumentidele rangelt isiklikel, mittekommertseesmärkidel. Kui soovite digitaalkoopiat muuks otstarbeks, palun võtke ühendust raamatukoguga.

- Tingimused inglise keeles: http://books2ebooks.eu/odm/html/utl/en/agb.html
- Tingimused saksa keeles: http://books2ebooks.eu/odm/html/utl/et/agb.html

Rohkem e-raamatuid

Seda teenust pakub juba tosin raamatukogu enam kui kümnes Euroopa riigis.
Lisainfo aadressil: http://books2ebooks.eu

Biblioth. in Ropkoy.



1139

ENTRETIENS

SUR LA PHYSIQUE

par

G. F. PARROT,

Professeur de Physique à Dorpat, membre du comité des écoles, Chevalier et Conseiller d'Etat, de l'Institut royal des sciences des Pays-bas, de la Société royale des Sciences de Harlem, des Académies des Sciences de Pétersbourg et de Munic et de plusieurs autres Sociétés littéraires.

TOME CINQUIÈME

avec 3 planches.

DE L'IMPRIMERIE DE J. C. SCHÜNMANN,
Imprimeur de l'Université impériale de Dorpat.
1822.

ENTRETIENS

SUR LA PHYSIQUE.

I. PARTIE. DE L'ÉLECTRICITÉ.

II. PARTIE. DU MAGNÉTISME.

III. PARTIE. PHYSIQUE DE LA TERRE.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE CINQUIÈME VOLUME.

DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES.

page.

Soixante onzième entretien.

Observations générales 1
Phénomènes électriques fondamentaux 5
Conditions nécessaires pour les phénomènes électriques . . . 6
Corps idio-électriques ou isolateurs. Conducteurs 8
Électricité positive et négative 12

Phénomènes de la *communication*.

Sur les corps plats, sphériques, pointus 16
Roue électrique de réaction 19
Sphère d'activité. Loi de répulsion et d'attraction 21
Figure des conducteurs et effets de cette figure 25

Soixante douzième entretien.

Phénomènes de la *distribution* ou séparation.

Phénomène fondamental et conclusion 28
Théorie de ce phénomène 31
Explication des phénomènes d'attraction, de répulsion et de condensation 36
Électricité dissimulée 38
Effets sur les corps idio-électriques. Figures de Lichtenberg . 39
Séparation de l'électricité par la chaleur. Tourmaline . . . 42
Expérience fondamentale pour la bouteille de Leyde 45
Description et usages de la bouteille de Leyde 48

Soixante treizième entretien.

De l'électrophore 54
De la machine électrique 61

Des électromètres.

Considérations générales sur le but et la nature de ces instrumens 70
Électromètres à pendule (boules, pailles, fils, feuilles d'or) . . 72
Balance de torsion 74
Sur la loi de la répulsion dans ces différens instrumens . . 79

page.

SOIXANTE QUATORZIÈME ENTRETIEN.

Des condensateurs.

Condensateur simple. Sa théorie, ses usages, ses différentes constructions 82
Bâton mobile, ajouté au condensateur 88
Double condensateur 90
Phénomènes physiologiques produits par l'électricité 96
Phénomènes mécaniques 98

SOIXANTE QUINZIÈME ENTRETIEN.

Phénomènes chimiques de l'Électricité.

Action de l'électricité sur des fils de métaux 104
Action de l'électricité sur d'autres substances inflammables . 108
Lampe électrique 110
Décomposition de l'eau par l'électricité 114
Action de l'électricité sur les gaz 116
Théorie préliminaire de l'Électricité 117

SOIXANTE SEIZIÈME ENTRETIEN.

Historique du Galvanisme 132
Description de la pile de Volta et de ses variétés 139
Phénomènes physiologiques de la pile 146
Phénomènes électrométriques de la pile 148
Phénomènes chimiques de la pile. Combustions 152

SOIXANTE DIXSEPTIÈME ENTRETIEN.

Décomposition de l'eau par la pile 157
Décomposition des acides, des sels, des alkalis et autres oxides par la pile 161
Loi de ces décompositions. Hypothèse de Davy, réfutée . . 164
Effets de la pile sur la chair animale. Usage de la pile en Médecine 168
Effet de la pile sur la fumée 170
Effets mécaniques de la pile 170
Conducteur unipolaires 173

SOIXANTE DIXHUITIÈME ENTRETIEN.

Théorie de la pile de Volta.

Hypothèse de Volta 177
Critique de cette hypothèse 181

Principes de l'auteur sur la pile de Volta.

Concernants l'origine de l'Électricité de la pile 187
Pile de Zamboni 192
Production directe d'électricité par les procès chimiques . . 196
Expérience décisive sur l'élément de la pile 197
Pile élémentaire de Wollaston 199
Objections contre cette théorie 200
Marche des deux E. en sens contraire dans la pile 203

page.

Soixante dixneuvième entretien.

Explication de la décomposition de l'eau, des acides et des oxides par la pile 210

Système général de l'Électricité.

Origine de l'électricité par frottement 216
Sur la nature des deux E. 221
De l'Électricité animale 226
Coup-d'oeil général sur les substances impondérables . . . 228

DES PHÉNOMÈNES MAGNÉTIQUES.

Quatrevingtième entretien.

Réflexions générales 230
Propriétés fondamentales de l'aimant 234
Déclinaison et inclinaison 237
Méthodes d'aimanter le fer ou l'acier 238
Phénomènes particuliers des aiguilles de déclinaison . . . 241
Loi de l'attraction magnétique 248

Quatrevingt unième entretien.

Phénomènes des aiguilles d'inclinaison sur la surface du globe . 252
Phénomènes des aiguilles de déclinaison sur la surface du globe 258
De la force magnétique en différents lieux du globe 260
Variations de l'inclinaison et de la déclinaison aux mêmes lieux 261
Hypothèses sur le Magnétisme 264

Quatrevingt deuxième entretien.

Rélation intime entre le Magnétisme et l'Électricité: découverte d'Oersted 270
Aimant artificiel par la pile: découverte d'Arago et d'Ampère . 270
Action du Magnétisme sur l'E. de la pile: découverte d'Erman 275
Excitation du Magnétisme sans aimant et sans Électricité . . 278
Hypothèse d'Ampère sur l'Électro-magnétisme 280
Objections contre cette hypothèse 284
Coup-d'oeil général sur la Physique théorique . . 286

PHYSIQUE DE LA TERRE.

Quatrevingt treizième entretien.

Introduction.

Réflexions sur l'application de la Physique théorique aux phénomènes naturels 293
Objets dont se compose la Physique de la Terre 301

page.

PHYSIQUE DE LA TERRE PROPREMENT DITE.

Quatrevingt quatorzième entretien.

Sphéricité de la Terre 303
Grandeur de la Terre 305
Vraie figure de la Terre.
D'après la théorie de Newton 307
D'après les mesures des degrés 310
D'après les observations du pendule 315
Résultats 317

Quatrevingt quinzième entretien.

Considération sur la pesanteur, sous différentes rélations.

Influence perpendiculaire des montagnes sur la pesanteur . . 319
Méthode de découvrir de grandes cavernes sous terre au moyen du pendule 321
Loi de la pesanteur dans l'intérieur de la Terre 322
Pesanteur spécifiqune du globe. Sa comparaison avec celle des minéraux connus 325

Quatrevingt seizième entretien.

Considérations générales sur la surface de la Terre.

Distribution des Continens et des Iles 335
Distribution des montagnes sur les continens 336
Description des principaux volcans et de leurs éruptions . . 339
Description des cavernes 347
Cavernes stalactiques 348
Cavernes de Basalt 355
Cavernes zoolytiques 357
Nature des roches où se trouvent les cavernes 360
Formation de la stalactique 361
Grottes glaciales et leur explication 362
Grottes d'Eole 366

Quatrevingt dixseptième entretien.

Sur la hauteur des montagnes.

Observations générales 368
Mesure des hauteurs par le baromètre 370
Table des principales hauteurs mesurées sur la surface du globe 382

ENTRETIENS SUR LA PHYSIQUE.

Ie. Partie.

Des phénomènes électriques

Soixante onzième entretien.

Me. de L. Nous voilà enfin ressemblés de nouveau, et vous allez, monsieur de P., après une longue interruption, renouer le fil de nos entretiens. Je ne puis vous dire combien j'en suis charmée; car le sujet que vous avez annoncé, *l'Electricité*, a si fort excité l'attention des savans et l'admiration de tout le monde que .....

Mr. de L. Que vous êtes presque tentée de renchérir sur les savans et les ignorans.

Me. de L. Point de sarcasme, mon cher mari. Je voulois dire que j'espère pouvoir m'instruire sur ce sujet si intéressant avec plus de facilité que sur plusieurs autres de la Physique.

Mr. de R. En effet, on voit tant de personnes, que l'on ne compte nullement au nombre des savans, s'occuper de l'électricité, que j'ai la même espérance que madame de L.

Mr. de P. Il a été un tems où tout le monde se mêloit d'électricité, où l'on voyoit presque par tout une machine électrique, une bouteille de Leyde, un isoloir, un tableau magique, une petite maison à foudroyer etc. et où des Physiciens ambulans amusoient l'Europe par leurs expériences électriques. Aujourd'hui les piles de Volta ont succédé à ces appareils. Mais cela ne doit pas nous séduire à croire que les phénomènes électriques soient si faciles à traiter; je crois au contraire qu'il n'y a aucune branche de l'étude de la Nature que la Science ait tant de peine à suivre, aucun champ où il soit si difficile au Physicien de se frayer une route sûre.

Me. de L. Je suis bien décidée, monsieur de P., à ne pas me laisser effrayer.

Mr. de P. Ce seroit bien moi, madame, qui y perdrois le plus. Les phénomènes électriques sont si intéressants, si importants, que je serois bien fâché que vous voulussiez me frustrer du plaisir de vous les faire connoitre, par quelque raison que ce fût. Leur empire s'étend sur toute la Nature. Semblables à ceux de la chaleur et de la lumière on les retrouve partout, dans les plantes et dans les animaux, dans l'atmosphère qui nous environne à toutes les hauteurs où l'homme est parvenu, et c'est le règne minéral qui nous en a offert la découverte et qui nous sert encore aujourd'hui le mieux à en trouver les lois. Tous les phénomènes de la Chimie sont entrelacés de phénomènes électriques; l'affinité et l'électricité se trouvent combinées partout au point qu'un Chimiste célèbre (Berzelius) a cru trouver dans l'électri-

cité le principe, la cause, de toutes ces attractions que nous désignons sous le nom d'attractions chimiques. Les phénomènes de l'électricité nous offrent en outre ceux de la lumière et de la chaleur, comme produits de leur action non seulement, mais même en quelque sorte comme identiques.

Mais ce qui caractérise les phénomènes électriques, c'est la prodigieuse vîtesse qui leur est propre. Leur apparition est si subite, si parfaitement instantanée, qu'ils semblent ne paroitre que pour s'évanouir; et si le génie de Volta a réussi à leur donner une sorte de continuité, à les fixer, pour ainsi dire, dans sa pile, il n'a proprement qu'entassé les difficultés, en même tems qu'il a ouvert un champ immense de nouvelles expériences et de nouvelles découvertes.

J'ose donc espérer, madame, que vous consentirez à ne marcher dans cette nouvelle carrière qu'avec beaucoup de circonspection, que vous me permettrez, comme pour les phénomènes de la chaleur et de la lumière, de commencer par vous offrir un grand nombre de faits rangés de manière à produire un ensemble, avant de vous parler d'explications. La théorie, je le répète, ne doit j'amais devancer les faits; le Physicien ne doit j'amais présenter les expériences dans le langage de sa théorie, avant d'avoir déduit cette théorie des phénomènes.

Mr. de V. Je suis parfaitement de cet avis pour toutes les parties des Sciences et je n'ai jamais trouvé que cette méthode mathématique conduisit à la sécheresse ou à l'obscurité; elle mène au contraire toujours à la clarté.

Mr. de P. Les Anciens connoissoient déja un phénomène de l'électricité, mais un seul phénomène. Ils avoient découvert deux corps qui, lorsqu'on les frotte, attirent des corps légers. Ce sont l'ambre (en Grec Elechtron, d'où vient le mot électricité) et une pierre nommée alors Lynkurer, probablement la Tourmaline. Théophraste d'Eresus, qui vivoit 300 ans avant l'ère chrétienne, fait déja mention de l'un et l'autre. Ce phénomène resta en quelque sorte enseveli pendant 19 siècles. Car ce n'est qu'en 1600 que l'Anglois William Gilbert le ressuscita et ajouta à ces deux corps connus plusieurs autres, tels que le verre, les pierres précieuses, le soufre, la cire d'Espagne etc., et que cent ans plus tard le François Du Fay reprit ce phénomène et le traita en Physicien.

Mr. de R. Et c'est de ce petit phénomène qu'est sortie toute la masse des phénomènes de l'électricité, l'effet de nos machines et des batteries électriques et le phénomène imposant et terrible de la foudre! Il faut avouer que l'Electricité est une des parties des sciences qui fait le plus d'honneur à l'esprit humain.

Mr. de P. Entrons en matière, et pour ne pas commencer par une hypothèse, considérons l'électricité comme un certain état dans le quel on peut mettre tous les corps, sans nous soucier de la cause qui le produit. Mais il est deux manières de mettre les corps dans cet état; la première est le frottement, la seconde est d'opérer une action chimique d'un corps à un autre. La première a reçu le nom *d'électricité par frottement*, la seconde le nom *d'électricité galvanique*. La première nous offre des phénomènes instantanés qui ces-

sent au même moment qui les a vus naitre; la seconde fixe en quelque sorte ces phénomènes, leur donne une durée de plusieurs heures, de plusieurs jours. Nous traiterons à part les phénomènes qui se rapportent à chacune de ces méthodes d'exciter l'électricité.

Lorsqu'on frotte légèrement et vivement un tube de verre, un bâton de cire d'Espagne ou de soufre, l'on observe les phénomènes suivants: 1) Si l'on approche ce corps frotté des corps légers, tels qu'un brin de papier ou de paille, un petit flocon de coton ou de laine etc., ces corps légers s'envolent vers le corps électrisé et souvent en sont repoussés dabord après. 2) Si on fait l'expérience dans l'obscurité et si l'électricité est considérable, on voit et on entend même de petites étincelles sortir du corps frotté à mesure qu'on le frotte. Lorsqu'on excite l'électricité au moyen d'une machine et qu'on approche le doigt du corps électrisé, il en sort avec bruit de grands traits de lumière visibles au plus grand jour. 3) Si l'on approche le visage d'un corps fortement électrisé, sans cependant en tirer l'étincelle, on a une sensation légère sur toute la surface du visage, comme si l'on touchoit une toile d'araignée. 4) Lorsqu'on tire l'étincelle d'un corps électrisé avec le doigt on toute autre partie de notre corps, on éprouve un piquement qui devient douloureux, lorsque l'électricité est forte, et l'étincelle se change en un courant de lumière d'un ou deux pouces de longueur et plus. 5) Un corps fortement électrisé répand autour de lui une odeur particulière assez semblable à l'odeur du phosphore.

Mr. de G. Quoique j'aie souvent vu des expé-

riences électriques je ne me souviens pas de m'être aperçu de cette odeur.

Mr. de P. On ne l'obtient qu'au moyen d'une bonne machine que l'on fait aller pendant près d'une minute sans tirer d'étincelle. Dès qu'on a tiré l'étincelle l'odeur disparoit. Au reste on a très peu observé ce phénomène; il paroit que cette odeur provient d'une action chimique sur le corps électrisé, semblable a celle qu'on aperçoit par ex. lorsqu'on chauffe du cuivre ou lorsqu'on le frotte avec la main.

Ces phénomènes n'ont pas toujours lieu; ils n'existent que sous deux conditions. La première est que le corps frotté et le corps frottant (le frottoir) ne soient pas homogènes. La seconde est que l'un et l'autre soient secs.

Mr. de L. Voilà deux conditions singulières! Cela rappelle l'affinité qui n'a également lieu que sous deux conditions, dont la première est également l'hétérogénieté des substances; la seconde condition est précisement l'opposée de la seconde condition de l'électricité. Je ne conçois rien à cela.

Mr. de P. Patience, Général. Nous commençons par les faits; ce n'est pas encore le tems de concevoir, mais de voir.

Mr. de R. Ainsi selon la seconde loi les fluides ne peuvent pas s'électriser par frottement?

Mr. de P. Je n'ai pas dit cela. Tout liquide qui ne mouille pas son frottoir devient électrique. Si par ex. on fait tourner le disque d'une machine électrique dans un bain de mercure, on en tire des étincelles considérables; et le frottement qu'éprouve le mercure

en passant par les pores du bois (dans la pluie de mercure dont nous avons parlé autrefois) produit de l'électricité qui est sensible même à l'extérieur de la cloche de la pompe pneumatique. L'eau par contre, qui mouille le verre et le bois, ne devient pas électrique par l'un ou l'autre de ces frottemens.

Le jeune de L. Je crois en avoir deviné la raison, et je la dirois si cela étoit permis.

Mr. de R. Très permis, mon cher, de dire ce que l'on sait, mais défendu de dire ce que l'on ne sait pas.

Le jeune de L. L'eau, de même que tous les liquides qui mouillent les frottoirs, s'attache fortement à leur surface, en sorte que le frottement ne se fait qu'entre deux couches d'eau et non entre deux surfaces ou plutôt deux corps hétérogènes.

Mr. de P. Votre raison est très juste. Mais pourquoi avez-vous corrigé votre derniére expression: surfaces hétérogènes? Elle est plus juste que la seconde; car pour obtenir des effets électriques il suffit de l'hétérogénéité des surfaces. Deux morceaux d'une seule et même plaque de verre produisent de l'électricité par leur frottement, si l'un des deux est un peu moins lisse que l'autre; et cela aura même encore lieu, les surfaces étant également lisses, pourvû que l'une, celle du frottoir, soit beaucoup plus petite que l'autre; la petite, parcourant toute la grande surface, s'échauffe davantage que celle-ci et cela occasionne une différence spécifique des deux surfaces, qui suffit pour produire quelque peu d'électricité.

Me. de L. D'après tout ce que vous venez de nous

dire il paroit que tous les corps peuvent être électrisés par frottement; il suffit d'avoir un autre corps, solide ou fluide, pourvû que celui-ci ne les mouille pas.

Mr. de P. Assurément, madame, et l'air même et tout gaz peut servir de frottoir. Si l'on pousse un courant d'air au moyen d'un soufflet sur un carreau de verre, on trouve le verre électrisé. Cependant les corps offrent une grande différence entre eux quant à la faculté de s'électriser par frottement. Ceux qui s'électrisent le plus facilement sont l'ambre et les autres résines sèches, le verre, le soufre, les pierres précieuses, les cheveux, la soye, la laine, les plumes, le bois bien sec, le papier et même la glace à 20 degrés audessous de zéro, c. a. d. assez froide pour que le frottement ne la fasse pas fondre.

Les métaux par contre, le charbon, le bois humide, ne s'électrisent par frottement que fort peu, et point du tout si on les tient à la main, tandis que les autres corps s'électrisent fort bien en les tenant d'une main et le frottoir de l'autre. On les nomme pour cet effet *idio-électriques.*

Si les métaux ne sont pas faciles à électriser par frottement, on les électrise d'autant plus facilement en les mettant en contact avec des corps déja électrisés; mais pour cela il ne faut pas les tenir à la main, mais les placer sur des supports de verre ou de résine, ou les suspendre à des fils de soye. Alors ils deviennent électriques dès qu'on les touche avec un corps électrisé, et perdent cette électricité dès qu'on les touche avec le doigt. Si on les touche avec un autre morceau de métal également placé sur un support de résine, de verre

ou de soye, ce second métal participe à l'instant à l'électricité du premier. Cette propriété de recevoir et de communiquer l'électricité est ce que l'on nomme la force conductrice, et les corps qui la possèdent à un degré éminent s'appellent *conducteurs*. Le meilleur conducteur est le corps humain; après lui viennent les métaux, puis le charbon, l'eau et les liquides à l'exception des huiles, les substances poreuses et humides, quelques pierres etc.

Les corps idio-électriques sont de mauvais conducteurs; ils se chargent difficilement d'une électricité étrangère, la perdent tout aussi difficilement, et ne la perdent presque qu'au point où on les touche, le reste conservant son électricité. Les plus foibles conducteurs, comme la résine et le verre, se nomment *isolateurs*, par ce que l'on se sert d'eux pour isoler les conducteurs à qui l'on veut communiquer de l'électricité, qu'ils perdroient sur le champ en entier si on les mettoit à nud sur une table ou si on les tenoit à la main.

Me. de L. Voilà pourquoi, j'imagine, les métaux sont difficiles à électriser; ils perdent leur électricité en même tems qu'ils la reçoivent.

Mr. de P. En effet; car on peut électriser par frottement au morceau de métal sensiblement, si on le place sur de bons isolateurs.

Me. de L. Mais quel rôle joue l'air atmosphérique à tout ceci?

Mr. de P. Celui d'un assez bon conducteur s'il est humide et du meilleur isolateur s'il est parfaitement sec. Aussi les expériences électriques ne réussissent-elles dans tout leur éclat que lorsque l'air est très sec.

Plusieurs Physiciens considèrent l'action insolatrice de l'air comme un simple effet mécanique pur et simple de la pression de l'atmosphère et citent pour preuve la belle expérience que je vais avoir l'honneur de vous décrire. Prenez une grande phiole de verre A (Fig. 1) dont le col est fermé par une virole *a* surmontée d'un robimet b et d'un crochet c et à l'intérieur de la quelle on a vissé un bâton mince de métal d. La partie inférience de la phiole est couverte à l'extérieur d'une feuille d'étain e o i. Raréfiez l'air dans phiole, fermez en suite le robinet et suspendez la phiole par son crochet c au conducteur d'une machine électrique que vous mettez en activité, et vous verrez dans l'obscurité sortir du bout du bâton metallique une lumière éblouissante qui rayonne dans tous les sens vers la surface intérieure du verre à chaque fois que vous approcherez la main ou un autre conducteur de la feuille d'étain e o i. Ce rayonnement deviendra même permanent, si vous établissez une communication permanente entre la feuille e o i et le sol. L'effet est incomparablement moindre lorsque la phiole est pleine d'air ; intérieurement on ne voit point de lumière et l'on ne tire que de faibles étincelles à l'extérieur, l'électricité se dissipant en très grande partie par la partie métallique de l'appareil, sans entrer dans la phiole.

Mr. de R. Cette preuve est éblouissante!

Le Comte C. Eblouissante, d'avis, mais pas concluante. Elle prouve assurément que l'air atmosphérique contribue à retenir pendant quelque tems l'électricité à la surface des corps, soit par sa pression, soit par une autre cause ; mais elle ne prouve nullement que

la pression de l'atmosphère soit la seule cause du séjour plus ou moins long de l'électricité sur les corps électrisés. Car si cela étoit, ce séjour seroit d'égale durée sur tous les corps sous la pression de l'atmosphère et également instantané lorsque cette pression est supprimée. Or nous venons d'apprendre que l'électricité séjourne sur les isolateurs beaucoup plus longtems que sur les conducteurs. Nous devons par conséquent croire que, outre la pression extérieure de l'air, il existe encore une autre cause qui retient pour quelque tems l'électricité sur la surface des corps, sans pouvoir au reste l'y fixer absolument, et que cette cause existe dans le corps électrisé.

Mr. de P. J'ajoute, monsieur le Comte, à votre raisonnement que l'air dans la phiole de l'expérience de tantôt n'est que médiocrement raréfié et que des expériences décisives ont prouvé que le vide parfait, celui de Torricelli, fait l'effet d'un isolateur pour de foibles degrés d'électricité, et que l'air raréfié agit comme conducteur pour les mêmes degrés. Ainsi l'air est proprement un conducteur de l'électricité, mais la pression de l'atmosphère diminue sa propriété conductrice; et il doit exister pour chaque degré d'électricité, établi sur un certain corps, un degré correspondant de pression atmosphérique qui l'isole.

Me. de L. Ainsi, si nous n'avions pas d'atmosphère, nous n'aurions pas de phénomènes électriques visibles?

Mr. de P. Bien sûrement, et par plus d'une raison.

Me. de L. C'est un nouveau bienfait que nous

devons à l'atmosphère, un bienfait que je n'eusse pas deviné.

Mr. de P. Et ce n'est pas le dernier. Vous vous en persuaderez lorsque nous traiterons la *Physique de la Terre.* Aussi crois-je que rien n'est si propre à nous rappeller les dons journaliers de la Providence qu'une étude approfondie de l'atmosphère. — Mais passons à d'autres phénomènes électriques. Jusqu'ici nous n'avons pas aperçu de différence dans les phénomènes électriques de différents corps frottés. Il en existe cependant une qui est très essentielle. Prenons un gros bâton de cire d'Espagne et un égal bâton de verre, et frottons les l'un et l'autre. Tous deux attireront les corps légers. Soit a b (Fig. 2) un petit pendule dont la boule est de moëlle de sureau et le fil de soye, suspendu à un support b c d de verre terminé par un fil et un bouton de métal d b. Nous supposons avoir deux de ces petits pendules ; chacune de ces boules étant ainsi isolée conservera pendant quelque tems l'électricité qu'on lui communiquera. Electrisez une des deux petites boules avec le bâton de cire d'Espagne frotté, l'autre avec le bâton de verre frotté, et approchez les pendules jusqu'à une distance d'un pouce en rapprochant les supports. Vous verrez alors les deux petites boules s'attirer mutuellement jusqu'à ce qu'elles se touchent et ensuite retomber à leur place, et vous verrez en même tems qu'elles ont perdu leur électricité ; car elles n'attirent plus les corps légers.

Répétez l'expérience, mais électrisez chacune des deux boules avec le tube de cire d'Espagne, et vous verrez qu'en les approchant, même jusqu'au contact

du point b des supports, au lieu de s'attirer elles se repoussent. Enfin, après avoir enlevé l'électricité aux deux boules en les touchant, électrisez les l'une et l'autre au moyen du bâton de verre frotté et répétez l'expérience; les deux boules se repousseront de nouveau. Si dans les deux dernières expériences vous approchez des boules des corps légers vous verrez qu'ils seront attirés et que par conséquent l'électricité des pendules n'a pas été détruite.

Ces faits prouvent indubitablement qu'il existe deux états électriques qu'on a nommées *électricité resineuse* et *électricité vitrée*, que ces deux électricités se détruisent mutuellement, que deux corps qui sont chacun dans l'un de ces deux états s'attirent mutuellement et que deux corps qui sont dans le même état se repoussent mutuellement. On exprime ces faits par le théorème suivant: *Les électricités homogènes se repoussent sans se détruire et les électricites hétérogènes s'attirent et se détruisent mutuellemcnt.* Un Physicien allemand, Lichtenberg, considérant que les deux électricités sont entre elles dans la rélation de quantités positives et négatives (vous avez, madame, appris à connoitre ces expressions dans les lois du mouvement) les a nommées, la vitrée *électricité positive*, et la résineuse *électricité négative*. Ces dénominations ont été presque généralement adoptées à raison de la facilité à les exprimer par les signes + E et — E, et ce sont elles dont je me servirai de règle dans nos entretiens.

Mr, de T. N'existeroit-il pas peut-être un troisième ou un quatrième état électrique?

Mr. de P. Non; car on a électrisé tous les corps

connus et l'on a constamment trouvé que leur état électrique se rapporte à l'une des deux électricités que nous venons d'apprendre à connoitre ; à moins qu'on ne veuille ranger les phénomènes de l'aimant dans la classe des phénomènes électriques: Ce qui ne se fera pas de si tôt, malgré la nouvelle analogie entre l'électricité et le magnétisme découverte par l'Académicien danois Oersted.

C'est sur le théorème des deux électricités que sont fondés quelques jolis phénomènes plus amusants qu'utiles. Tel est celui du *carillon électrique*, composé de deux timbres de métal A et B (Fig. 3) et d'un pèndule D C, dont la boule C est aussi de métal et le fil de soye. Le timbre A est placé sur un support de bois ou de métal qui se l'isole pas; mais le timbre B est placée sur un insolateur. Un fil de métal EF met ce timbre en communication avec une machine électrique qu'on fait aller. Aussitôt la boule C est attirée par le timbre B jusqu'au contact et reçoit par conséquent la même E que B et est repoussée avec toute la force de cette E en même tems qu'elle retombe d'elle-même par la loi du pendule, et va frapper le timbre A sur le quel elle perd son E. Alors elle retombe d'elle-même vers B, et est en même tems attirée par l'E de ce timbre qu'elle frappe avec la même force que le premier. Ce jeu se renouvelle aussi longtems qu'on électrise le timbre B.

Le Comte C. Les Physiciens qui font des observations sur l'électricité de l'atmosphère se servent d'un pareil carillon pour être avertis l'orsqu'il se forme un orage.

Mr. de P. La *bascule électrique*, autre amuse-

ment de ce genre, s'explique comme le carillon. On fait de même danser de petites figures de moëlle de sureau ou de papier entre deux plaques de métal AB, CD (fig. 4), dont l'une AB est isolée et électrisée, et l'autre suspendue à un crochet ordinaire ou tenue à la main.

Retournons à présent aux corps frottés et examinons quel sera ici le jeu des deux électricités. Si le corps frotté et le frottoir sont bien isolés, on n'apercevra point d'E. Mais si l'un des deux a une communication avec la table ou la terre, alors l'E de l'autre paroitra. Si l'on fait cette expérience avec chacun des deux corps, on trouvera constamment que l'un a + E et l'autre — E. Dans le cas où les deux corps sont isolés, les deux E se détruisent mutuellement; mais si l'on détruit l'une des deux au moyen d'un bon conducteur, l'autre se trouve libre et se manifeste comme telle.

Me. de L. Ainsi tout frottement excite les deux électricités! Mais dites nous, monsieur de P., si chaque corps peut acquérir indistinctement + E et — E.

Mr. de P. Oui et non, madame. Le verre poli par ex., qu'on le frotte avec quel corps que l'on voudra, se charge de + E, excepté lorsqu'on le frotte avec une peau de chat, qui lui donne — E. Les résines se chargent de règle de l'électricité négative; les métaux de même; mais il est des cas où cela n'a pas lieu, selon la nature du frottoir; la cire d'Espagne par ex., frottée avec un métal, prend + E et le métal — E. Le soufre de même, quoique, frotté par d'autres corps, il soit de règle négatif.

Le Comte C. Peut-on rapporter ces différences aux qualités chimiques des corps?

Mr. de P. Difficilement. Il paroit néanmoins que de deux corps frottés le plus inflammable se charge de — E et le moins inflammable de + E. Mais cette règle (si tant est que c'en soit une) est sujette à bien des exceptions qu'on ne peut guères expliquer par la nature des surfaces, par la différence de leurs dimensions, par la plus ou moins forte pression, par leur plus ou moins grande facilité de se dilater et autres causes accidentelles.

Voilà à peu près ce que nous savons sur la production de l'électricité par frottement. Considérons à présent les phénomènes qui ont lieu lorsqu'on électrise un corps au moyen d'un autre qui est déja électrisé. Ces phénomènes se partagent en deux classes, ceux de *la communication* et ceux de *la distribution* ou *séparation*.

Supposez que nous ayons deux bons conducteurs, par ex. deux cylindres de métal arrondis à chaque extrémité, tous deux isolés et placés à une petite distance l'un de l'autre. Si vous en électrisez un au moyen de la machine électrique, vous verrez une étincelle ou plutôt un trait de lumière passer instantanément et avec bruit de l'un à l'autre et les deux conducteurs sont électrisés. Si vous mettez ce second conducteur en communication avec la terre au moyen d'un fil de métal, le trait de lumière sera plus vif et son essort plus bruyant, et les deux conducteurs ne sont plus électrisés. Si au lieu du fil de métal vous employez la main, vous sentirez, au moment où le trait de lumière paroit,

une douleur plus ou moins forte proportionnée au degré d'électricité donné au premier conducteur. La distance des deux conducteurs, à la quelle cet effet pourra avoir lieu, le brillant de la lumière et le bruit sont également proportionnés à l'énergie de l'électricité employée. Il y a pour chaque degré d'électricité un maximum de cette distance au de là du quel l'électricité du premier cylindre ne se communique plus au second, et l'on a des instrumens pour mesurer ce maximum.

Le Comte C. Ces instrumens pourroient servir d'électromètres.

Mr. de P. Assurément ; mais ils auroient le desavantage de décharger le conducteur dont l'électricité devoit servir à une expérience, et en outre de ne donner que peu d'exactitude surtout dans la mesure de foibles degrés d'électricité.

Ce maximum de distance varie en outre selon la figure des conducteurs. S'ils se terminent par une plaque, ce maximum est plus petit et l'étincelle plus énergique. S'ils se terminent en une grosse pointe, cette distance est beaucoup plus grande, l'étincelle beaucoup plus foible et la sensation sur la main presque insensible. S'ils se terminent en pointes très aigues, l'électricité passe à une distance de plusieurs pieds d'un conducteur à l'autre, sans trait de lumière, sans bruit, et la sensation est absolument insensible.

Cette manière de décharger un conducteur par des pointes offre, quant à la lumière, des phénomènes, qui fournissent une nouvelle différence entre + E et — E.

Supposons que nous ayons fixé au bout de notre conducteur une pointe assez fine et que nous tenions à la main une pointe semblable vis-à-vis la première. Si le conducteur est chargé de + E alors sa pointe offre dans l'obscurité une aigrette lumineuse, qui a son sommet à la pointe, et l'autre pointe n'offre qu'un point lumineux qui ressemble à une étoile. Si le conducteur est chargé de — E, alors sa pointe forme l'étoile et l'autre pointe l'aigrette. Ces aigrettes se présentent avec un grand éclat lorsqu'on approche à deux ou trois lignes d'un conducteur A (fig. 5) continuellement électrisé par une bonne machine, un bâton de verre BC de 8 à 12 pouces de longueur armé d'une virole de laiton surmontée d'une boule b. L'électricité du conducteur se décharge en formant un trait de lumière vive et continuelle entre les deux boules, et s'échappe de tous les points de la circonféreme de la virole pour se réunir sur la main de l'expérimentateur en formant mille jets de lumière violette qui entourent le bâton de verre. Si la distance de la main à la virole est trop grande, alors les jets de lumière forment un grand cône brillant de la même couleur, et dont le sommet est en B.

Mde. de L. La lumière électrique est-elle toujours violette?

Mr. de P. Oui, madame, lorsqu'elle se dissipe dans un grand espace; mais lorsqu'elle est concentrée dans une courte étincelle, elle est d'un blanc brillant. On employe la répétition des petites étincelles à faire de très jolies illuminations sur des carreaux de verre. On découpe à cet effet de très étroites bandelettes de

feuille d'étain et les colle sur le carré de verre parallèlement et proches l'une de l'autre, de sorte qu'elles sont toutes contigues l'une à l'autre et ne forment en quelque sorte qu'un seul trait replié plusieurs fois de haut en bas, En voici le dessein (fig. 6). Ce carreau étant ainsi préparé, on dessine une figure ou une lettre quelconque avec du crayon et à chaque fois que le trait passe sur une des bandelettes on la tranche avec le canif pour faire une petite séparation ; ensuite on enduit tout le carreau d'un vernis de copal. A présent on électrise le carreau au point a où les bandelettes commencent et l'électricité, suivant la voye des bandelettes, fournit à chaque tranche une vive étincelle partout en même tems, de sorte que la figure paroit de chaque côté comme dessinée en entier d'un seul trait brillant de lumière.

Mde. de L. Cela doit être bien joli.

Mr. de P. On peut varier ces amusemens de cent manières. Je dois seulement ajouter que, pour obtenir l'effet, il faut donner au bout des bandelettes en b un conducteur de fil de métal ou de feuille d'étain qu'on tient à la main pour déterminer le passage de l'E. le long des bandelettes, sans quoi l'on ne feroit que charger le carreau d'E. sans obtenir d'étincelles.

Mais voici un phénomène des pointes bien plus important. Lorsqu'on électrise un conducteur terminé par une pointe, l'essort de l'électricité qui s'échappe par la pointe fait l'effet d'un petit soufflet au moyen du quel on peut faire tourner un léger moulinet. Bien plus : Soit AB un fil de métal d'une demie ligne d'épaisseur et de 6 pouces de longueur, dont chaque ex-

trémité, formée en pointe a et b, est recourbée dans le même sens. Placez cette aiguille à son milieu sur la pointe d'une épingle isolée sur un bâton de verre et électrisez l'épingle. L'électricité se communiquera à l'aiguille et s'échappera par les pointes a et b; et à l'instant vous verrez l'aiguille se tourner avec une prodigieuse rapidité dans le sens désigné par les petites flèches. C'est une vraie roue de réaction. Mais ce qu'il y a de bien remarquable, c'est que cette aiguille se tourne, qu'on employe + E ou — E, et toujours dans le même sens, et l'on sent dans l'un et l'autre cas le vent autour de l'aiguille.

Mr. de T. Vous nous instruisez de beaucoup de phénomènes intéressants et instructifs sur la communication de l'électricité par les conducteurs. Mais que font les isolateurs dans ces cas là?

Mr. de P. Très peu de chose. L'électricité d'un conducteur se transfère difficilement et très inégalement sur les isolateurs, et quant ceux-ci sont électrisés, soit par frottement soit par communication, ils perdent leur E si difficilement qu'une plaque de métal, posée à plat sur une surface plane de résine électrique, ne lui enlève rien de son électricité. Une petite boule de métal, une pointe conduite longtems sur cette surface, la lui enlève enfin, mais les étincelles sont faibles et n'ont lieu qu'à une très petite distance.

Mr. de T. J'aurois pu prévoir cela par la seule définition des isolateurs ou corps idioélectriques.

Mr. de P. Retournons aux conducteurs et parlons de l'effet de l'électricité hors de leur surface. Nous la voyons agir jusqu'à une distance de plusieurs pieds

et cet espace, qu'elle occupe en quelque sorte par son action, se nomme la sphère d'activité. D'après ce que j'ai eu l'honneur de vous dire sur l'influence de la pression de l'atmosphère dans ces phénomènes, vous voyez que c'est à elle que nous devons les limites de cette sphère d'activité. Mais de toute manière nous voyons que l'électricité, accumulée sur un conducteur, s'en échappe en ligne droite et dans toutes les directions, comme des rayons de lumière ou de chaleur.

On prouve cela par une jolie expérience. Soit A (fig. 8) un conducteur isolé. Fixez quelque part à sa surface, avec un peu de cire, une douzaine de fils de lin de 4 à 5 pouces de longueur rangés en cercle. A l'instant où vous électriserez ce conducteur vous verrez tous ces fils s'élever et prendre la direction de rayons perpendiculaires à la surface du conducteur, et si vous faites l'expérience dans la chambre obscure, chaque fil aura à son bout une aigrette lumineuse ou une étoile, selon que vous aurez employé + E ou — E. Prenez à présent un cercle de métal d'environ 30 pouces de diamètre et attachez y également nombre de fils de lin de 4 à 5 pouces de longueur et placez ce cercle dans le même plan qne les autres fils et vous verrez que, aussi longtems que l'on électrisera le conducteur, les fils de ce cercle se rangeront comme des bouts de rayons qui tendent tous vers le centre C.

Mr. de R. Je m'étois bien attendu au premier de ces deux phénomènes; mais le second me surprend infiniment. Je conçois une radiation de l'intérieur à l'extérieur; mais une radiation de l'extérieur à l'intérieur! c'est ce dont je ce puis me faire une idée. Voilà répul-

sion et attraction tout à la fois! Une contradiction complette établie par une expérience palpable!

Mr. de P. Nous concevrons tout cela par la suite. Considérons à présent la radiation apparente de l'intérieur à l'extérieur. Elle a du mener à l'idée que les attractions et répulsions électriques agistent à distance et que la loi de ces actions est l'inverse du carré des distances, la même que celle de toutes les radiations, et nommément celle de la lumière. Le célèbre Coulomb, qui le premier a traité l'électricité mathématiquement, a prouvé cette loi au moyen de sa balance de torsion qu'il inventa sur tout dans cette vue et dont je vous donnerai bientôt une seconde description. Coulomb a eu pour successeur dans cette carrière un Mathématicien de la première force, qui a réduit en formules algébriques tous les faits que Coulomb avoit établis par ses expériences et en a découvert de nouveaux. — Eh bien! je vais bien étonner mon attendif auditoire, en lui annonçant que cette loi de l'inverse du carré des distances, en vertu de la quelle l'attraction ou la répulsion à une distance double ou triple n'est que le quart ou le neuvième de ce qu'elle est à la distance simple, ne se confirme que dans les expériences avec la balance de Coulomb et est toute autre dans les expériences faites avec les électromètres ordinaires. Selon la loi que fournissent les électromètres la répulsion et l'attraction sont, à une distance double ou triple, la moitié ou le tiers de ce qu'elles sont à une distance simple, c. à. d. que ces deux forces suivent tout simplement la loi de l'inverse des distances.

Mr. de L. J'espère que ceci ammenera de la dispute.

Mr. de P. Je le prévois, mais ce ne sera pas pour aujourd'hui. Permettez moi de terminer cette soirée par une nouvelle considération qui découle du phénomène général des répulsions électriques.

Supposons un conducteur massif électrisé et recherchons théoriquement dans quelles parties de ce corps résidera l'électricité. En admettant que tout le corps ait primitivement participé à l'état électrique, il est clair que les répulsions modifieront cet état, en ce qu'elles chassent en quelque sorte toutes les électricités de même nom aussi loin qu'elles peuvent. Il suit de là que l'électricité se portera toute entière de l'intérieur à l'extérieur, tant qu'il y a continuité de matière. La pression de l'atmosphère et une autre cause déja indiquée s'opposent à ce que l'E ne quitte subitement la surface du conducteur. Ainsi *c'est à la surface que toute l'E se rassemblera et l'intérieur en sera absolument dépourvu.*

Ce théorème important se prouve facilement par l'expérience suivante: Prenez une boule solide de métal A (fig. 9) d'environ 4 lignes de diamètre et placez cette boule sur un isolateur BD. Un corps de toute autre figure que celle d'une sphère servira également bien. Ayez une boule de moëlle de sureau de 2 à 3 lignes de diamètre, fixée au bout d'un petit bâton de gomme laque. Comme nous nous servirons souvent de ce petit instrument nous le nommerons *la boule d'épreuve.* A présent électrisez le corps A à volonté, plus ou moins fortement, et introduisez la boule de sureau, en la te-

nant par son manche E, dans le trou de la boule, et ayant bien soin de ne pas toucher les bords a b du trou. Parcontre vous pouvez en toucher le fond à volonté, au reste en prenant garde de ne pas produire de frottement. Si vous retirez la boule avec les mêmes précautions et que vous l'approchiez du petit pendule que j'ai eu l'honneur de vous décrire (fig. 2), il ne se manifestera aucune électricité. Si par contre vous touchez l'extérieur de la boule de métal avec celle de sureau, le petit pendule se précipitera sur elle à son approche et en sera ensuite repoussée.

Cette petite boule de sureau, ou bien un petit disque de papier doré, fixé à un léger bâton de gomme laque, sont très commodes pour de pareilles expériences.

Mr. de V. Si les conducteurs rassemblent leur E à leur surface, que font les isolateurs?

Mr. de P. Permettez moi de remettre la réponse à une autre fois pour ajouter encore quelque chose à ce rassemblement de toute l'électricité d'un conducteur à sa surface.

La première conséquence à tirer de ce théorème est que, lorsqu'un corps conducteur est électrisé et qu'on le met en contact avec un autre corps conducteur non électrisé, l'un et l'autre étant isolés, *l'électricité du premier se partage entre les deux, en sorte que l'E moyenne des deux est proportionelle aux surfaces.* Ainsi, si le conducteur électrisé a 200 pouces carrés de surface et le conducteur non isolé 100 pouces, l'électricité moyenne des deux sera $\frac{200}{300}$ ou $\frac{2}{3}$ de l'électricité pri-

mitive donnée au premier conducteur. Coulomb a prouvé ce théorème par des expériences très exactes faites avec des cylindres et des surfaces circulaires, en sorte qu'on peut admettre que la figure des surfaces ne change rien a cette loi.

La seconde conséquence est que, lorsqu'on veut accumuler de l'E. sur un conducteur, ce corps n'a pas besoin d'être solide, mais peut être creux. Aussi fait-on tous les gros conducteurs creux en les composant de lames de métal, ou de carton couvert de papier enduit d'une surface métallique, tel que le papier doré.

Mr. de T. Il paroit donc que la figure des conducteurs est indifférente quant à l'électricité.

Mr. de P. Assurément, quant au partage de l'électricité d'un conducteur à un autre; mais quant à ce partage sur les différents points d'un seul et même conducteur, cette figure est très importante. Les Physiciens du milieu du siècle passé avoient déja observé qu'un conducteur cylindrique, dont la longueur est considérablement plus grande que le diamètre, fournit à ses extrémités sphériques une électricité beaucoup plus énergique qu'à son milieu. Coulomb soumit cet aperçu à des expériennes très exactes qui lui offrirent les résultats suivants: Soit AB (fig. 10) un conducteur cylindrique terminé à ses extrémités par deux hémisphères, son diamètre de 2 pouces et sa longueur de 30 pouces. Si on l'électrise, l'E sera partagée également vers le milieu, inégalement vers les extrémités. Si on prend l'E du milieu pour l'unité, elle sera à 2 pouces de chaque extrémité $= 1\frac{1}{4}$; à un pouce de l'extrémité elle sera

$1\frac{8}{10}$; à l'extrémité même elle sera $2\frac{8}{10}$. A quatre pouces de chaque extrémité l'E n'est pas sensiblement plus grande qu'au milieu. Or comme ces distances d'un pouce sont égales au rayon du cylindre, on peut admettre que l'E, dont un cylindre conducteur est chargé, se partage uniformément sur la partie du milieu de sa surface et commence à augmenter sensiblement d'énergie à quatre rayons ou deux diamètres de distance des extrémités.

Mr. de T. J'avoue que je ne comprends pas ces effets.

Mr. de P. Vous les comprendrez facilement en considérant la figure que je dessine (fig. 11). Elle représente un sphéroide dont les diamètres a b et d e sont inégaux. Il est clair que, si les diamètres étoient égaux, la répulsion intérieure chasseroit l'E du centre c à la circonférence avec des forces égales et que l'E seroit parconséquent partagée également sur tous les points de la surface sphériqne. Si au contraire les diamètres sont inégaux comme ici, il est clair que la répulsion est plus forte dans le sens du petit diamètre d e que dans celui du plus grand a b, et que par conséquent il doit s'accumler plus d'E aux points a et b qu'aux points d et e. Il en est de même des autres points de la circonférence à raison des diamètres des cercles aux quels ils appartiennent.

Nous pouvons aller plus loin et supposer que notre sphéroide soit formé par deux cônes réunis par leur base comme a e b d (fig. 12). Il est clair que l'E doit s'accumuler très considérablement aux sommets a et b et y

surmonter facilement la pression de l'air. De là l'effet des pointes pour disséminer l'électricité dans l'atmosphère et produire les courans d'air que nous avons observés. De là encore l'attention que l'on met à arrondir les corps conducteurs sur les quels on veut conserver le plus que possible l'électricité qu'on leur donne.

Soixante douzième entretien.

Mde. *de L.* Les phénomènes que vous nous avez dépeints hier nous ont introduits dans un monde tout nouveau. Nous apercevons des mouvemens, nous entendons du bruit, nous voyons des radiations, des étincelles, des jets de lumière, nous sentons des commotions; et tout cela provient du simple frottement de deux corps l'un sur l'autre, sans qu'on s'aperçoive d'aucune matière qui produise tous ces effets

Mr. de P. Ajoutez à cela que tous ces phénomènes ont lieu sans que les corps, qui nous les offrent, paroissent éprouver aucun changement.

Mr. de L. Avouez que tout cela a bien l'air de sorcellerie et qu'il faut une bonne dose de confiance à la sagacité des Physiciens pour espérer de débrouiller ce cahos.

Mr. de P. Et je vais sur le champ l'embrouiller encore devantage par les phénomènes de la *distribution* ou *séparation.*

Mr. de L. Tant que vous voudrez; mais comptez que je ne vous ferai pas grâce sur les explications.

Mr. de P. (souriant) Je suis heureusement accou-

tumé, Général, à votre sévérité. Prenons le crayon. Voilà un conducteur A (fig. 13) isolé et électrisé. En voici un second B également isolé, mais non électrisé. Nous attachons à celui-ci avec un peu de cire molle quelques pendules doubles de moëlle de sureau a, b, c, d, à fils de lin, qui nous serviront à observer l'électricité qui se manifestera sur ce conducteur. Nous avons en outre le pendule électrique (fig. 2) que nous chargeons de + E et la boule d'épreuve (E, fig. 9). Comme nous ferons plusieurs mouvemens avec le conducteur B, je préviens que ce sera toujours en le saisissant avec le support isolateur, pour ne pas lui oter l'E qu'il recevra.

Tout cela étant ainsi disposé, nous donnons + E au conducteur A, et alors nous approchons le conducteur B du conducteur A dans la position indiquée par le dessein, en sorte que leur distance soit un peu moindre que le maximum au quel l'étincelle part. A l'instant vous voyez les petits pendules a, b, c, d, diverger, les extrêmes a et d le plus, les autres moins ; ce qui prouve que le cylindre B est électrisé. De plus il se trouve un point ou plutôt un cercle sur ce conducteur où l'électricité est nulle; et à partir de ce point l'E va en augmentant vers les extrémités de ce conducteur. Premier fait.

Touchez à présent le conducteur B en V avec la boule d'épreuve et approchez la d'abord après du pendule électrique chargé de + E, et vous verrez celui-ci s'éloigner. Ainsi l'électricité en V est positive. Touchez maintenant le bout R du conducteur B avec la boule d'épreuve, après l'avoir déchargée en la touchant avec le doigt, et approchez la du pendule élec-

trique; vous le verrez se précipiter sur elle. Ainsi l'électricité sur R est négative. Second fait.

Mde. de L. Ainsi voilà les deux électricités, qui se détruisent d'ailleurs dès qu'elles se rencontrent, réunies sur le même conducteur! C'est un grand paradoxe.

Mr. de L. Pas du tout. Ce sont deux dames, deux amies de coeur, assises chacune à un bout d'un sopha et prêtes à s'embrasser pour s'étrangler.

Mr. de R. Vous paroissiez, Général, avoir oublié vos méchancetés contre les dames. La Chimie vous avoit radouci.

Mr. de P. Passons au troisième fait. Tout est dans l'état précédent. A présent éloignous le conducteur B. A l'instant tous les pendules perdent leur divergence, le conducteur n'a plus d'E. Et si nous examinons l'électricité du conducteur A au moyen de la boule d'épreuve et du pendule électrique, que nous déchargeons à cet effet, nous trouvons qu'il n'a rien perdu de son E que ce qu'il en auroit perdu d'ailleurs par le contact de l'air.

Nous replaçons le conducteur B en présence du conducteur A comme auparavant, et les mêmes phénomènes se répètent. Touchons à présent du doigt l'extrémité V; sur le champ son petit pendule d ne donne aucun signe d'électricité pendant l'attouchement et après qu'on a retiré le doigt. Mais en même tems les boules du pendule a à l'extrémité opposée s'éloignent davantage et indiquent par conséquent une augmentation d'E, et qui est encore — E. Quatrième fait.

Eloignez enfin le conducteur B en cet état du conducteur A, et vous trouverez à présent qu'il a sur toute

sa surface l'électricité négative, comme s'il eut été électrisé par communication. Et si vous examinez le conducteur A électrisé primitivement, qui a produit tous ces phénomènes, vous trouverez qu'il n'a rien perdu de son électricité, à l'exception de ce qu'il en eut perdu pendant le même tems par le contact de l'air: ce qui se monte à peu de chose, si l'on opère rapidement et si l'air est bien sec.

Mr. de R. Ce dernier résultat me paroit tout-à-fait incompréhensible. Comment le conducteur A a-t-il pu donner de l'électricité au conducteur B sans rien perdre de la sienne? C'est vraiment faire quelque chose de rien.

Mr. de V. Et comment a-t-il pu lui donner ce qu'il n'a pas, même le contraire de ce qu'il a?

Mr. de P. Il sied mal à la Politique de faire cette question; et pour la punir de cet air d'innocence qu'elle se donne, ce sera vous, monsieur de V., que je prierai tout particulièrement de dénouer ce noeud gordien; permis à monsieur le Comte C de vous seconder.

Le jeune de L. La guerre seconde merveilleusement la Politique. Permettrez-vous au jeune officier d'être de la partie?

Mr. de P. Volontiers; peut-être que les finances en seront aussi.

Mr. de R. Vous ne le voudriez pas vous même; car selon vous le talent des financiers n'est pas de faire quelque chose de rien, mais le contraire.

Mr. de P. Passons de tant de professions de foi à notre énigme. Vous savez, monsieur de V., que l'on peut produire par frottement les deux électricités sur

chaque corps, que ces deux E sont entre elles dans la rélation de deux quantités dont l'une est positive et l'autre négative, et qu'elles se manifestent avec certains degrés de force. Que concluez-vous de là?

Mr. de V. Ma Logique dit que ces deux E, si nous les considérons comme quelque chose de réel, comme matière ou force, résident dans tous les corps, qu'elles y sont en équilibre chimique ou mécanique et que c'est cet équilibre que nous nommons l'état naturel des corps, l'état où l'on n'observe aucune électricité.

Mr. de P. Eh bien! voilà le noeud gordien au moins désserré. Vous n'avez plus qu'à tirer les cordons l'un après l'autre. Réunissons d'abord nos deux premiers faisceaux. Les deux conducteurs A et B sont en présence, A électrisé positivement, B dans son état naturel c. à d. dans l'état d'équilibre des deux E qu'il contient. A quoi devons nous attendre?

Mr. de V. L'électricité positive ou vitrée, accumulée en X, agit sur les E naturelles du conducteur B, attire la négative et repousse la positive, et je conçois que celle-là s'avance vers X et celle-ci recule vers V. Mais je ne vois pas pourquoi — E du conducteur B ne passe pas en effet au conducteur A, puis qu'elle en est attirée.

Le jeune de L. La pression de l'air l'en empêche.

Le Comte C. J'ose en douter; car la pression est la même, à quelle distance que les deux conducteurs soient l'un de l'autre; et ce que nous savons déja sur ces phénomènes nous indique que l'étincelle qui a lieu à une plus petite distance des conducteurs, n'est autre chose que cette réunion complette de l'électricité posi-

tive donnée au conducteur A avec l'électricité négative naturelle de B, et qu'un pareil conducteur B, après l'étincelle, ou après le contact, ne paroit chargé de + E que parce qu'une quantité égale de son electricité négative est (si j'ose me servir de cette expression) neutralisée par la positive du conducteur A.

Mr. de V. J'accède à ce raisonnement. Mais que mettrez-vous à la place de la pression de l'air?

Le Comte C. J'y mettrai l'attraction que les corps mêmes exercent sur chaque électricité et qui doit être vaincue par l'attraction mutuelle de + E en X et de — E en R, avant que chacune d'elle quitte le corps au quel elle est comme fixée. Qu'en pensez-vous, monsieur de P?

Mr. de P. L'opinion de notre jeune Militaire est celle des Physiciens françois; la vôtre est celle des Physiciens allemands et la mienne, et je veux épargner à madame de L. le détail des raisons que j'ai au moins d'ajouter l'attraction à la pression de l'atmosphère. Mais revenons à nos deux premiers faits.

Mr. de V. Je dois donc continuer? Eh bien! puis que nous sommes d'accord qu'il existe un ou deux obstacles à la réunion totale des deux E, de la positive du conducteur A et de la négative du conducteur B, il est clair que la — E du conducteur B doit s'accumuler en R et la + E à l'extrémité opposée en V. Mais comme chacune des deux se repousse elle-même, chacune doit occuper un certain domaine de son coté, en s'affoiblissant à mesure que ce domaine s'étend vers l'autre et il doit y avoir entre deux un domaine infiniment

petit où l'électricité est nulle, tout passage d'une quantité négative à une positive supposant un point où l'une et l'autre sont zéro.

Le jeune de L. A quoi j'ose ajouter que l'électricité positive du conducteur A doit s'accumuler à l'extrémité X, l'E négative en R réagissent sur elle,

Mr. de P. Très juste. Voyons le troisième fait, la disparition des phénomènes de la distribution ou séparation des deux E sur le conducteur B, dès qu'on l'éloigne de A.

Mde. de L. Pour ce fait-là, je vous prie de me l'abandonner. Comme les électricités, positive du conducteur A et négative du conducteur B, ne se sont pas vraiment réunies, pas neutralisées, mais seulement rapprochées, il est clair que ce rapprochement cessera dès qu'on aura éloigné les conducteurs l'un de l'autre, par ce que l'électricité positive en V peut s'emparer à présent de la négative en R et rammener l'état électrique à zéro.

Mr. de P. Réunissons à présent les deux derniers faits produits par l'attouchement du conducteur B à son extrémité V, lorsqu'il est en présence de A, et l'effet de son éloignement.

Mr. de V. Cette noix n'est pas facile à craquer, surtout pour un vieillard qui n'a plus de dents.

Le Comte C. J'ai un profond respect pour les vôtres, surtout en Diplomatie.

Mr. de P. Essayez toujours, monsieur de V., de craquer, et veuillez vous souvenir que notre globe est suffisamment grand pour engloutir sans qu'on s'en

aperçoive, toute l'E que nos machines électriques, et même la grande machine de l'atmosphère, produisent.

Mr. de V. Si cela est, l'attouchement engloutit toute l'E positive relancée en V et laisse la négative en possession du champ de bataille, où ces deux ennemies séparées se balançoient mutuellement. Cette — E se trouve par là plus forte mais toujours consignée à son coin en R, jusqu'à ce que, par l'éloignement des conducteurs, elle triomphe complettement en s'étendant sur tout son domaine, sur tout le conducteur B.

Mr. de L. Il paroit, messieurs, que vous avez expliqué tous ces phénomènes énigmatiques; mais j'admire la ruse de monsieur de P, qui dans cet exercice de catéchisme vous a fait trouver les explications, afin que, si je voulois douter de l'une ou de l'autre, je me trouvasse en guerre avec vous tous.

Mr. de R. Surtout avec madame de L, que vous craignez si fort d'attaquer. N'est-ce pas?

Mr. de L. Voulez-vous, mon prudent ami, réveiller le lion qui ne fait que sommeiller? Allons plus loin, monsieur de P.

Mr. de P. Rien de plus facile; car ces phénomènes et leur explication jettent un grand jour sur tous les phénomènes que nous avons déja eus et nous fournissent d'autres phénomènes non moins intéressants.

D'abord nous ne pouvions pas imaginer la cause, qui fait approcher les corps légers d'un corps électrisé; à présent nous la connoissons. L'E du corps électrisé et l'électricité naturelle et contraire du corps léger s'at-

tirent, et comme celle-ci est fixée à ce corps léger, le corps léger cède à cette action et s'envole vers le corps électrisé.

Les étincelles, les courants électriques entre deux conducteurs, dont l'un est électrisé et l'autre dans son état naturel, sont l'effet de la même cause. Si le premier par ex: a reçu — E, il attire l'électricité naturelle positive de l'autre, et si la distance de l'un à l'autre n'outrepasse pas le maximum dont nous avons parlé, l'E positive naturelle se précipite à la rencontre de l'E négative du corps électrisé. Ainsi le courant électrique dans ce cas est double; il se fait des deux côtés en même tems.

Les doubles radiations qui se peignent dans l'élancement des fils fixés au conducteur et à un cercle de métal (fig. 8) sont de grossières images de ces courants réciproques de + E et de — E.

Mr. de R. Vraiment, les phénomènes de la distribution expliquent tout, ce me semble.

Mr. de P. Ils nous fournissent en outre la solution de beaucoup de problèmes très importants. Nous avons par ex: de l'électricité positive et nous voulons nous en servir pour donner — E à un corps quelconque, par ex: au pendule électrique. Pour cet effet nous touchons sa boule a (fig. 2) avec le doigt et en approchons un bâton de verre frotté, jusqu'à $\frac{1}{2}$ pouce ou un pouce. Pendant que le bâton de verre est encore à cette distance vous ôtez le doigt, et vous voyez le pendule se précipiter vers le bâton de verre, que vous êtes obligé de retirer bien vîte, si vous ne voulez pas que le pendule perde sa charge de — E en touchant le verre. L'opération est

plus facile si le corps à électriser est fixe, ou si le pendule est suspendu par un fil de lin à une petite boule de métal fixée à un support. Vous placez alors le corps électrisé au dessus de cette petite boule, à la distance choisie (plus elle est petite sans qu'il parte d'étincelle, plus la charge sera forte) et vous touchez de l'autre la petite boule de métal un instant. Alors vous verrez que le pendule a l'électricité contraire de celle du corps électrisé.

Vous savez que, lorsqu'on approche l'un de l'autre deux corps conducteurs, l'un électrisé, l'autre dans son état naturel, jusqu'au contact, l'E du premier se partage en raison des surfaces, en sorte que, si le premier a 100 pouces carrés de surface et le second 10, le premier ne contiendra plus que $\frac{91}{100}$ de l'E qu'il avoit et l'autre en aura $\frac{9}{100}$. Eh bien! Les principes de la distribution nous apprennent à transporter presque toute l'E du grand conducteur sur le petit, où elle paroitra avec une énergie proportionnée à la petitesse de la surface sur la qu'elle elle est concentrée. Pour faire ces expériences, suspendons au petit crochet b (fig. 2) au lieu du pendule simple à fil de soie, un des pendules doubles à fil de lin que nous avons employés dans les expériences précédentes (fig. 13). Soit à présent B (fig. 14) un disque de métal, muni d'un crochet a terminé par une petite boule, et fixé sur un pied isolateur. Soit A un grand conducteur muni également d'un crochet a c terminé par une petite boule, et faiblement électrisée.

Mettez les deux crochets en contact et faites l'épreuve avec le pendule double; vous trouverez que le disque a le même degré d'E que le conducteur. Aprés-

sent approchez un autre disque pareil C que vous toucherez avec le doigt en le saisissant par son manche; et pendant que ce nouveau disque est retenu proche du premier dans une direction parallèle, éloignez le conducteur A, et après cela le disque C. Faites toucher aussitôt les boules du double pendule par le disque B et vous verrez ces boules s'éloigner très considérablement; Elles ne montreront par contre presque aucune divergence, lorsqu'on les fait toucher le conducteur A après cette opération. Ainsi l'électricité de A s'est concentrée presque en entier sur le disque B.

Mde. de L. Mais comment cela s'est-il fait?

Mr. de P. Par l'acte de la distribution; car le disque B étant d'abord électrisé au même degré que le conducteur A, s'est trouvé ensuite vis-à-vis d'un disque C qui communiquoit par la main de l'expérimentateur à la terre. Si nous avions + E sur le conducteur et le disque B, l'électricité négative de C attiroit la + E du conducteur et la rendoit inactive, tandis que sa propre + E se perdoit dans la terre. Le disque B pouvoit donc se charger de beaucoup d'E sans que cette E fut plus sensible que celle qui étoit sur A. En effet, tant qu'on retenoit le disque C près de B, le double pendule n'indiquoit que le même et foible degré d'E qui se trouvoit sur A, même après que le conducteur a été éloigné. Cette électricité, qui paroit inactive, se nomme *électricité dissimulée.*

Me. de L. Voilà un jeu bien subtil!

Mr. de P. Certainement, mais aussi bien utile. Nous en userons souvent à l'avenir. Imaginez à présent que l'on puisse fixer le disque C à la place désignée

fort près du disque B; Comme l'E qui se trouve accumulée sur B est dissimulée et ne rayonne que faiblement, il est clair qu'il s'en perdra peu par l'action de l'air et du support isolateur; et cette expérience nous apprend à fixer l'E sur un corps conducteur pour beaucoup plus longtems que sur un conducteur ordinaire dont l'E n'est pas en distribution.

Mr. de V. Au risque de passer pour avoir une prédilection pour les corps isolateurs, permettez moi de réitérer ma prière en leur faveur et de vous demander comment ils se comportent lors qu'on les soumet à ces expériences.

Mr. de P. Cette prédilection seroit bien permise, puis que c'est originairement à eux que nous devons toute électricité par frottement et que les conducteurs ne sont snsceptibles d'acquérir de l'électricité qu'entant qu'ils sont supportés par des isolateurs.

Si l'on employe un isolateur électrisé, au lieu du conducteur électrisé, dans les expériences sur la distribution, il fait un effet semblable; et vous concevez que cela doit être, puisque le corps électrisé ne perd, et ne donne rien de son E. Si par contre vous mettez à la place de notre conducteur non électrisé B (fig. 13) un isolateur de même forme, il faudra l'approcher beaucoup plus près du conducteur électrisé A pour obtenir des effets sensibles, et ces effets seront les mêmes et seulement renforcés, si on l'en approche jusqu'au contact. Mais ils seront très différents de ceux que nous avons eus. Car l'électricité, se communiquant aubout R, n'est pas conduite jusqu'au bout V mais se restreint à un champ bien plus court, par ce qu'elle se trouve isolée

par la matière même du cylindre. Cette E fixée au bout R agit sur l'E naturelle des parties voisines par distribution et attire l'électricité contraire, comme si l'isolateur étoit composé deux conducteurs fort courts et séparés par une couche d'air. Supposant donc que le conducteur A ait + E, et qu'il touche l'isolateur B, il communiquera + E au bout R, et à une certaine distance, en o, il fera prédominer — E; et comme de + E à — E il faut passer par zéro, il se trouvera un point entre R et o où l'E est nulle. L'E négative prédominante en o fera par la même raison prédominer + E en p, et cette + E en p fera prédominer — E en q, et ainsi de suite, de sorte que tout l'isolateur se trouvera partagé en zones chargées alternativement de + E et — E, entre chacune des quelles se trouvera un cercle qui aura zéro.

Me. de L. Cela est singulier!

Mr. de P. Ce phénomène peut être rendu visible d'une manière très agréable. Soit AB (fig. 15) un disque de gomme laque. Touchez son milieu avec une boule de métal fixée à un manche isolatoire à qui l'on a donné + E; puis saupoudrez ce disque avec une fine poudre de résine enfermée dans un linge de toile ni trop grossière ni trop fine; puis soufflez sur le disque et vous verrez avec étonnement qu'une partie de cette poudre disparoit et que le reste forme une étoile charmante composée de mille rayons qui s'étendent autour du cercle en lignes droites et courbes, en rameaux infiniment déliés et dessinés avec la plus grande délicatesse sur le fond brun de la gomme laque. Mon crayon ne peut imiter que grossièrement ces charmants desseins. Si vous employez une bouteille de Leyde faiblement

chargée (instrument que j'aurai l'honneur de vous décrire encore aujourd'hui) vous pourrez dessiner avec son bouton telle figure que vous voudrez sur le disque isolateur, et chaque point de cette figure, saupoudrée de résine, vous offrira les mêmes rayons, les mêmes rameaux. On peut modifier ce joli et intéressant phénomène de cent manières différentes. On le nomme *figures de Lichtenberg* du nom d'un Professeur de Göttingen très estimé comme Physicien et très célèbre par la finesse de son esprit.

Nous avons employé + E. Mais si nous employons — E alors les figures prennent un autre caractère. Soit AB (fig. 16) un autre disque électrisé négativement à son centre. Voilà la figure que prendra la poudre de résine qui, comme vous voyez, est essentiellement différente de la première. Aussi nomme-t-on les figures produites ainsi par + E positives et celles produites par — E négatives.

Pour expliquer la formation de ces figures il faut considérer que la poudre de résine, en passant par les petits trous de la toile, s'électrise négativement. Elle doit donc s'attacher aux points qui ont + E et être repoussée des points qui ont — E. Ainsi ces figures offrent a l'oeil non seulement la marche qu'a prise chacune des E qu'on a communiquée au disque de gomme laque, mais aussi son action sur l'électricité naturelle de ce disque par distribution ou séparation. Pour vous faire sentir la vérité de cette explication il suffit de renverser l'expérience, de saupoudrer le disque dans son état naturel et ensuite d'appliquer l'électricité. Au moment où l'on touche le disque avec la boule électrisée,

la poudre de résine se disperse en partie et l'autre partie qui reste, forme une figure du genre de la précédente.

Ces figures au reste nous prouvent que — E se répand sur une surface de résine autrement que + E ; ce qui constitue un nouveau caractère qui distingue les deux électricités l'une de l'autre.

Me. de L. Ces figures m'enchantent et il me semble qu'elles n'ont pu être inventées que par un homme de beaucoup d'esprit, comme Lichtenberg.

Mr. de P. Vous avez vu, madame, comment les phénomènes de la séparation des deux électricités et ceux de l'électricité dissimulée s'opèrent par un corps électrisé. Que direz-vous si je vous annonce que la chaleur seule est capable de produire dans quelques corps des phénomènes analognes ?

Me. de L. Que les phénomènes électriques sont un cercle magique où tout étonne, tout surprend et que l'Auteur de la Nature nous offre partout des merveilles et nous en cache sûrement encore bien plus que nous n'en avons découvertes.

Mr. de P. Vous avez bien raison, madame, et nommément dans ce cas ; car les phénomènes en question sont proprement encore une énigme pour nous ; nous les voions sans les comprendre. La tourmaline nous les offre. C'est un cristal composé d'alumine, de silice, d'un peu de chaux et d'oxide de fer. C'est ordinairement un prisme à 9 faces, termiué à ses deux bouts par deux sommets dont l'un a trois côtés et l'autre six. Ce cristal n'est transparent que dans un sens, dans les directions parallèles à son axe ; perpendiculairement à l'axe il est opaque, même lorsqu'il est très mince.

Enfin il range dans la classe des corps idioélectriques comme le verre; car le frottement lui donne + E. Je crois avoir déja dit qu'il étoit probablement connu des Anciens sous le nom de Lynkurer.

Si l'on chauffe la tourmaline d'environ 20 degrés R au dessus de sa température ordinaire, ses extrémités deviennent déja électriques, celle qui a trois faces est positive, celle qui en a six est négative. Ces électricités augmentent de force avec la chaleur jusqu'à celle de l'eau bouillante, qui donne le maximum d'électricité que la tourmaline peut obtenir. Entre ces deux extrémités du cristal les E diminuent de force et il est un point vers le milieu où elles sont a zéro.

Quand la tourmaline se réfroidit, ses phénomènes électriques deviennant inverses. Le bout, qui pendant l'augmentation de chaleur étoit positif, devient négatif pendant le réfroidissement et le négatif positif.

Si l'on chauffe la tourmaline sur un fer chaud ou sur des charbons ardents à une plus haute température que celle de l'eau bouillante, alors les phénomènes électriques diminuent, deviennent enfin nuls; et si l'on continue d'augmenter la chaleur, ils reparoissent, mais inverses de ce qu'ils étoient avant d'avoir atteint la température de l'eau bouillante. Le réfroidissement retourne de nouveau les électricités. Quelques Physicieus prétendent que ces phénomènes n'ont lieu que par ce que la tourmaline se trouve inégalement chauffée par le fer chaud ou les charbons ardents, et que, lorsqu'on chauffe ce cristal dans un fluide qui lui donne partout une température égale, cette inversion du phénomène n'a plus lieu. Cependant je ne sais pas qu'on ait chauffé

la tourmaline dans de l'huile ou du mercure pour observer ces effets.

Lorsqu'on échauffe la tourmaline par un seul de ses bouts, ce bout seul prend l'électricité analogue, l'autre pas.

La tourmaline chauffée luit à ses extrémités quand on la porte dans l'obscurité. Canton en a tiré même de foibles étincelles.

Lorsqu'on chauffe la tourmaline jusqu'à un commencement de fusion, elle cesse d'offrir ces phénomènes; ce n'est plus qu'un morceau de verre.

Lorsqu'on la chauffe fortement et qu'on la plonge subitement dans l'eau, il se forme quantité de fissures et le cristal a perdu sa vertu,

La tourmaline, rompue perpendiculairement à son axe, fournit deux nouvelles tourmalines dont chacune a les mêmes propriétés électriques que l'entière.

Ce cristal offre encore plusieurs phénomènes de ce genre, dont le détail au reste ne pourroit qne fatiguer madame de L. J'ajouterai seulement que ce n'est pas la tourmaline seule, sur la quelle la chaleur dégage les deux E, mais que nommément le topaze et le smaragd du Bresil offrent les mêmes phénomènes. Le célèbre Haüy a trouvé que ces propriétés n'appartiennent qu'aux cristaux dont les extrémités ne sont pas symmétriques. Au reste il ne faut pas croire que ces extrémités doivent avoir un certain nombre de faces ou des sommets de telle ou telle figure pour produire ces phénomènes, ce qui se prouve par la tourmaline cassée.

Tout ce que nous pouvons conclure pour le moment de ces expériences, c'est que ce ne sont pas certains degrés de chaleur, mais l'échauffement ou le ré-

froidissement, l'augmentation ou la diminution de la chaleur, qui opèrent ces phénomènes, qui dépendent en outre d'un certain mode de cristallisation.

Me. de L. Ah! monsieur de P. Quand en saurons-nous davantage sur la cristallisation?

Mr. de P. Ce soupir, madame, est bien juste. Mais je ne puis guères vous donner d'espérance pour ce bas monde. Les Physiciens semblent avoir oublié qu'il y a des lois de la cristallisation. Personne ne s'en occupe. Pour diminuer ou peut-être augmenter ces regrets j'ai l'honneur de vous offrir un nouveau phénomène électrique comme produit de la cristallisation. Lorsqu'on fond du soufre dans une petite jatte de métal et qu'on le laisse refroidir sur un isolateur, le soufre cristallisé a l'électricité positive. Si le refroidissement se fait sur une table ordinaire, le métal perd son E, mais le soufre conserve la sienne.

Me. de L. Me voila bien consolée! C'est un fait de plus pour l'explication du quel vous me renvoyez à l'autre monde.

Mr. de P. Eh bien! Restons dans celui-ci et retournons aux applications que l'on a faites de la séparation des électricités naturelles; nous nous retrouverons en pays de connoissance. Prenons deux disques de métal comme ceux que nous avons eus tout-à l'heure, et au lieu de les séparer par une couche d'air, interposons un disque de verre entre deux, d'un diamètre plus grand que celui des plaques. Voilà (fig. 17) l'appareil disposé; A A est le disque de verre, B et C sont les disques de métal, chacun muni d'une fil de laiton terminé par une boule b et c égale-

ment de métal. Le manche de B et le support de C sont des isolateurs. Vous voyez que le verre étant un bon isolateur, l'E que l'on donnera à l'un des disques de métal ne pourra se communiquer à l'autre qu'en filant le long des surfaces du verre, c. à d. en faisant un long chemin sur ces surfaces, ce qui n'a lieu que lorsqu'on donne de fortes charges. Mais si l'E ne peut se communiquer directement d'un disque à l'autre au travers du verre, elle pourra cependant agir par distribution, la plaque de verre n'ayant qu'une ligne ou une ligne et demie d'épaisseur. Cette plaque fera donc l'effet d'une couche d'air de 2 a 3 pouces et nous aurons les mêmes phénomènes que les grands conducteurs (fig. 13) et les deux disques (fig. 14) nous ont offerts. En effet donnez une des deux électricités, par ex: — E, au disque inférieur C, pendant que vous touchez le supérieur B avec le doigt. Après cette opération saisissez le disque B par son manche isolatoire et enlevez le de dessus la plaque de verre. Vous y trouverez une quantité considérable de + E, et le disque C aura autant de — E, c. à. d. beaucoup plus qu'il n'auroit pu en recevoir s'il avoit été à nud.

Pour vous assurer de cette grande quantité d'E dissimulée qui s'acumule, refaites l'expérience de la même manière, et tandis que vous touchez encore le plateau B, faites approcher lentement le doigt d'une autre personne de la petite boule c; vous verrez qu'il en partira un grand nombre d'étincelles, les premières très fortes, les autres moins, à raison de la moindre distance à la quelle il faudra approcher le doigt pour tirer l'étincelle. Il en sera de même si après la charge vous touchez le

disque B et faites approcher le doigt d'une autre personne de la petite boule b.

Renouvelons l'expérience et supposons l'appareil chargé et abandonné à lui-même. Touchez à présent le bouton c ou b avec le doigt et approchez un doigt de l'autre main de l'autre bouton. Il en partira à l'instant une étincelle très énergique et bruyante et vous éprouverez jusqu'aux épaules une vive commotion. Comme ces commotions sont douloureuses, on se sert d'un instrument particulier nommé *excitateur* pour opérer ces décharges. Il est composé de deux arcs métalliques ac et bc (fig. 18) terminés par de petites boules de métal et joints à charnière serrée l'un avec l'autre et avec la virole d mastiquée sur un manche de verre e. Au reste le manche de verre n'est pas même nécessaire. On fait souvent ces décharges avec un arc de métal tout simple comme a c b qu'on saisit à son milieu c. Cette décharge est la réunion instantanée des deux E et concentrées, l'une sur C, l'autre sur B; et cette réunion se fait par le plus court chemin, le long de l'arc conducteur, sans que la main en reçoive la moindre commotion.

Voulez-vous vous bien persuader que cette décharge n'est que la réunion des deux E dissimulées, chargez en même tems le disque B de + E est le disque C de —E, sans toucher avec la main ni l'un ni l'autre; puis déchargez l'appareil avec l'excitateur ou avec les deux mains et vous aurez le même effet qu'auparavent.

Cette décharge si énergique de notre appareil, presque insupportable lorsqu'on employe des disques de 12 pouces de diamètre, à la quelle aucune des étincelles électriques tirées de la machine électrique la plus forte

ne peut être comparée, est le phénomène le plus frappant de l'électricité.

Mr. de G. Si c'est une décharge semblable à celle de la bouteille de Leyde, je puis témoigner qu'elle est horriblement forte; car j'y ai été attrapé dans me jeunesse par un marchand d'instruiens de Physique qui m'a voulu apparemment donner une idée des effets de ses appareils, ou punir ma curiosité.

Mr. de P. Patience, mon ami; nous allons arriver à cette horrible bouteille. Les effets que nous avons eus tout-à-l'heure ont également lieu lorsque, à la place des disques de métal, on employe tout simplement des minces feuilles d'étain qu'on colle de chaque côté de la plaque de verre.

Me. de L. Cela doit être, puisque l'électricité ne réside que sur les surfaces des corps conducteurs et que l'épaisseur du métal ne fait rien à la chose.

Mr. de P. Eh bien! Prenons un bocal de verre acdf (fig. 9) avec une ouverture étroite sur la quelle on met un couvercle de bois bien sec et vernis qu'on y fait entrer avec force, en sorte qu'il ne s'ôte pas facilement. Recouvrons à l'extérieur et à l'intérieur ce bocal de feuilles d'étain, qu'on colle avec de l'eau de gomme très épaisse jusqu'a la hauheur be. Faisons passer au travers de du couvercle un gros fil de laiton hi terminé á l'extérieur par une petite boule h du même métal ou en forme de crochet g, et attachons à son extrémité inférieure i plusieurs fils de laiton qui touchent la surface intérieure d'étain; et voila la fameuse bouteille de Leyde toute préparée, c. a. d. l'appareil pour la commotion (fig. 17) avec les feuilles d'étain et en forme de

bocal ou de bouteille. Pour en faire usage il suffit de la prendre à la main, à la partie extérieure couverte de feuilles d'étain, et d'approcher le bouton ou le crochet du conducteur d'une machine électrique mise en activité. La face intérieure se charge de l'électricité que le conducteur recoit, qui devient électricité dissimulée et s'accumule, par ce que la face extérieure est mise par la main en communication avec la terre.

On attribue l'invention de la bouteille de Leyde à différents Physiciens. Mais il est prouvé qu'elle appartient en Prélat Kleist, Doyen du chapitre de Camin en Poméranie, qui fit l'expérience de la commotion le 11. octobre 1745. Ce n'est qu'en 1746 que les Physiciens de Leyde, Muschenbrook et Cunaeus la répétèrent. Muschenbrock en fut tellement affecté qu'il écrivit à Réaumur qu'il venoit de faire une expérience à la quelle il ne voudroit pas s'exposer une seconde fois pour la couronne de France.

Cette expérience, qui donna un nouvel essort au zèle des Physiciens pour l'Electricité, fut faite originairement pour fixer l'électricité dans une bouteille fermée, dont on électrisoit l'intérieur par un fil de fer placé dans le goulot. Le verre seul se chargeoit de cette électricité et la main de l'expérimentateur remplaçoit pour le moment la feuille de métal collée à l'extérieur. Ce qui prouve que l'électricité s'accumule non sur la feuille intérieure d'étain mais sur la surface même du verre : ce qu'on peut prouver d'ailleurs par d'autres expériences faciles a faire. Car, si après avoir électrisé le disque C (fig. 17), enlevé et déchargé le disque B, on

remet le même disque B sur la plaque de verre, il se charge de nouveau. De même si on enlève le disque de verre avec le disque B et si l'on décharge le disque C, il se chargera de nouveau si l'on replace le disque de verre et le disque B sur lui.

Kleist a varié son expérience en versant de l'eau ou du mercure dans sa bouteille, et effectué la décharge et la commotion spontanée en accumulant l'E trop fortement dans l'intérieur. Nollet a trouvé qu'une bouteille vide d'air produit une plus forte commotion qu'une bouteille pleine d'air, et ce n'est que nombre d'années après la première invention que l'on à donné à la bouteille de Kleist la forme qu'elle a aujourd'hui.

Mr. de R. Je conçois par me propre expérience que cette horrible commotion ait excité l'attention des Physiciens et que la bouteille de Leyde ou de Kleist soit devenue si célèbre.

Mr. de P. Cette découverte mérite sa célébrité par un autre raison encore. C'est elle qui nous a ammenés petit à petit à la théorie de la distribution des électricités naturelles et de l'électricité dissimulée; c'est elle à qui proprement nous devons tout ce que j'ai eu l'honneur de vous dire snr ce chapitre important, et qui a frayé la route à de nouvelles découvertes. Enfin c'est la bouteille de Leyde qui a jetté le premier pont entre la Chimie et l'Electricité par les effets chimiques qu'elle opère.

Les effets de la bouteille de Leyde sont en proportion de ses surfaces recouvertes de feuilles d'étain; et si la commotion d'une bouteille bien chargée, d'un demi pied carré de surface extérieure ou intérieure, est

presque insupportable, quels effets ne doit-on pas attendre d'une bouteille de 4 pieds carrés de surface armée! Ces effets augmentent dans la même proportion lorsqu'on réunit plusieurs bouteilles dans une caisse dont le fond, également couvert de feuilles d'étain, forme une communication entre les surfaces extérieures, et des fils de laiton d'un bouton à l'autre entre les surfaces intérieures. De pareils assemblages de 4, 9, 16, 25 bouteilles de Kleist se nomment *batteries électriques*. Leur décharge mettroit la vie d'un homme en danger, ou causeroit au moins une paralysie si elle ne se faisoit par l'excitateur. On réunit souvent plusieurs petites batteries en une seule dont la décharge se fait avec un éclat de lumière et de bruit qui égale presque celui d'un pistolet.

La bouteille de Leyde, placée sur un isolateur et dont le crochet communique avec un conducteur électrisé, ne se charge que comme un simple conducteur; l'électricité ne s'y accumule pas, parce que la surface extérieure ne peut pas renvoyer dans le sol l'électricité qui tend à s'en échapper ou en ammener l'opposée; et si cependant il s'est rassemblé quelque électricité simulée, ce n'est que parce que le contact de l'air fait à un très petit degré l'effet du sol.

Mais si l'on donne en même tems à la surface extérieure l'électricité contraire, alors la bouteille isolée se charge parfaitement, et si l'on outrepasse les degrés de la charge, il se fait une décharge spontanée et violente le long de la surface du verre non armée ou bien autravers de la masse du verre même, et dans ce dernier cas la bouteille se fend et ne peut plus servir, par

ce que la fente fait l'effet de conducteur entre la face intérieure et extérieure.

Mde. de L. Comment une crevasse peut-elle faire l'effet d'un conducteur?

Mr. de P. Par ce que, quelque étroite que soit la crévasse elle se remplit d'air, dont une couche d'une ou deux lignes n'isole que de très foibles degrés d'électricité, et que les bords de cette crévasse étant de règle tranchants, l'E qu'on veut accumuler dans l'intérieur s'y porte avec avidité, comme nous l'avons vu pour les pointes. Les décharges spontanées ont également lieu lorsqu'on ne charge directemeut, mais à l'excès, que l'intérieur de la bouteille de Kleist et qu'on fait communiquer la surface extérieure avec le sol.

La bouteille de Leyde sert au Physicien comme de réservoir d'E pour quantité d'expériences. C'est avec elle, par ex: qu'on dessine les jolies figures de Lichtenberg sur des gâteaux de résine. Elle offre même l'avantage de fournir les deux E, quoiqu'elle ne soit chargée que de l'une. Supposons que nous ayons chargé l'intérieur de + E; placons la bouteille debout sur un corps isolateur ou sur un conducteur isolé, puis tirons des étincelles du bouton sans toucher la face extérieure et enlevons la bouteille entière par le bouton on crochet; alors la surface, sur la quelle elle se trouvoit, sera chargée de — E. Cela s'explique facilement par les principes de la distribution.

Soixante treizième entretien.

Mr. *de P.* Veuillez, madame, commencer cette soirée par une petite confession, mais bien sincère, que je vous prie de me faire.

Mde. de L. Une confession! Depuis quand êtes-vous en possession du droit de faire le confesseur auprès des dames?

Mr. de P. Vous êtes douée, madame, d'une franchise si aimable que je ne puis douter que vous ne veuillez vous rendre à mon voeu.

Mde. de L. Faut-il me confesser, dites moi du moins de quel genre de péché.

Mr. de P. Je vous ai décrit, madame, dans nos deux soirées précédentes tant d'instrumens d'électricité que je n'ose presque hazarder celle-ci où je ne vous parlerai également que d'instrumens. Aurez-vous la patience de m'écouter?

Mde. de L. Je vous confesse tout franchement que cette question me fait croire que vous êtes devenu méchant. Vous voulez me punir d'avoir été une fois un peu fatiguée de quelques appareils compliquées. Car vous savez parfaitement que ceux que vous nous

avez décrits hier et avant hier sont simples et faciles à comprendre, et qu'en outre leurs effets sont si brillants qu'ils feroient oublier toutes les difficultés.

Mr. de P. Je désire, madame, pour votre satisfaction que vous ayez lieu de croire à la méchanceté que vous me supposez si gratuitement. Me permettez-vous de commencer ?

Mde. de L. Je vous en prie. J'ai même une espèce d'impatience de voir ces nouveaux appareils qui sûrement ne seront pas moins intéressants que les premiers.

Mr. de P. Prenons donc *l'électrophore*, instrument inventé par Volta pour conserver longtems l'électricité sur un corps donné, et qu'il avoit nommé par cette raison *Elettroforo perpetuo*. En voici le dessein. CC (fig. 20) est une surface circulaire de bois entourrée d'un rebord DD également en bois. La surface supérieure et le rebord sont couverts de feuille d'étain; cette surface métallique s'appelle *l'enveloppe*. On coule dans cette espèce de jatte très platte une couche de résine AA, ayant soin que sa surface soit bien unie, sans bulles d'air et sans gerçures. Cette couche de résine se nomme le *gâteau*. On forme le *plateau* B d'un cerceau de bois ou de fer, sur les bords inférieurs du quel on tend une toile bien également, que l'on recouvre, (de même que le cerceau s'il est en bois) de feuilles d'étain, et on y attache trois cordons de soye ac, dc, bc qui servent d'isolateur pour manier le plateau.

Pour opérer avec cet instrument on enlève le plateau et on frotte le gâteau avec une peau de chat, ou bien on la fouette avec une queue de renard; ce qui

lui donne — E. Tout étant ainsi préparé, établissez une communication entre l'enveloppe et le sol, et vous pourrez faire les expériences suivantes:

Placez le plateau au moyen des cordons isolatoires bien parallèlement sur le gâteau. Si vous éprouvez son E, vous trouverez — E. Enlevez le à présent de même manière par les cordons isolants. Ce plateau ne sera plus électrisé; il n'aura pas soustrait d'E au gâteau, à moins qu'il n'y ait séjourné quelque tems. Ce qui prouve que la résine retient son E assez fortement pour n'en pas céder à ce conducteur.

Replacez le plateau de même manière sur le gâteau et touchez le (le plateau) avec le doigt. Avant l'attouchement et à une certaine proximité vous verrez et sentirez une forte étincelle qui sera suivie de plusieurs autres comme si c'étoit le crochet de la bouteille de Leyde. Si maintenant vous éprouvez l'E du plateau, vous la trouverez nulle ou presque nulle. Aprésent enlevez le au moyen des cordons isolateurs, et vous pourrez en tirer une forte étincelle avec le doigt ou tout autre conducteur, et celle électricité est + E, ... Je vois notre jeune ami, qui pétille d'expliquer ce phénomène.

Le jeune de L. Si je le pouvois. Je crois que c'est un phénomène de distributiou; mais je ne vois pas la couche d'air ou la plaque de verre qui empèche la communication.

Mr. de P. L'une et l'autre ne sont nécessaires dans nos expériences précédentes que parceque la surface électrisée est un conducteur qui abandonne son électricité à tout autre corps, avec le quel on le met en contact. Il ne faut qu'empècher ce passage. Ici nous

avons un corps idio-électrique qui, comme le prouve notre première expérience de ce genre, ne cède rien de son E au meilleur conducteur. Ainsi nous avons le même effet par une autre cause.

Le jeune de L. Si cela est, nous dirons que la — E du gâteau sépare les deux E du plateau, repousse son électricité négative, qui s'enfuit dans le sol par le canal du doigt, tandis que la positive reste, comme électricité dissimulée, qui devient libre dès que le plateau quitte le gâteau, celui-ci ne permettant pas que sa négative se combine avec elle.

Mr. de P. Fort bien; mais allons plus loin. Je suppose que le plateau a été déchargé et qu'il est dans son état naturel. Nous le plaçons sur le gâteau sans le toucher. Aprésent touchez le d'une main et de l'autre l'enveloppe; vous recevez une forte commotion.

Mr. de R. C'est comme une bouteille de Leyde!

Mr. de P. Pourquoi vous en étonner? Nous avons ici les mêmes conditions que pour l'expérience de Kleist. Le plateau B fait l'office de l'armature intérieure, le gâteau celui du verre de la bouteille et l'enveloppe est l'armature extérieure qui communique avec le sol.

Mr. de R. Cela est vrai et très simple.

Mr. de P. Enlevons à présent le plateau par les cordons isolants. Nous trouverons qu'il a précisément autant de + E qu'il en avoit dans notre seconde expérience après avoir été touché, et cela a lieu par ce que, lors même qu'on a fait la décharge au moyen de l'excitateur, il s'est trouvé un instant en communication avec la terre par l'enveloppe.

Mr. de R. Mais cela n'a pas lieu avec la bouteille de Kleist; lorsqu'elle a fourni la commotion elle est complettement déchargée; l'intérieur n'a plus d'E.

Mr. de P. Anssi la bouteille de Kleist n'est-elle chargée qu'une fois pour toutes, tandis que l'électricité négative du plateau est toujours là, ne se perd pas et recharge toujours le plateau aussi souvent qu'on le décharge; et c'est précisément cela qui a donné à cet instrument le nom d'électrophore perpétuel. L'expérience a appris que, quand l'électrophore est dans un air toujours très sec, il donne des signes d'E pendant plusieurs semaines.

Si vous avez été étonné de voir l'effet de la bouteille de Leyde opérée par l'électrophore, vous le serez bien davantage par les phénomènes suivants: Nous supposons que l'électrophore n'ait pas été frotté depuis longtems et qu'il n'ait aucune électricité sensible. Nous l'isolons sur un bon isolateur, éloignons toute communication avec le sol et mettons l'enveloppe en communication avec un pendule électrique E à deux boules. Voyez la figure.

Aprésent nous frottons le gâteau pour lui donner — E. Aussi tôt nous voyons diverger les boules de sureau et indiquer l'électricité négative. Nous plaçons le plateau sur le gâteau au moyen des cordons isolants et nous l'enlevons de même. Rien ne se change à l'E de l'enveloppe; c'est toujours — E et de même force, et le plateau enlevé n'est point chargé.

Replacez le plateau sur le gâteau au moyen des cordons isolants et établissez une communication entre le plateau et le gâteau par l'excitateur. Vous verrez une

forte étincelle et si, aulieu de l'excitateur, vous employez les deux mains, vous ressentirez une commotion. C'est de nouveau l'expérience de Leyde.

Le Comte C. J'avoue que cette expérience là est pour moi une énigme; car, comme l'appareil est isolé, je ne conçois pas d'où vient ici l'électricité dissimulée que la bouteille de Leyde tire de la terre.

Mr. de P. Dans les expériences précédentes nous n'avons considéré l'électricité négative du gâteau que comme agissant sur le plateau. Mais elle agit aussi par distribution sur l'enveloppe, la couche de résine faisant l'effet d'une plaque de verre. Ainsi l'électrophore nous offre proprement deux bouteilles de Kleist, dont l'une est composée de la surface résineuse supérieure et du plateau, l'autre de la couche résineuse et de l'enveloppe et l'électricité négative de la surface supérieure du plateau partage son influence entre le plateau et l'enveloppe, mais inégalement, par ce que les influences électriques se font plus difficilement à travers un isolateur qu'à travers un conducteur. Aussi les commotions et les étincelles que produit cette expérience sont beaucoup plus faibles que celles que produit une bouteille de Leyde dont l'armature auroit la même surface que le plateau. Il y a plus: Outre les petites protubérences et gerçures du gâteau (qu'on ne peut jamais éviter tout-à-fait) et le contact de l'air sur le plateau, nous devons supposer que l'influence de l'E sur l'enveloppe au travers de la couche de résine est plus foible, s'établit plus difficilement que la même influence sur le plateau, et est par conséquent plus facilement détruite.

Avec ces données nous expliquerons sans peine le phénomène de la commotion lorsque l'enveloppe est isolée. Le plateau et l'enveloppe ont en même tems — E. Lorsque vous les mettez en communication par l'excitateur, alors celle du plateau repousse celle de l'enveloppe vers le haut, et non seulement celle-là, mais aussi une partie de la — E naturelle de l'enveloppe. L'électricité positive de l'enveloppe, qui auparavant étoit combinée, devient libre et se réunit à l'instant à — E du plateau, et cette réunion produit l'étincelle et la commotion, uniquement en vertu de la différence du pouvoir d'influence; et voilà pourquoi l'une et l'autre sont si foibles.

Voulez-vous vous assurer que cette difficulté d'influence au travers du gâteau a lieu, faites l'expérience suivante: Nous supposons l'appareil dans l'état précédent, le pendule en communication avec l'enveloppe, et le gâteau frotté récemment. Placez le plateau sur le gâteau et touchez le plateau par le doigt; il partira une étincelle très vive et vous voyez les boules de pendule, qui avoient — E, s'approcher lentement l'une de l'autre, se toucher et ensuite s'éloigner de nouveau; et si vous examinez àprésent l'électricité des boules vous trouverez qu'elle ont, et par conséquant aussi l'enveloppe + E.

Cette lenteur, qui n'a nullement lieu lorsqu'on n'a à faire qu'à des corps conducteurs, prouve la difficulté qu'éprouve l'E à agir par influence autravers des isolateurs; et le changement d'électricité sur l'enveloppe prouve que lorsqu'on enlève — E du plateau, l'enveloppe se charge de + E. Enfin, si après avoir touché

le plateau vous établissez une communication entre lui et l'enveloppe, vous aurez de nouveau l'étincelle et la commotion, parceque le plateau se recharge de nouveau de — E à l'instant où il peut la décharger sur une portion de + E. Si après avoir excité la commotion vous enlevez le plateau par les cordons, il se trouvera chargé de + E et l'enveloppe de — E.

Mde. de L. Nous donnerez-vous, monsieur de P., encore beaucoup d'énigmes pareilles à deviner? Ma pauvre tête ne peut plus contenir votre électrophore et ses phénomènes si compliqués.

Mr. de P. J'en avois, madame, un petit pressentiment, et voilà pourquoi je voulois d'avance obtenir votre aveu pour vous présenter cet appareil électrique et d'autres dont l'étude est plus difficile que celle de ceux que nous avons eus précédement. Je pourrois ajouter à ce que nous venons de voir, concernant l'électrophore, plusieurs autres phénomènes qui ammèneroient des discussions tout aussi difficiles. Mais je veux m'en tenir à un seul qui est intéressant et facile à comprendre.

Vous avez vu que toutes les opérations faites avec l'électrophore chargent le plateau de + E, dont on peut se servir pour différentes expériences. Eh bien! Le même appareil, mais double, peut servir à charger le plateau de — E. Cet électrophore ovale AB (fig. 21) que je dessine, peut servir à cet effet. Soit a b le plateau pour la partie A qu'on a frottée avec la peau de chat. Soit d c un disque de ferblanc avec un rebord et sous le quel on a soudé d'étroites bandes du même métal qui toutes (de même que le rebord de ce disque) touchent la surface de résine non frottée du côté B.

L'enveloppe commune est en communication avec le sol. On touche le plateau ab, on l'enlève et on décharge son électricité positive sur le disque dc. Cette + E se communique à la surface de la résine qui se trouve par là chargée de + E. On renouvelle cette charge jusqu'à ce que la résine ne prenne plus d'E. Alors on enlève le disque par son manche isolant et on place le plateau ab à sa place. On touche le platean et l'enlève et il se trouve par là chargé de — E. Voulez-vous avoir une plus forte charge de l'une ou de l'autre E, placez le disque dc du côté A et chargez la résine avec le plateau à plusieurs reprises. Vous y augmenterez parlà la charge de — E. qui à son tour chargera le plateau de + E d'autant plus fortement. En répétant cette opération plusieurs fois vous pourrez tirer du plateau de très fortes étincelles de + E et de — E. Cette idée est due à Lichtenberg.

Mr. de G. Vous nous régalez, mon cher, de la description de tant d'appareils très curieux et à ce que j'imagine, très utiles. Mais n'oubliez-vous pas le plus utile de tous, la machine électrique?

Mr. de P. Je ne l'ai sûrement pas oubliée. Mais pour vous en donner une description qui rendit compte de sa construction et de ses effets, il falloit livrer auparavant les principes que nous avons eus.

A présent que vous les connoissez et que je sais que vous avez tous vu des machines électriques, il me semble presque inutile de vous donner cette description.

Mde. de L. Ainsi vous ne voulez pas nous décrire ce qu'il nous sera facile de comprendre! Avouez que cela est un peu injuste.

Mr. de P. Eh bien, madame, pour ne pas mériter plus longtems ce reproche, je vais vous décrire la machine électrique, sans au reste trop savoir la quelle; car la forme et la construction de ces appareils a beaucoup varié.

L'inventeur de la pompe pneumatique est celui de la première machine électrique. Le corps frotté étoit une sphère de soufre fixée sur un axe et tonrnée par une manivelle. Le frottoir étoit la main. L'électricité qu'il obtenoit la négative.

Mr. de L. Ce bourguemaitre de Magdebourg avoit, à ce qu'il paroit, le secret des inventions. Nous lui devons la pompe pneumatique, le manomètre et la machine électrique. Y a-t-il aujourd'hui encore de ces bourguemaitres?

Mr. de P. Cette espèce paroit avoir disparu de la face de la terre, au moins pour la Physique.

L'Anglois Hauksbée substitua une sphère creuse de verre à celle de soufre et la faisoit tourner par le moyen d'une roue et d'une corde sans fin, pour lui donner plus de vîtesse. Ce mécanisme a été longtems en usage. On y a substitué des cylindres de verre pour avoir une plus grande surface à frotter. Winkler, professeur à Leipzig, substitua à la main les frottoirs proprement dits, pressés par un ressort contre la surface frottée, invention qui a donné à ces machines la plus grande perfection.

Aujourd'hui le corps frotté est un plateau de verre serré légèrement par deux coussins entre les quels on le fait tourner au moyen d'une manivelle. On attribue, je pense avec raison, cette invention au célèbre Ingenhousz. Originairement on fixoit le plateau de verre

sur un axe qui le traversoit. Cet axe reposoit sur deux supports en bois fixés verticalement sur une planche solide. On plaçoit à un bout de l'axe une manivelle pour faire tourner le plateau. A gauche étoient deux coussins ou frottoirs au niveau de l'axe et de chaque côté du plateau. On les serroit à volonté par des ressorts ou des vis. Ces coussins étoient fixés sur un support vertical de verre vernissé, pour les isoler. On pouvoit au reste les mettre en communication avec le sol A droite se trouvoit le conducteur, cylindre creux de métal quatre à cinq fois aussi long que son diamètre, également fixé sur un support de verre. Le bout qui étoit le plus proche du plateau étoit muni de deux cylindres de métal bien plus petits que le conducteur, qui embrassoient le plateau à la même profondeur que les coussins, c. à. d. à environ la moitié du rayon du plateau. En tournant le plateau il prend entre les coussins l'électricité positive et la porte, du côté opposé, aux deux petits cylindres du conducteur qui la communiquent à celui-ci.

Et pour que cette E se perde moins en route on recouvroit le chemin des coussins au conducteur de chaque côté d'une bande circulaire de taffetas gommé. C'est ainsi qu'on fait encore les petites machines électriques, dont le disque a 15 à 16 ponces de diamètre. Pour les grandes de 30 pouces et plus, van Marum a donné une construction particulière que je vais avoir l'honneur de vous décrire. Mais prenons dabord le crayon. Voilà le profil de cette machine (fig. 22). Voici le plan de la même machine (fig. 23).

Commençons par la première de ces deux figures. aa est le plateau de verre, de 30 à 36 pouces de diamètre. aa est un fort axe de fer au bout du quel le plateau est fixé à vis. L'axe repose sur le chapiteau de la colonne S de bois vernissé, où il est dûment arrêté pour pouvoir être tourné en toute sureté par la manivelle uvx. La partie de l'axe entre le chapiteau et le plateau est recouverte d'un cylindre hih de bois bien sec et enduit d'une épaisse couche de résine pour arrêter l'E du plateau qui tend à se dissiper par le métal de cet axe. Comme le plateau est vissé à distance du chapiteau de la colonne S, on a fixé au bout opposé de l'axe une masse de plomb tt qui lui fait équilibre. Ainsi le plateau peut être mis en mouvement et se trouve libre, éloigné de tout corps qui pourroit lui enlever son E.

f est une boule creuse de métal qui avec l'arc demi circulaire bgb et les deux cylindres creux bd, bd fait le conducteur de la machine. Il est fixé sur une colonne de verre vernissée, qui a à son extremité supérieure et inférieure deux capes de bois bien sec et vernissé p et q, qui diminuent la dispersion de l'électricité. L'arc du conducteur est fixé à un axe eg qui traverse la boule f, et au moyen du quel on peut le tourner à volonté ensorte qu'on peut changer sa position verticale en une horizontale. Van Marum employe tout simplement les cylindres bd sans pointes pour enlever au plateau son E. D'autres Physiciens leur donnent quelques pointes du côté du plateau. Je n'ai pas trouvé de différence sensible dans l'effet.

Voilà notre machine prête à se tourner et à électriser le conducteur. Mais il faut auparavant que le

plateau le soit lui-même par les frottoirs. Notre seconde figure vous les offre en activité. ik, ik sont deux frottoirs qui embrassent le plateau; oe et oe sont deux bras de fer fixés à la boule applatie c et destinés à les presser contre le plateau. Pour cet effet ils sont joints à charnière en o et o à la boule c et en e et e aux frottoirs et une cheville de fer dh, terminée au bout d en vis, traverse les deux bras et les serre au moyen de l'écrou d à volonté. Cet appareil est placé à la hauteur de l'axe sur une colonne de verre verticale dont on voit la partie inférieure dans l'autre figure (fig. 22) en rr. Au côté opposé se trouve un second appareil semblable, en sorte que le plateau se trouve frotté par deux paires de frottoirs.

Mais vous savez que deux corps frottés l'un sur l'autre s'électrisent mutuellement en sorte que l'un a + E, ici le plateau, et l'autre — E, ici les frottoirs, et que si les deux E restoient en présence l'une de l'autre, elles se combineroient et le plateau ne conserveroit pas son électricité positive. Il faut donc enlever la — E des frottoirs; ce qui se fait par l'arc de métal egbe, dont les bouts touchent les frottoirs et dont le milieu a un collier bg qui entoure l'axe de manière que celui-ci se tourne sans enmener avec lui l'arc egbe. Mais comme le collier et l'axe se touchent, l'électricité des frottoirs passe à l'axe, au quel on attache un gros fil de fer ou une chaine qui touche le plancher; et comme ce conducteur n'est pas encore assez énergique, je fais placer sur l'axe la main gauche de l'homme qui tourne la manivelle avec la droite.

Mde. de L. Mais de quoi sont faits les frottoirs?

Mr. de P. Ce sont des coussinets, formés d'une petite planche de 2 à 3 pouces de largeur et de 7 à 8 pouces de longueur sur la quelle on met quelques bandes de flanelle d'un côté et qu'on recouvre d'un morceau de cuir. Le cuir seul peut déja servir de surface frottante; mais on augmente très considérablement l'effet en l'enduisant d'une très légère couche de graisse de porc, sur la quelle on saupoudre un amalgame composé de deux parties de mercure, une partie de Zink et une partie d'étain.

Cette machine est, comme vous voyez, très propre à fournir l'électricité positive sur le conducteur à la disposition de l'expérimentateur qui la soutire par la petite boule e (fig. 22). Mais elle est en outre en état de fournir — E en aussi grande abondance; il ne faut qu'enlever l'électricité positive, et pour cela il suffit de changer la position du conducteur et de l'arc egbe. Le conducteur étoit auparavant dans la position verticale, comme vous le voyez dans notre première figure; tournez le autour de son axe eg de sorte que ses deux cylindres bd, bd touch , t les frottoirs. L'arc étoit dans la position horizontale, comme vous le voyez dans la seconde figure, qui offre le plan de la machine; tournez le avec son collier bg en sorte qu'il prenne la position verticale. Alors vous aurez — E sur le conducteur qui est toujours isolé, et l'arc, qui est toujours en communication avec le sol, enlèvera au plateau son E positive.

Pour effectuer cet enlèvement de + E du plateau, l'arc est armé à chacun de ses bouts d'un cylindre de métal, comme le conducteur.

Mr. de R. Ce mécanisme est merveilleux!

Mr. de T. Je l'admire également; mais j'ai ouï, si je ne me trompe, qu'on se procure l'électricité négative également au moyen des machines ordinaires.

Mr. de P. Et très facilement si les frottoirs sont isolés. Comme pour se procurer + E sur le conducteur on met les frottoirs en communication avec le sol tandis que le conducteur est isolé, pour se procurer — E on ôte cette communication aux frottoirs et on la donne au conducteur.

Mde. de L. Cela est très simple et très facile.

Mr. de P. Assurément; mais comme la surface métallique des frottoirs est beaucoup moindre que celle du conducteur, les étincelles négatives sont beaucoup plus foibles. L'avantage de la machine de van Marum est d'ammener l'une et l'autre E sur le conducteur et par conséquent d'obtenir une — E aussi énergique que la + E.

Mr. de T. Mais cet avantage de cette belle machine n'est-il pas plus que compensé par le désavantage que le conducteur, lorsqu'il doit se charger de + E, n'enlève l'E du plateau que d'un côté, et que lorsqu'il doit se charger de — E, l'arc n'enlève la + E également que d'un côté? Il me semble que la machine de van Marum ressemble à cette administration foible et incertaine qui ne prend que des demie-mesures.

Mr. de P. Elle en a l'air assurément, mais c'est un jeu masqué. Jettez les yeux sur la première de nos figures. Le conducteur b d, se trouvant en présence du plateau, se charge d'abord de l'E positive qui se trouve sur ce côté du plateau; et celle qui se trouve sur l'autre

côté agit par influence ou séparation sur la — E naturelle du plateau, l'attire de ce côté là et rend sensible de l'autre côté (du côté du conducteur) tout autant de + E, et le conducteur reçoit par conséquent la double charge. Il en est de même du cas inverse, celui où l'arc e g b se trouve dans la position verticale pour enlever au plateau son électricité positive pour la conduire au sol, ou plutôt pour ammener autant de — E qu'il en faut pour neutraliser la + E du plateau.

Mde. de L. Cela est très ingénieux. On retrouve la distribution de l'E partout, dans les plus grands comme dans les plus petits phénomènes électriques.

Mr. de P. Cela doit être, puisque tous les corps, sur les quels nous agissons, ont leur + E et leur — E qui ne peuvent être nulle part inactives; et j'espère, madame, que cette réflexion que vous venez de faire sur l'importance des phénomènes de la distribution ou séparation, excusera à vos yeux la prolixité avec la quelle j'ai traité ces phénomènes. — Mais permettez moi d'ajouter encore quelque chose pour terminer cette description des machines électriques.

Vous savez, madame, que plus un conducteur cylindrique est long, plus les étincelles qu'on peut en tirer sont fortes. Or celui de la machine que je viens de décrire et celui des machines ordinaires n'a pas à beaucoup près toute la longueur qu'il pourroit avoir pour produire le plus d'effet. C'est par cette raison que l'on ajoute souvent un *second conducteur* et celui que j'ai décrit, ou tout autre qui soutire immédiatement l'électricité du plateau, se nomme *premier conducteur*. On donne au second un petit diamètre et une très grande

longueur. Le célèbre Volta, par ex:, avoit un second conducteur composé de 12 cylindres, dont chacun n'avoit que 6 lignes de diamètre, mais 8 pieds de longueur. Mais comme ces conducteurs prennent beaucoup de place, on les suspend à des cordons de soye au moyen des quels on peut les élever et les abaisser à volonté, desorte que lorsqu'on n'en a pas besoin on les fait monter vers le plancher.

Enfin on a pour chaque machine électrique une batterie de bouteilles de Leyde, proportionné à la grandeur de la machine, et avec laquelle on fait les expériences électriques les plus brillantes. La grandeur des batteries se mesure par les pieds carrés de la surface armée, extérieure ou intérieure. On donne par ex: à une machine dont le plateau a 32 pouces de diamètre une batterie de 40 à 50 pieds de surface. La batterie de la grande machine électrique du Musée de Harlem (qui a deux plateaux parallèles, chacun de 64 pouces de diamètre) a 500 pieds carrés de surface.

Mr. de R. Cet appareil est un vrai géant électrique.

Mr. de P. C'est le plus grand appareil de ce genre qu'on ait; il a été construit sous la direction du célèbre van Marum dont les expériences, faites avec cette machine, n'ont pas peu contribué à étendre la sphère de nos connoissances sur l'Electricité.

Vous connoissez à présent, madame, nos grands appareils électriques. Permettez moi de passer a des appareils plus simples mais non moins importants.

Mde. de L. Je n'en serai pas fachée; car j'avoue

que j'ai eu de la peine à vous suivre dans la description de l'électrophore et de la machine électrique.

Mr. de P. Nous avons souvent parlé d'électricités plus foibles ou plus fortes, de degrés d'électricité; mais nous ne savons pas encore mesurer ces degrés; et comme il n'y a point de vraie Physique sans mesure, j'espère que mon aimable auditoire consentira volontiers à ce que je lui fasse connoitre les moyons que l'on a de trouver les degrés d'électricité. Mais avant tout il faut savoir bien précisément ce que l'on entend sous ces degrés.

Imaginons un conducteur isolé et électrisé; l'expérience nous apprend qu'il perd petit-à-petit son E et qu'au bout d'un certain tems son électricité est nulle. Cette perte se fait d'un côté par ce que nos meilleurs isoloirs n'isolent jamais parfaitement, de l'autre par la radiation. Mettons la première de côté, par ce qu'elle est toujours très petite en comparaison de la seconde et ne nous occupons que de celle-ci. La radiation produit des effets mécaniques; elle doit donc s'effectuer avec une certaine énergie, qu'elle s'exerce sur un corps *chargé* de la même E ou sur un corps chargé de l'E opposée ou sur un corps dont l'E est nulle. C'est cette énergie que nous voulons mesurer par les degrés, sans nous soucier de la quantité absolue d'E dont le conducteur est chargé, quantité qui dépend de sa surface et de l'énergie de l'E.

Mr. de V. Ceci ressemble tout-à-fait aux phénomènes de la chaleur, les degrés de chaleur n'étant qu'une expression pour la force avec la quelle le calorique tend à se répandre hors des corps sur les quels il a été accu-

mulé, et il me semble qu'on pourroit parler de la température en Electricité comme dans les phénomènes de la chaleur.

Mr. de P. Vous avez parfaitement raison et je ne serois pas fâché qu'on admit le mot: *temperature électrique.* Cette force, avec la quelle l'électricité tend à s'échapper des corps électrisés, est contrebalancée par l'attraction que le conducteur, qui en est chargé, exerce sur elle et par la pression de l'atmosphère; par contre elle est favorisée par l'attraction que l'air et les vapeurs contenues dans l'air exercent sur elle. Ainsi la radiation est le produit de quatre forces, dont deux agissent en sens contraire des deux autres.

Mde. de L. Le phénomène de la radiation est passablement compliqué.

Mr. de P. Assurément, madame. Mais vous jugerez cependant qu'il est plus facile de faire un *Electromètre* qu'un thermomètre. Nos deux petites boules de moëlle de sureau suspendues par des fils de lin à notre isoloir (le pendule électrique double) pourront devenir un électromètre.

Le Comte C. On a aussi des *Electroscopes.* Est-ce la même chose que les électromètres?

Mr. de P. On a souvent confondu ces deux mots. Pour moi, je nomme électroscope tout instrument qui nous apprend si tel corps est électrisé ou non et en outre de quelle E il est chargé. Tels sont les pendules électriques que nous avons déja souvent employés. Pour en faire des électromètres il faut qu'ils puissent nous indiquer les proportions d'E qui se trouve accumulée sur différents corps ou sur le même corps dans

différents tems. Ainsi, si nous mesurons les angles d'inclinaison d'un pendule double, lorsque les boules sont plus ou moins éloignées l'une de l'autre, les degrés indiqués pourront servir de mesure, même de mesure rigoureuse, si l'on joint un peu de calcul à l'observation. Ainsi, si un corps électrisé nous a fourni un angle de 10 degrés et un autre un angle de 5 degrés, nous disons que la première électricité étoit double de l'autre. Cette conclusion n'est pas juste à la rigueur, par ce que la distance des deux boules, d'une observation à l'autre, n'est pas précisément proportionnelle aux angles; mais un petit calcul peut corriger la petite erreur.

Mr. de T. Mais il me semble que cette mesure, même corrigée, est très précaire et que chaque électromètre doit avoir son langage à lui, différent de celui de tout autre, parce que l'angle que forment les deux pendules dépend du poids des boules.

Mr. de P. Cette remarque est très fondée, et si un autre Physicien vouloit répéter les mêmes expériences et obtenir les mêmes degrés, il faudroit qu'il donnât aux boules de son électromètre le même poids et aux fils la même longueur. Mais cela n'est que rarement nécessaire, parce que la théorie de l'électricité ne se fonde pas sur l'observation de la force absolue avec la quelle deux boules de sureau, ou deux pendules quelconques, se repoussent mutuellement, mais sur la proportion de cette force sous différentes circonstances soumises à l'examen au moyen du même électromètre.

Les boules, même très petites, suspendues à des fils, ont le désavantage d'avoir un diamètre souvent très considérable rélativement à la petite distance à la quelle

elles s'écartent par de foibles degrés d'électricité. C'est ce qui a engagé le célèbre Volta à substituer aux boules suspendues à des fils de lin, deux brins de paille suspendus par des anneaux de fils de métal extrêmement minces à un plus gros fil applatti et percé à son bout inférieur, comme je vous le dessine (fig. 24) où ab représente le gros fil de laiton, c et c les anneaux, de et de les deux brins de paille.

Mais on a souvent à faire à des degrés d'électricité si foibles que les brins de paille offrent trop de poids pour s'écarter par la force répulsive qu'ils exercent l'un sur l'autre. Pour obvier à cet inconvénient le Physicien anglois Bennet a substitué aux brins de paille l'or battu, ces feuilles extrêmement minces d'or, autravers des quelles on voit les objets comme teints d'une couleur verte, dont 50 pouces carrés ne pèsent qu'environ un grain. On leur donne deux pouces de longueur et environ une ligne de largeur; ainsi chacune d'elles ne pèse qu'environ $\frac{1}{300}$ d'un grain. On les attache avec un peu d'eau gommée à une tige de laiton comme celle de l'électromètre de Volta. Cet instrument se place dans une caisse carrée de verre sur le devant de la quelle on colle un arc de cercle divisé en degrés qui mesurent ainsi les degrés d'électricité, et le premier degré correspondra à une force d'environ $\frac{1}{1700}$ de grain. Voici le dessin de cet instrument: AB (fig. 25) est la cage de verre, ba la tige de laiton surmontée d'une petite boule et dont la partie inférieure est applatie, ac, ac les deux feuilles d'or; dne l'arc de cercle divisé en degrés, qui a le zéro en n où la verticale, tirée de a, coupe l'arc de.

Mr. de R. Il faut avouer que cet instrument a une sensibilité extrême.

Mr. de P. En effet ; car si on met le plateau d'une petite machine électrique en mouvement et qu'on approche du conducteur cet électromètre à 6 pieds de distance, les feuilles d'or divergent déja de quelques degrés. Et cependant cet instrument n'est pas le plus sensible que nous ayons. *La balance de torsion*, inventée par le célèbre Coulomb, est un électromètre qui surpasse encore en sensibilité celui de Bennet.

Mde. de L. Vous allez donc nous décrire une seconde fois cet instrument fameux qui a servi à prouver la gravitation et à mesurer la pesanteur spécifique de la terre.

Mr. de P. Oui, madame, mais sous des proportions beaucoup plus petites qu'alors. En voici la figure. A B D E (fig. 26) est un bocal de verre d'environ 10 pouces de hauteur et 8 pouces de diamètre, recouvert par un disque de verre au milieu du quel est un trou dans le quel on place une tige c de bois ou de métal à la quelle on suspend la balance. Le fil Cc de cette balance est un simple fil de soie, tel qu'on le dévide du cocon. Il porte à son extrémité inférieure un levier extrêmement léger, de gomme laque, de l'épaisseur d'un fort crin de cheval et d'environ 30 lignes de longueur. A l'un des bouts de ce levier on soude à la bougie un petit cercle a de clinquant (feuille de métal très mince), et à l'autre bout b une goutte de gomme laque pour faire contrepoids au cercle de clinquant. Pour tendre le fil de soie et retenir le levier dans la position horizontale, on soude au levier, à son point de suspension, une

grosse épingle par sa pointe, que l'on chauffe à cet effet.

A la hauteur où le centre du levier se trouvera on fait un trou i à la circonférence du bocal par le quel on fait passer une tige de laiton ef qu'on fixe dans une situation horizontale. Le bout intérieur de la tige porte une petite boule de moëlle de sureau dorée ou tout-à-fait de métal. Le bout extérieur f se termine en crochet pour recevoir des fils de métal au moyen des quels on communique quelque E à la boule e. A cette même hauteur on colle sur la circonférence du bocal une bande de papier divisé en 360 parties égales qui forment les degrés du cercle. Je m'abstiens de la dessiner pour ne pas masquer la balance.

Enfin on fixe sur le couvercle de verre AB une plaque circulaire de métal gh, dont la circonférence est également portagée en 360 degrés, au centre de la quelle se trouve la tige C munie d'une aiguille Co qui parcourt ces degrés lorsqu'on tourne la tige sur elle-même.

Tout étant ainsi préparé, on suspend la balance à la tige au moyen d'un peu de gomme laque, de manière que le centre c du levier et le centre du cercle de clinquant a se trouvent précisément à la hauteur de la boule e et on tourne la tige en sorte le clinquant touche à peine, cette boule. En cet état l'électromètre est prêt à servir. Car si on électrise la tige ef et parconséquent sa boule e, le clinquant se chargera de la même E et sera repoussé par celle de la petite boule. Le nombre des degrés, observés sur la bande de papier, sera la mesure de l'énergie de l'électricité employée.

Voulez-vous vous faire une idée de l'extrême sensibilité de cet électromètre, vous n'avez qu'à vous imaginer la finesse d'un fil de cocon (que vous pouvez au reste examiner sur le champ en détordant ce bout de fil de soye et en en arrachant un brin) et en vous représentant que c'est la force que ce brin oppose à la torsion qui seule résiste à l'éloignement du cercle a de la boule électrisée.

Mr. de R. Quant à moi, je mets cette résistance au nombre des infiniment petits, surtout portée à une distance de quelques pouces. Quelle force de levier l'E n'oppose-t-elle pas à cette distance à l'élasticité de ce fil aussi mince qu'un cheveu!

Mr. de P. Plus mince et dont l'élasticité est 900 fois moins grande que celle du cheveu. Vous concevrez donc que cet électromètre surpasse celui de Bennet en sensibilité, et cela dans la proportion d'environ 530 à 1, et qu'une degré à cette balance équivaut à environ $\frac{1}{9,000,000}$ d'un grain.

Mde. de L. Cela surpasse toute imagination.

Mr. de R. Mais où trouver une électricité assez foible pour être appliquée à cet électromètre?

Mr. de P. Nous la trouverons à la suite assez souvent. Mais vous la trouverez sur le champ à la boule ou au crochet d'une bouteille de Leyde que vous aurez déchargée, d'abord au moyen de l'excitateur et ensuite par le doigt. Ce qui en reste, insensible pour l'électromètre à feuilles d'or, devient ici sensible. Au reste on a senti l'inconvénient de cette énorme sensibilité et on a des balances de torsion beaucoup plus robustes (si j'ose me servir du cette espression) dont le fil Cc est

un fil d'argent extrêmement mince, et auquel on donne à raison de sa plus grande résistance de torsion une plus grande longueur. Pour cet effet on fixe sur le milieu de la plaque de verre AB un tuyau vertical, au haut du quel on place la tige C et le cadran gh. Enfin lorsque l'E du corps électrisé est trop grande, on tient ce corps à une certaine distance du crochet f.

Le Comte C. Voilà la seconde fois que vous parlez de ce cadran et j'avoue que je ne vois pas quel usage il a. Il me semble que la bande de papier partagée en 360 degrés et collée autour du bocal à la hauteur du levier, est suffisante pour mesurer les degrés de torsion et par conséquent d'électricité.

Mr. de P. Il sert à donner plus ou moins de degrés de torsion au fil de soie ou de métal pendant l'action de l'E de la boule e sur le clinquant a et à mesurer ces nouveaux degrés de torsion. Coulomb par ex: s'en est servi pour trouver la loi de l'action de l'E à distance, sa loi du carré inverse des distances. Voici son opération et son calcul. L'instrument étant en repos et la boule e en contact avec le cercle du clinquant a, il électrise le crochet et la boule en sorte que le levier d'écrive un arc de 36 degrés. Alors il tourne la tige en sens contraire jusqu'à ce que le levier retourne à 18 degrés et s'y tienne en équillibre. Ces deux distances de la boule au clinquant, 36 et 18, sont dans le rapport de 2 à 1. Cela fait il observe de combien de degrés il avoit tourné la tige et parconséquent tordu le fil, et l'aiguille Co lui indique 126 degrés. Examinons maintenant quelles forces l'E a du exercer à ces deux distances. Dans la première la force est exprimée par

les 36 degrés; cela est clair. Dans la seconde elle est exprimée par la distance de 18 degrés à la quelle se tient le clinquant plus les 126 degrés de torsion donnés au fil pour rammener le levier à 18 degrés; ce qui fait 144 degrés. Ainsi l'action de l'E est exprimée dans ce second cas par le nombre 144; dans le premier elle l'étoit par le nombre 36, et ces deux nombres sont dans le rapport de 4 à 1, c. à d. dans le rapport du carré de 2 à 1.

Le Comte C. Cette opération est extrêmement ingénieuse et plus on apprend à connoitre cet excellent appareil, plus on l'admire.

Mr. de P. Il sert également à mesurer les attractions et Coulomb a prouvé par des expériences du genre de celles que je viens de décrire que les attractions électriques suivent la même loi. Il sert encore facilement à mesurer la perte successive d'électricité occasionnée par le contact de l'air, en mettant un corps foiblement électrisé, comme par ex. le crochet d'une bouteille de Kleist imparfaitement déchargée, en communication avec la boule e de l'électromètre.

Le Comte C. Il me vient une idée que j'ose à peine émettre, mais que vous me pardonnerez, monsieur de P., si vous ne la trouvez pas juste. L'humidité de l'air augmentant considérablement la perte d'E des corps électrisés, l'électromètre de Coulomb pourroit devenir un hygromètre.

Mr. de P. Assurément si l'on avoit des expériences sur le rapport de la quantité d'électricité qui se perd à la quantité de vapeur qui se trouve dans l'air. C'est le cas de tous les électromètres très sensibles.

Mr. de T. Vous nous avez dit, la première soirée que vous nous avez donnée sur l'Electricité, que la loi de Coulomb, que vous venez de nous exposer en détail, ne se confirme pas partout. Ne seroit-ce pas le moment de nous expliquer cela?

Mr. de P. Soit, pourvû que vous me permettiez de revenir à la suite encore une fois sur cet objet important. Le Physicien Simon a fait à Berlin des expériences concernant la loi de l'action de l'électricité à distance avec une balance ordinaire toute en verre, à l'exception des deux corps qui devoient se communiquer l'électricité, mesurant la répulsion ou l'attraction par des poids qu'il mettoit dans l'un des deux fléaux. Le résultat fut, à quelques erreurs près, la loi de l'inverse des distances simples, et non la loi de Coulomb. Mais l'exactitude de ces expériences ayant été révoquée en doute, je fis de nouvelles tentatives et cela de deux manières. D'abord je mis un balancier de métal, placé horizontalement sur une pointe bien isolée, de sorte que chacune de ses extrémités (terminée par une petite boule de métal) se trouvât en face d'une autre boule de laiton, dont l'une étoit électrisée positivement, l'autre négativement, l'une et l'autre avec la même énergie et également pendant tout le tems des expériences. Voici la figure de cet appareil. AB (fig. 27) est le balancier, C son centre placé sur la pointe d'une aiguille très fine et bien isolée, D et F deux boules de métal, dont l'une a + E et l'autre — E. Vous voyez que dès qu'on donnera au balancier le moindre mouvement, un de ses bouts s'approchera de l'une des deux boules qui lui communiquera son E et le repoussera en même tems que

l'autre attirera l'autre bout, et que dès lors ce balancier continuera ses oscillations et que le nombre de ces oscillations dans un tems donné servira, au moyen d'un peu de calcul, à mesurer l'action de l'électricité des deux boules sur le balancier pour la distance à la quelle il se trouve des boules. Si donc on varie cette distance, on aura la loi de l'action de l'E à différentes distances. Le résultat de ces expériences a été la loi de Coulomb.

Le second genre de mes expériences s'est fait avec l'électromètre à feuilles d'or. Je le chargeai d'électricité de différents degrés, m'étant assuré que ces degrés étoient en raison des nombres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 et observai les degrés de divergence des feuilles d'or. Le résultat que les distances, calculées sur les divergences, fournirent, fut la loi des distances simples et non des carrés des distances. Demain je vous offrirai de nouvelles expériences qui contrediront de nouveau la loi de Coulomb et constateront la loi de l'inverse des distances simples.

Mr. de T. Que doit-on penser de ces contradictions?

Mr. de P. Ce seroit le moment d'entamer la dispute que monsieur de L. a prédite lorsque j'annonçai ces contradictions. Mais comme moi-même je ne puis encore les lever, tirons le rideau sur cette imperfection de la Science en attendant que de nouvelles recherches aient éclairci la chose.

Mr. de L. Très volontiers; car il me semble qu'elle est très embrouillée.

Mr. de P. Et terminons cet entretien dans ces dispositions pacifiques.

Soixante quatorzième entretien.

Mde. *de L.* J'ai rêvé toute la nuit passée de vos électromètres et de leur énorme sensibilité, ne pouvant concevoir comment les opérations de la Nature peuvent atteindre une finesse pareille.

Mr. de L. (*ironiquement*) Vous vous laisserez marchander, monsieur de P., sur le neuf millionième de grain que la balance de torsion indique.

Mr. de P. Pas du tout. Mais que direz-vous, madame, si je vous annonce que les Physiciens, peu contents encore de la sensibilité de leurs électromètres, ont inventé d'autres instrumens qui rendent sensibles des degrés d'électricité que les électromètres ne peuvent plus indiquer?

Mde. de L. Que vous allez me faire tourner la tête.

Mr. de P. J'espère que non, et j'ose même vous assurer que vous connoissez déja un de ces instrumens. C'est *le condensateur*, inventé par Volta.

Mde. de L. J'avoue que je ne m'en ressouviens nullement.

Mr. de P. Veuillez jetter les yeux sur une de nos figures précédentes (fig. 14). Ces deux disques de métal poli, l'un au dessus de l'autre, l'un posé sur un pied isolant, l'autre muni d'un manche également isolant, voilà le condensateur; il ne faut plus que sceller avec un peu de cire à cacheter trois petites boules de verre d'une ligne de diamètre dans autant de petits trous, pratiqués à égale distance l'un de l'autre à la surface du disque inférieur, pour pouvoir poser le disque supérieur sur l'inférieur, en sorte que leurs deux faces ne soient qu'à une demie ligne l'une de l'autre, sans cependant se toucher nulle part que par ces trois petites boules, qui isolent perfaitement bien de très petits degré d'électricité.

Veuillez à présent vous souvenir, madame, que nous avons chargé au moyen de cet appareil, le petit disque B de presque toute l'E dont le grand conducteur A étoit chargé.

Mde. de L. Oui, je m'en souviens; mais je ne conçois pas encore l'usage de cet instrument.

Mr. de P. Imaginez que le grand conducteur, à qui nous voulons supposer 1000 pouces carrés de surface, soit très foiblement chargé, de sorte que l'électromètre à feuilles d'or puisse à peine rendre cette E sensible. Supposons en outre que notre disque ait 10 pouces carrés de surface. Si nous accumulons toute l'E du conducteur sur le disque qui est 100 fois plus petit, il est clair que, au moment où nous enlèverons le disque supérieur C, cette électricité, auparavant dissimulée, paroitra libre et avec une énergie proportionée à son accumulation, c. à. d. cent fois plus grande que sur le

conducteur. Si donc nous approchons du disque ainsi chargé un électromètre de Bennet, il est clair que l'électricité, auparavant insensible, fera diverger les feuilles d'or avec violence, et se produira sous un grand nombre de degrés. Pour faire cette opération tout d'un coup, on joint le condensateur à l'électromètre en dévissant la petite boule b (fig. 25) et en y vissant le disque inférieur du condensateur.

Mr. de R. Mais à quoi bon les condensations, ces nouveaux degrés de sensibilité qui indiquent de si petits degrés d'E, tels, peut-être que la Nature ne les produit jamais?

Mr. de P. Pardon, mon cher. La Nature les produit et très souvent, dans quantité de procès chimiques. Sans ces instrumens, qui vous paroissent superflus, nous n'aurions jamais appris à les connoitre, et cependant la majeure partie de la théorie de l'Électricité repose sur la connoissance de ces degrés presque imperceptibles d'E que la Nature excite comme en secret.

Le Condensateur, tel que Volta nous l'a fourni, n'avoit point de couche d'air interposée entre les deux disques; mais l'une des deux plaques étoit enduite d'une couche de vernis qui faisoit l'effet d'un faible isolateur et étoit parconséquent très propre à cette opération. Mais cette méthode a le grand désavantage de rendre suspectes les résultats des opérations du condensateur; car si en posant le disque supérieur sur l'inférieur ou en enlevant celui-là pour faire paroitre l'électricité dissimulée, il se fait quelque frottement, ce frottement produira de l'E qu'on n'a pas voulu avoir, et le résultat de l'opération se trouve faux. Aepinus,

qui est le véritable inventeur du condensateur et qui nous en a fourni la théorie comme je vous l'ai présentée, mais sans en faire l'application à l'électromètre pour découvrir de très petites électricités, avoit déja employé une lame d'air pour séparer ses deux surfaces métalliques. Lichtenberg revint à cette idée et construisit le condensateur tel que j'ai eu l'honneur de vous le décrire. Mais cet instrument a un défaut, celui de n'interposer qu'une couche d'air d'une épaisseur invariable, par ex: d'une demie ligne, entre les deux disques.

Mr. de G. Comment cela peut-il être nn défaut? Ou bien y a-t-il là-dessous quelque sorcellerie qui augtera encore la sensibilité du condensateur?

Mr. de P. Assurément, ne vous en déplaise, cher ami; et ce n'est pas la dernière. Vous savez que la couche d'air intreposée doit empêcher que l'E, dont on charge le disque inférieur, ne passe au disque supérieur. Cette couche d'air doit la forcer d'agir par distribution et de devenir électricité dissimulée. Vous concevez de même que, si la charge est trop forte, l'électricité franchira la foible barrière, comme elle la franchit même dans la bouteille de Leyde; car le condensateur agit précisément comme celle-ci. Vous concevrez également que, si l'électricité que l'on veut accumuler sur le condensateur est extrêmement foible, une couche d'air d'une demie ligne d'épaisseur isolera trop fortement pour opérer toute la condensation possible, et que la vertu condensatrice de l'instrument augmente en même tems que l'épaisseur de la couche diminue. Les expériences que j'ai faites à cet égard avec un con-

densateur à couches d'air, dont l'épaisseur varie de $\frac{1}{10}$ de ligne jusqu'à une ligne entière, prouvent que la vertu condensatrice est précisément en raison inverse de l'épaisseur des couches. Et c'est ici le second cas que je vous ai annoncé hier, où l'action de l'E à distance est en raison inverse des distances simples et non du carré des distances.

Mr. de T. Mais quelle est la force absolue de condensation?

Mr. de P. Lorsque la couche d'air interposée entre les deux disques a $\frac{1}{10}$ de ligne d'épaisseur, cette force est exprimée par le nombre 25; ce qui signifie qu'un degré à l'électromètre simple donne 25 degrés par l'action du condensateur. Or comme je puis approcher mes deux disques jusqu'à $\frac{1}{20}$ de ligne l'un de l'autre, l'instrument peut fournir une condensation exprimée par le nombre 50. Ainsi si le condensateur ne fournit qu'un degré dans ce cas-ci, cela signifie que l'E dont on a chargé l'instrument n'a fait diverger les feuilles d'or que de $\frac{1}{50}$ de degré. Or comme on peut observer encore $\frac{1}{5}$ de degré, il est clair que ce condensateur rendra sensible une E qui ne feroit diverger l'électromètre que de $\frac{1}{200}$ de degré; ce qui équivaut à une force de $\frac{1}{4,250,000}$ de grain.

Mr. de T. Vous avez, si je ne me trompe, évalué la sensibilité de la balance de torsion à $\frac{1}{9,000,000}$ d'un grain. Elle est par conséquent plus que double de celle du condensateur.

Mr. de P. Cela paroit être. Mais j'ai l'honneur de vous observer qu'à la balance de torsion on ne peut observer avec sureté moins que 2 ou 3 degrés, de

sorte que ces deux instrumens peuvent être considérés comme ayant la même sensibilité. En outre le condensateur peut devenir encore beaucoup plus sensible ; Ce que vous concevrez si vous me permettez de vous décrire cet instrument comme je l'ai fait exécuter pour mes expériences.

Prenons le crayon et armez vous d'un peu de patience. ABDC (fig. 28) représente la caisse en verre de l'instrument, vu du côté étroit. Les disques aa, bb ont une position verticale et ont 1 pouce ou $1\frac{1}{4}$ de pouce de diamètre. Ils sont portés, chacun par une tige recourbée def et chi. La première passe autravers de la plaque de verre AB et est scellée dans un tube de verre de, fixé par une virole de métal rs à la plaque de verre. L'autre tige est fixée à charnière sur le pied it vissé à une plaque de métal EF qui porte le tout et est elle-même supportée par trois pieds à vis qui servent à placer le tout de manière que la tige cdf soit verticale. La construction de la charnière est telle que l'on peut éloigner le disque bb jusques dans la position xy et le rapprocher jusqu'à la position verticale (parallèle au disque aa) et pas au delà. Cette charnière avec son pied it a en outre la faculté de se tourner horizontalement sur la plaque EF pour que le disque bb puisse être mis en tout sens dans une position parallèle à aa. Un petit manche g fixé à la tige chi sert à ouvrir et fermer le condensateur.

Dessinons une seconde figure (fig. 29) pour voir la construction de l'électromètre de face. La tige cdf s'y retrouve, placée un peu de côté environ à $\frac{2}{3}$ de la lon-

gueur de la plaque de verre GH. Je n'ai qu'une seule feuille d'or op, la tige ef tenant lieu de l'autre.

Mr. de R. Par quelle raison?

Mr. de P. Par ce que j'ai appris par mainte expérience très désagréable que les feuilles d'or s'accrochent souvent par leurs bords, lorsqu'elles devroient diverger. J'ai pour cet effet un peu applatti cette tige du côté de la feuille d'or, et je l'ai fait dorer pour empêcher l'oxidation que l'humidité pourroit produire. Voyez cet arc de métal km fixé par un pied nn à la base de l'instrument.

Le Comte C. Je n'en devine pas le but.

Mr. de P. Les électromètres ordinaires ont une feuille d'étain collée à la surface intérieure de chaque côté étroit de la caisse de verre pour enlever l'électricité qui se dissipe par les feuilles d'or et qui chargeroit toute la surface intérieure de la caisse de verre; ce qui auroit le double inconvénient de rendre les effets de l'électromètre incertains et de faire balancer les feuilles d'or de côté ou d'autre. Mais ces feuilles d'étain, collées en GK et en HJ, agissent sur les feuilles d'or et augmentent la divergence, d'autant plus fortement que cette divergence est plus grande. Pour obvier à cet inconvénient j'ai imaginé cet arc km composé d'un fil de laiton, communiquant par son pied nn à la plaque de métal KJ; son centre est en o, point où la feuille d'or est collée à la tige, et l'arc offre par conséquent une action parfaitement égale sur la feuille d'or, quelque position que celle-ci prenne.

Cette action sensible de la feuille d'étain, je l'ai forcée de servir à augmenter la sensibilité de l'électro-

mètre, de la manière suivante: Reprenons le crayon. Voilà le condensateur et sa cage de verre (fig. 30) dont j'ai ôté l'arc km de l'autre figure, et à la place du quel j'ai mis un petit bâton de métal qr fixé verticalement à un bâton horizontal rs divisé en demi-lignes. Ce bâton rs se glisse sur un autre uv fixé à la plaque de métal KJ. Ce bâton vertical rq peut s'avancer jusqu'à la tige ef du condensateur et se reculer jusqu'à une distance où il n'influe plus sensiblement sur la feuille d'or, lorsqu'elle diverge même de 90 degrés. Il est clair que, l'électromètre divergeant de quelques degrés, si l'on en approche le bâton lentement, la divergence de la feuille d'or augmentera jusqu'à ce qu'enfin celle-ci se précipite vers lui jusqu'au contact. L'échelle du bâton rs sert à mesurer l'augmentation de la divergence. Supposons à présent que le condensateur ait fourni si peu d'électricité que la feuille d'or n'ait aucune divergence ou peut-être une divergence douteuse, alors nous approchons le bâton rq de la feuille d'or pour ajouter l'attraction à la répulsion jusqu'à ce que la feuille d'or diverge jusqu'au contact.

Mes expériences m'ont appris que, si l'on avance le bâton jusqu'à $\frac{1}{2}$ ligne de la feuille d'or lorsqu'elle n'a qu'une divergence de $\frac{1}{100}$ de degrés, la divergence augmente jusqu'à $2\frac{1}{4}$ degrés au moment du contact. Or $\frac{1}{100}$ est à $2\frac{1}{4}$ comme 1 à $18\frac{3}{4}$. Ainsi dans ce cas l'angle de divergence a été amplifié, et par conséquent la sensibilité de l'instrument augmentée, dans la proportion de 1 : $18\frac{3}{4}$. Et comme on peut avancer le bâton encore un peu plus près de la feuille d'or qu'à une demie ligne, nous pouvons admettre que, dans les cas extrêmes où

la divergence de la feuille d'or est douteuse, le bâton fournit une sensibilité 20 fois plus grande. Ainsi si le condensateur seul rend sensible un degré d'E qui équivaut à $\frac{1}{4,250,000}$ de grain, le même condensateur, armé du bâton mobile, poussera la sensibilité jusqu'à $\frac{1}{85,000,000}$ de grain.

Mr. de R. Qui auroit pu s'imaginer que l'homme pût péser jusqu'à un quatre vingt cinq millionième de grain? Car l'électromètre et le condensateur sont proprement des balances.

Mr. de L. Et vous croyez réellement à ces sorcelleries?

Mr. de P. Vous y croyez de même, Général. Car ces calculs reposent originairement sur l'observation de Boyle que 50 pouces carrés de feuilles d'or ne pèsent qu'un grain et parconséquent la feuille de notre électromètre $\frac{1}{300}$ de grain, et vous ne vous refuserez pas à cette croyance. Tout le reste du calcul ne consiste qu'en opérations de la plus simple Arithmétique, que tout le monde peut faire. Et observez que j'ai pris pour base de ces petits calculs la loi de l'inverse des distances simples et non du carré des distances qui, si je m'en fusse servi, nous eut jetté dans les billionièmes de grains.

Mr. de L. (avec un espèce de colère) Cette raison seule un suffit pour rejetter la loi du carré des distances.

Mde. de L. Ne vous fâchez pas, mon ami, contre cette belle loi qui nous a fourni le système du monde.

Mr. de L. Oh! j'admire cette loi dans ce système sublime, et je regarde comme un sacrilège qu'on l'em-

ploie à de pareilles babioles, uniquement pour se donner l'air de magicien.

Mr. de P. (souriant) Vous me païrez, Général, cette injure faite aux Physiciens et au condensateur. En attendant je vais de suite vous régaler d'une nouvelle condensation, vingt cinq fois plus grande que celle que je viens de vous expliquer.

Supposons que nous ayons une surface extrêmement grande, chargée d'une quantité d'électricité insensible à l'électrometre et au condensateur, ou bien une source continuelle d'électricité à de si foibles degrés, et que nous en chargions un condensateur dont les disques aient 8 pouces de diamètre et puissent être rapprochés jusqu'à $\frac{1}{10}$ de ligne. Ce condensateur n'a pas d'électromètre, parce que la feuille d'or ne donneroit encore aucun signe d'E. Déchargeons à présent ce condensateur sur le précédent dont les disques ont un pouce de diamètre. Vous voyez que l'E du grand condensateur, transportée sur le petit qui n'a que $\frac{1}{64}$ de la surface du grand, devra paroitre 64 fois plus grande qu'elle n'est en effet.

Mais cette proportion est trop forte parce qu'il faut ajouter de part et d'autres la surface des tiges ; ce qui diminue de beaucoup cette proportion. Cet appareil, inventé, mais mal exécuté, par le Physicien anglois Cuthberson, et nommé *double condensateur*, je l'ai exécuté et trouvé que la proportion de la nouvelle condensation est de 1 à 25. Ainsi la sensibilité de cet appareil peut être évaluée à moins de $\frac{1}{2,000,000,000}$ de grain, ce qui équivaut à moins de $\frac{1}{11,000}$ du premier degré de divergence de la feuille d'or.

Mr. de L. Me voilà en effet réconcilié avec les condensateurs! N'avez-vous plus de nouveaux moyens pour nous forger des nombres encore plus outrés; car la folie humaine, poussée à son comble, devient amusante.

Mr. de P. Je suis tout prêt à vous servir. Joignez au double condensateur la balance de Coulomb en la mettant en contact avec le disque du petit condensateur et je vous abandonne le soin de calculer quel degré d'électricité vous serez en état de mesurer avec ce triple appareil.

Mr. de L. Vos électromètres et vos condensateurs, sont les fantomes de la lauterne magique, qui, plus on les éloigne de la lentille, plus ils se boursouflent.

Le Comte C. Dites plutôt, mon Général, que les électromètres, les condensateurs, la balance de torsion etc. sont des microscopes composés au moyen des quels nous voyons des quantités d'électricité qni sans cela seroient invisibles.

Mr. de P. Je pourrois réellement, Général, vous étourdir et m'étourdir moi-même par l'énormité des nombres, si je vous décrivois d'autres appareils qu'on à inventés pour pousser l'amplification des degrés d'E à l'extrême, tels que le Duplicateur de Nicholson, celui de Read etc. Mais ces instrumens ont tous le défaut de produire de l'électricité dans leur manipulation par des frottemens inévitables et même indispensables, électricité qui se condense et se multiplie aussi bien que celle qu'on a donnée à dessein à l'instrument et rend par conséquent les résultats des opérations tout-à-fait

incertains. Mais passons de ces objets microscopiques aux grands phénomènes que l'Electricité produit.

Mde. de L. Je crois que nous en serons tous charmés.

Mr. de P. Je me réserve au reste, madame, le droit d'en ajouter de très petits, qui sûrement ne vous intéresseront pas moins que les grands. Pour mieux distinguer ces phénomènes, nous les partagerons en quatre classes, dont la première contiendra les effets de l'Electricité sur l'organisation animale, la seconde les phénomènes lumineux, la troisième les phénomènes mécaniques et la quatrième les phénomènes chimiques.

Les phénomènes physiologiques sont toujours en proportion de l'intensité de l'électricité que l'on employe. On peut tirer avec le doigt quantité d'étincelles d'un conducteur, si ces étincelles n'ont que 1 ou 2 pouces de longueur; mais on se fatigue bientôt d'étincelles réiterées de 3 à 4 pouces et celles de 6 pouces et plus sont presque insupportables; le doigt, surtout aux jointures, perd sa force et l'on éprouve une vraie douleur.

La décharge d'une bouteille de Leyde, même petite et foiblement chargée, est toujours très désagréable. Une forte décharge, même d'une petite bouteille, met tout le corps en commotion et l'on ressent encore une espèce de foiblesse dans les muscles quelque tems après. Vous vous ferez, madame, une idée de la violence de ces décharges, en apprenant que si 20 personnes ou plus se donnent la main et qu'on fasse faire la décharge d'une bouteille de $\frac{1}{3}$ de pied carée de surface armée, en donnant la bouteille de Leyde à tenir à la première personne et faisant toucher le bouton à la dernière, les

vingt personnes éprouvent une commotion vive et douloureuse, quoiqu'elles ne soient pas isolées, mais en communication avec la terre par leurs pieds.

Mde. de L. J'avois déja entendu parler de cette expérience; mais je croyois qu'il falloit pour cela une grande bouteille de Kleist.

Mr. de P. Ces expériences en petit doivent nous donner une idée des effets terribles que produiroit la décharge d'une grande batterie. On a fait de pareilles décharges sur des animaux, des rats, des chats, des chiens, des lapins, des anguilles et des grenouilles. La plupart de ces animaux sont morts à l'instant, la grenouille exceptée, qui supporte de très fortes décharges.

Mr. de R. J'ai ouï dire qu'on peut tuer un boeuf avec une forte batterie électrique.

Mr. de P. Je l'ai également ouï dire cent fois; cependant cela n'est pas vrai; au moins n'ai-je jamais vu une pareille expérience et je n'en ai jamais lu la relation dans un auteur digne de foi. L'effet de la décharge de la bouteille de Kleist et des batteries est d'affoiblir et même d'anéantir l'iritabilité des nerfs et des muscles; et comme cette propriété organique est très grande dans les amphibies, les grenouilles résistent mieux que d'autres animaux. Je vous prie de ne pas oublier cette remarque; j'y reviendrai à la suite.

Il paroit par contre que le passage insensible ou presque insensible de l'électricité d'un conducteur au travers du corps, rétablit l'iritabilité affoiblie ou détruite par accident ou maladie.

Mr. de L. Ceci va nous mener à la Médecine et

je vois déja arriver bon nombre de sarcasmes contre les Médecins.

Mr. de P. Cette fois-ci vous aurez tort, Général. Car bien que la Médecine ait un peu abusé de l'électricité et espéré guérir plus de maladies qn'elle n'en peut guérir par ce moyen, cette erreur ou cette espérance est bien pardonnable et en quelque sorte méritoire, puis qu'elle a produit et produit encore journellement la guérison de paralysies partielles et même d'autres maladies qui ont leur source dans de pareilles causes.

Mr. de R. Comment emploie-t-on l'électricité en Médecine?

Mr. de P. Dans les premiers tems c'étoient des cures vraiment héroïques; on faisoit tirer de fortes étincelles du conducteur sur la partie malade. On a même essayé des décharges de la bouteille de Leyde. Mais ces violentes cures ont, de règle, empiré le mal. *Le bain électrique* me paroit le seul moyen de ce genre qu'on doive employer. On peut s'en servir de deux manières. La première consiste à faire asseoir la personne sur une chaise ordinaire et à approcher de la partie paralyssée une pointe métallique, en communication avec le conducteur et fixée à un manche isolateur, que l'expérimentateur tient à la main. — L'écoulement de l'E par la pointe produit un vent léger sur cette partie, qui néanmoins produit un degré de chaleur agréable, sensation qui est la première que le malade ressent à cette partie. Si l'on veut agir avec un peu plus d'énergie on visse sur la pointe de métal une pointe de bois.

L'autre manière consiste à placer la personne sur un *isoloir*, une espèce de marchepied posé sur quatre

pied de verre; quatre bouteilles, renversées et mastiquées par leur base à la planche du marche — pied, isolent assez pour cette opération. Alors on donne à cette personne un gros fil de métal à la main, qui communique par là au conducteur de la machine électrique. A l'instant où l'on fait tourner la machine tout le corps de cette personne se trouve chargé d'E d'autant plus abondanment que la machine en fournit davantage; ce dont on peut s'assurer en passant la main un peu au dessus de la tête de cette personne; car on voit les cheveux se hérisser vers la main de l'expérimentateur qui n'est pas isolé. De nuit on voit briller cette chevelure hérissée tant que la main non isoléé est à proximité.

Le jeune de L. Oh! je connois ces expériences. On tire des étincelles des mains, du nez, des oreilles de la personne isolée.

Mr. de P. Tout cela est fort bon pour s'amuser. Mais quand on a à faire à un malade il faut s'abstenir de ces jeux et l'on ne doit commencer à faire aller la machine que lorsque l'opérateur, qui est une personne non isolée, a déja placé son excitateur.

Cet excitateur peut être une pointe de métal ou de bois, tenue par un manche non isolant. Je préfère au reste, lorsqu'il s'agit d'un bras, d'un pied ou de toute autre partie semblable du corps, de la couvrir de flanelle, et de promener la boule d'un petit conducteur sur la partie paralysée ainsi couverte; ce qui excite un léger pétillement souvent salutaire. Si l'expérimentateur veut retirer pour quelque tems son conducteur, il

faut qu'il fasse auparavant arrêter la machine et ne la fasse aller ensuite que lorsqu'il aura appliqué de nouveau le petit conducteur, afin de ne pas tirer d'étincelles qui pourroient devenir dangereuses sur des parties délicates comme par ex: les yeux.

Passons aux phénomènes lumineux de l'Electricité. Nous en avons eu déja plusieurs; mais c'étoit en petit. Pour nous faire une idée de la quantité de lumière que l'Electricité produit, il faut considérer les effets de la grande machine électrique du Musée de Harlem, tels que van Marum nous les a décrits.

Lorsqu'il plaçoit à la distance de 24 pouces de son conducteur chargé de + E une boule de métal mise en communication avec la terre, il partoit du conducteur un jet de lumière vive qui atteignoit la boule et jettoit en outre quantité de rameaux dont les plus voisins du conducteur avoient 7 à 8 pouces de longueur, ensorte que le tout ressemble parfaitement à une branche d'arbre effeuillée, courbée en différens sens et garnie de rameaux. Sa tige a environ l'épaisseur d'une plume à écrire. L'électricité négative fournit un phénomène semblable.

Mr. de R. D'où peuvent venir les rameaux de cette branche de feu? Il me semble que tout le trait de lumière devroit se précipiter un ligne droite sur la boule destinée à la recevoir et à la conduire à la terre.

Mr. de P. N'oubliez pas que l'air, en même tems qu'il isole l'E par sa pression, est cependant un conducteur et que l'E tend toujours à s'échapper. La distance de 24 pouces est pour la machine en question

le maximum et nous voyons des ramifications semblables se former en petit lorsque ce maximum n'a que deux ou trois pouces. Mais lorsque la distance est beaucoup au dessous de ce maximum, le jet de lumière forme un cylindre parfait.

Van Marum a vissé à l'extrémité de son conducteur une pointe d'acier de 3 pouces de longueur et aussi fine que possible; et cependant il en a tiré des étincelles de 6 lignes de longueur. Ce qui prouve que les plus fines aiguilles ne sont pour d'aussi grandes quantités d'E que comme des fils de métal de grosseur médiocre pour de moindres quantité d'E.

Van Marum a suspendu un fin fil de métal de $\frac{1}{100}$ de pouce et d'environ 200 pieds de longueur à la balustrade de la Salle du musée. Ce fil de métal n'étoit pas tendu mais formoit un serpentin. Une de ses extrémités étoit fixée au conducteur de la machine, l'autre à quelques pouces de distance d'une boule de métal qui étoit en communication avec la terre. Dès que la machine étoit mise en mouvement, le fil de métal se hérissoit sur toute se longueur de rayons de lumière, longs d'un pouce, qui sortoient de chaque point de sa surface et de tems en tems il partoit de son extrémité une forte étincelle aboutissante à la boule. Il a compté jusqu'à 300 de ces étincelles dans une minute et à chacune d'elles le fil de métal avoit l'air d'un serpent lumineux de 2 pouces de diamètre.

Mde. de L. Quel phénomène superbe!

Mr. de P. Van Marum a observé que sur la longueur de chaque pouce de ce serpent il y alloit environ

40 rayons. Jugez parlà de la quantité immense de ces rayons surtoute la surface de ce fil de métal.

Vous savez que, lorsqu'on arme le conducteur d'une machine électrique ordinaire d'une pointe émoussée, il se forme des aigrettes d'autant plus grandes que l'électricité est plus abondante. De petites boules font le même effet lorsque l'électricité est très forte. Van Marum a employé une boule de 4 pouces et demi de diamètre et a obtenu un trait vif de 2 pouces de longueur partagé en cinq branches qui en s'épanouissant formoient ensemble une aigrette de 15 à 16 pouces de longueur et d'autant de largeur.

Le Comte C. J'avoue que, quoique j'aie souvent vu électriser, je ne puis revenir de mon étonnement à la vue de ces phénomènes brillants, lorsque je songe qu'ils sont produits par le simple frottement d'un disque de verre qui ne perd et ne gagne rien, qui ne change nullement ses propriétés, qui reste absolument le même avant et après ces grandes expériences.

Mr. de P. Ajoutez, monsieur le Comte, à ces phénomènes lumineux ceux que nous allons considérer, les phénomènes mécaniques, qui intéresseront sûrement monsieur de T. particulièrement. Vous connoissez déja les mouvemens des boules de sureau, de la roue de réaction de Franklin, des feuilles d'or et de la balance de torsion, qui tous ne sont en quelque sorte que des infiniment petits, comparés au phénomène que je vais décrire. Van Marum y a employé sa grande batterie; de moindres livrent des effets analogues, mais plus petits Il a pris un cylindre de bois de buis, long de 4 pouces et de 4 pouces de diamètre et l'a placé entre

deux gros fils de métal, dont l'un aboutit à la surface extérieure de la batterie et l'autre peut être porté à la boule principale qui réunit toutes les charges intérieures. Il fait charger la batterie presque jusqu'à la décharge spontanée. Alors, saisissant le fil de métal encore libre et l'approchant de la boule de la batterie, il opère la décharge au travers du cylindre de bois, qui se fend avec un grand éclat. La résistance, que ce morceau de bois offroit, s'évalue à près de 10,000 livres.

Mr. de R. Cela est prodigieux! Qui se douteroit que l'électricité pût produire des effets mecaniques de cette force?

Mr. de T. (séchement) Dommage que ces effets prodigieux n'aient lieu que dans le cabinet du Physicien! S'ils étoient applicables ailleurs, j'épargnerois bien de la peine à mes bûcherons.

Mde. de L. Et vous aussi, monsieur de T., vous faites des sarcasmes!

Mr. de T. Pardonnez, madame, à mon esprit, vielli dans des travaux pratiques, une idée que je n'ai pu réprimer en voyant un célèbre Physicien, comme van Marum, faire tant d'apprêts pour fendre un petit morceau de bois. S'il avoit fendu le tronc d'un chêne de 4 ou 5 pieds de diamètre et de 60 pieds de hauteur, j'aurois alors également crié merveille!

Mr. de L. (lui donnant la main) Touchez là, monsieur de T., vous êtes mon homme; Vous donnez dans le grand. Prions notre Physicien de fendre des chênes.

Mr. de P. La Nature le fait souvent, et nous l'i-

mitons en petit; car la foudre n'est qu'une décharge électrique; et si vous n'aviez pas Général, un paratonnerre sur le toit de votre maison, vous trembleriez souvent de ces jeux électriques de la Nature, que le Physicien vous a appris à braver, précisément par ces expériences qui vous paroissent minutieuses. Et monsieur de T. semble avoir oublié que j'étois présent à sa terre lorsqu'un coup de foudre réduisit en moins d'un quart-d'heure un de ses batimens, de 80 toises de longueur, en cendres, en y mettant le feu à cinq endroits à la fois. Cette petite expérience me paroit assez pratique, et je parie, monsieur de T., que votre nouveau batiment, de même que les anciens, n'a pas encore de paratonnerre.

Mr. de T. (riant) Tout juste, quoique j'aie souvent voulu leur en donner. Mais si j'ai en le tort de dire une sottise, vous avez, mon cher, celui de ne pas m'aider à établir mes paratonnerres; je ne voulois m'en fier qu'à vous pour en diriger la construction.

Mr. de P. Faisons la paix et n'oubliez pas que c'est aux agrémens, dont on jouït dans votre campagne et au sein de votre aimable famille, que nous devons tous deux l'oubli des paratonnerres. — Retournons à nos expériences. Je ne vous raconterai pas au long que la décharge d'une batterie, ou même d'une grosse bouteille de Kleist, fracasse en mille parcelles deux plaques de verre entre les quelles on fait passer la décharge au moyen d'une lame étroite de feuille d'or qu'on met entre deux, ni qu'une pareille décharge dans uu vase de verre ouvert plein d'eau et menée au travers

de l'eau, brise le vase, quoique la résistance de l'eau paroisse presque nulle. - - -

Mr. de T. Ceci m'étonne, et prouve, plus que la fente du cylindre de bois, la violence et l'énorme vîtesse de la décharge. Qu'est-ce donc que l'Electricité, si elle n'a pas besoin de résistance pour produire tant de fracas?

Mr. de L. C'est une magicienne.

Mr. de P. Voici une autre expérience. Placez une plaque de verre de 3 à 4 pouces de longueur sur un isoloir; collez à chacun de ses bouts une petite bande de feuille d'étain, entre les quelles il reste une surface de verre de 3 pouces non armée, et opérez la décharge d'une petite batterie par ces deux feuilles d'étain sur la surface du verre. Vous verrez le chemin de l'électricité marqué par un dessein qui offre les couleurs des cercles colorés; ce qui provient d'une infinité de lames de verre extrêmement minces que l'E a détachées du reste de la masse en forme d'écailles encore adhérentes.

Faites passer la décharge au travers de l'épaisseur d'un jeu de cartes. Vous ne vous étonnerez pas que les cartes en soient percées; mais ce qu'il y a de bien remarquable, c'est que ce trou soit à la couche du milieu à peine aussi gros que s'il eut été fait avec la pointe d'une épingle et, pour les autres cartes, accompagné de déchirures toutes plus grandes les unes que les autres en avançant du milieu vers les deux côtés et que les lèvres de ces déchirures sont toutes tournées, et de chaque côté, vers l'extérieur. Ce phenomène nous prouve qu'à la jonction des deux E dans un très petit point sur la carte du milieu, il se déploye une élasticité

violente à la quelle nous devons les déchirures tournées vers l'extérieur.

Mr. de T. Puisque nous avons fait la paix, permettez moi de vous prier de m'expliquer comment on opère ces décharges des batteries électriques sur les corps qu'on veut exposer à cette vive action de l'électricité ; j'avoue que je n'en comprends pas le mécanisme.

Mde de L. Je me trouve dans le même cas.

Mr. de P. Eh! bien, dessinons. AB (fig. 31) est une tablette de bois bien sec et vernissée, sur la quelle s'élèvent deux colonnes de verre EC, EC vernissées à gomme laque et surmontées d'une boule de métal D, D. Chacune de ces boules est percée d'un trou dans le quel on a soudé un tuyau de métal ce, ce, au travers des quels passent les tiges bgd à frottement, terminées chacune par les boules d et b, vissées à leurs extrémités. Ces tiges sont courbées à leurs extrémités gd. Vous voyez que cette construction donne la facilité d'approcher ou d'éloigner les boules d et d l'une de l'autre à volonté et en outre de les placer à différentes hauteurs égales ou inégales et de les éloigner l'une de l'autre à volonté dans un plan horizontal. Les bouts des tiges, sur les quels les boules d, d sont vissées, sont terminés en pointe afin que, lorsqu'on enlève les boules, on puisse opérer avec ces pointes. En outre les boules D et D sont fixées sur les supports CE de sorte qu'on puisse les tourner à droite et à gauche et par là les tiges avec leurs boules d, d.

Au milieu de la tablette AB se trouve un bout, de colonne de bois bien sec et vernissé, percé sur sa longueur, de même que la tablette, pour recevoir un cylin-

dre de verre il qu'on peut fixer à différentes hauteurs au moyen de la vis de pression m. Ce cylindre porte un disque de verre hk qui fait l'effet d'une petite table, sur la quelle on pose les objets entre les boules d, d, qu'on veut exposer à la décharge d'une batterie ou d'une seule bouteille de Leyde. Deux fils de métal, suspendus aux tiges bgd, dont l'un communique à l'armature extérieure et l'autre à l'armature intérieure de la batterie, opèrent la décharge.

Mde. de L. Voilà un meuble qui me plait; il est bien commode.

Mr. de P. Lorsqu'on a des corps d'une grande longueur, qu'on veut exposer à ces décharges, on a deux colonnes de verre, libres, fixées sur un pied de bois et surmontées d'une boule de métal aux quelles on peut fixer les bouts d'un fil de métal, quelque longueur qu'il ait.

Comme madame de L paroit satisfaite de l'instrument que je viens de décrire, terminons cette soirée, pour la laisser dans ces bonnes dispositions jusqu'à demain, dans l'espérance de l'augmenter par les phénomènes chimiques de l'Electricité.

Soixante quinzième entretien.

Mr. *de R.* La soirée d'aujourd'hui sera une fête pour moi et j'espère pour monsieur le Comte. Nous célébrerons le mariage de l'Electricité avec la Chimie.

Mr. de P. Pardon, monsieur de R., ce ne sera encore que les fiancailles; les noces viendront plus tard; cependant j'espère que celles-là vous intéresseront déja.

Je suppose que nous aions une batterie d'environ 30 pieds carrés de surface armée et bien chargée. Prenons d'abord un fin fil de fer de $\frac{1}{160}$ de pouce de diamètre et long de 36 pouces et exposons le à la décharge de la batterie. Il s'échauffera considérablement et s'oxidera un peu à sa surface.

Prenons un autre fil de fer de même épaisseur, et long de 30 pouces. La même décharge le fera rougir sur toute sa longueur et sa surface sera plus oxidée que celle du premier.

Prenons un nouveau fil de même épaisseur et long de 24 pouces; la décharge le fera rougir sur toute sa longueur, sa surface se fondra et la matière fondue se réunira en très fines perles sur le reste du fil qui n'est pas

fondu et se trouve par là réduit à moins du tiers de son épaisseur.

Prenons un antre fil de fer de même épaisseur que dans les expériences précédentes et long de 24 pouces. La décharge le fera rougir et fondre sur toute la longueur; les gouttes tomberont à terre et se trouveront être du deutoxide de fer.

Mde. de L. Avez-vous encore bien des miracles à faire sur votre fil de fer?

Mr. de P. Encore un, madame, et c'est le plus beau de tous.

Plaçons sur la petite table ronde hk (fig. 31) de notre instrument à décharge, un morceau du papier long de 5 pouces et demi et large d'environ 4 pouces, et un fil de fer de même épaisseur que les précédents et long de 6 pouces sur la longueur du papier, ensorte que le fil de fer dépasse de 3 lignes les bords du papier, et placez les boules d et d de l'instrument à 3 lignes des bouts du fil de fer. Le tout étant ainsi arrangé, déchargez la batterie et vous verrez au même instant le fil de fer s'enflammer et fournir une fumée dont une partie s'élève dans l'air, l'autre se fixe sur le papier et y peint une figure comme de nuages striés, bruns et jaunes. Cette fumée, celle qui s'échappe et celle qui se fixe sur le papier, est un mélange de deutoxide et de tritoxide de fer. Représentez vous, madame, ce bruit de la décharge, l'étincelle vive qui l'accompagne, la flamme et la fumée du fil du fer, la disparition du métal et la figure peinte comme par magie sur la feuille de papier, et vous avouerez que cette expérience est une des plus brillantes qu'offre la Physique.

Mde. de L. Certainement, et rien n'approche davantage des effets de la magie dont on remplit les romans d'aujourd'hui. Mais veuillez me dire comment l'on peut savoir si la fumée qui s'envole est aussi de l'oxide de fer.

Mr. de P. Cela est bien facile. Préparons de nouveau la même expérience. Voilà donc le fil de fer de 6 pouces de longueur sur la feuille de papier et les boules à leur place. Couvrons à présent cette première feuille d'une seconde et faisons partir l'étincelle. A l'instant la seconde feuille s'envole à plusieurs pieds de distance, empreinte d'une figure semblable à celle dont la première est peinte et l'on voit peu de fumée perdue. Souvent la première est percée de plusieurs trous et la seconde est de règle déchirée à plusieurs endroits.

J'ajoute à ces belles expériences que tous les métaux qu'on peut faire passer par la filière ou le laminoir sont soumis à ces grands effets de l'Electricité, que tous fournissent des figures de ce genre, mais modifiées quant à l'étendue, aux contours et à la couleur. L'or fournit la plus belle de ces figures. Ses nuages, en partie arrondis, en partie élancés, sont de couleur de pourpre de toutes les teintes jusqu'au brun foncé qu'elles tiennent de l'alliage de cuivre qu'on donne ordinairement à l'or. Celles de plomb sont d'un gris clair et foncé; Celles de cuivre sont de verd qui va du plus clair presque jusques au noir; Celles de laiton sont d'un brun foncé bordé de jaune; celles d'argent sont d'orange clair crayonné de brun. Celles d'étain sont les plus singulières. Elles sont d'un jaune brunâtre et en outre l'oxide s'élance avec tant de force sur la surface du papier

qu'il décrit quantité de traits rectilignes et curvilignes d'un jaune clair et des suites de points de la même couleur, au milieu des quels se trouve un point brun. Pour obtenir cette figure entière, il faut une grande feuille de papier.

Van Marum a fait ses expériences en grand et peint toutes ces figures; et pour vous donner une idée de la force de sa grande batterie, il suffit de vous dire qu'il a fondu un fil de fer de $\frac{1}{240}$ de pouce de diamètre et 600 ponces ou 50 pieds de longueur.

Mr. de L. J'avoue que ces expériences sont admirables. Elles m'étonnent d'autant plus que nous voyons l'or s'oxider, ce qui n'a pas lieu, même au soufflet de Neumann.

Le Comte C. Mon Général! vous sortez de votre caractère en jouant le rôle d'admirateur.

Mr. de L. Ces corps de foudre, qui fondent et oxident les métaux en un clin d'oeil, commandent l'admiration. Il faudroit être stupide pour s'y refuser. Mais d'où vient cette chaleur prodigieuse et cette oxidation?

Mr. de P. Quant à la chaleur, nous en ferons un jour un objet de dispute; ainsi patience, mon Général. Quant à l'oxidation, elle se fait par l'action de l'oxigène de l'atmosphère; et nous voyons que l'électricité augmente l'affinité des métaux pour le gaz oxigène ou de ce gaz pour les métaux, autant et plus que ne le font les plus violents degrés de chaleur. Car vous avez fort bien remarqué que le soufflet de Neuman même ne peut pas oxider l'or, quoiqu'il le fonde et le volatilise. Et nous savons que c'est l'oxigène de l'air qui se joint au

métal, par ce que, lorsqu'on fait l'expérience dans un tube plein d'air non respirable, le métal se brise en morceaux, se fond, mais ne s'oxide pas.

On a cru que les décharges électriques décomposent les oxides. En effet van Marum, qui a fait les expériences en apparence les plus décisives sur ce point, a cru avoir mis cette désoxidation hors de doute. Mais il s'est trompé et nous verrons bientôt ce qui l'a induit à erreur. Passons à d'autres inflammations. Elles se font bien plus facilement que celles des métaux. Il suffit pour cela d'une simple bouteille de Leyde bien chargée. Pour allumer la poudre à fusil on en emplit un tuyau de plume dans chaque bout du quel on enfonce une pointe de métal, de sorte que les pointes se trouvent à environ un pouce de distance l'une de l'autre. La décharge de la bouteille de Leyde allume à l'instant la poudre.

On allume le soufre et la résine, réduits en poudre aussi facilement. Pour cet effet on enveloppe une des boules de l'excitateur avec du coton qu'on saupoudre avec l'une ou l'autre des ces substances inflammables, on touche la surface extérieure de la bouteille avec la boule de l'excitateur qui est à nud et approche l'autre, qui est saupoudrée, du crochet de la bouteille. L'explosion allume ces poudres. Un morceau d'amadou s'allume de la même manière.

Si au lieu de saupoudrer le coton qui enveloppe l'une des boules de l'excitateur, on l'imbibe d'esprit de vin, la décharge de la bouteille de Leyde allumera l'esprit de vin tout aussi facilement.

Les métaux en feuilles minces, telles que les feuilles d'or, attachées à une des boules de l'excitateur, s'allument et s'oxident comme les fils par la batterie.

Enfin la plus importante de ces inflammations est celle d'un mélange de gaz oxigène et hydrogène. L'appareil pour cet effet est bien simple. C'est un tube de verre très épais (fig. 32) fermé par le haut et dont la partie inférieure est évasée en forme de pied. Vers le haut sont deux trous dans les quels on mastique deux fils de métal ac, ac d'une ligne d'épaisseur, terminés à l'extérieur par une petite boule. Ce tube peut avoir intérieurement 6 lignes de diamètre et 5 à 6 pouces de hauteur. On le place plein d'eau ou de mercure sur le banc d'un appareil pneumatique à eau ou à mercure, et précisément au dessus du trou pratiqué dans ce banc, et on y fait monter le mélange de gaz jusqu'à un peu moins de la moitié, en sorte que l'eau ou le mercure se tienne à la hauteur ed. Alors on fait la décharge de la bouteille de Leyde au travers des deux fils de métal. Le gaz s'enflamme à l'instant, repousse par son élasticité le liquide vers le bas, qui remonte l'instant d'après et remplit le tube presque entièrement, si l'on a employé des gaz bien purs et dans la proportion nécessaire à la composition de l'eau. Pour empêcher que l'explosion ne renverse le tube on le tient avec la main à sa partie inférieure.

Mr. de R. C'est l'expérience de l'eudiomètre de Volta.

Mr. de P. Tout juste, avec cette différence qu'ici nous ne nous soucions pas de mesurer le résidu et que parconséquent nous n'avons pas besoin du reste de cet

appareil. Il nous suffit de voir l'inflammation et la formation de l'eau, celle-ci ne restant nullement douteuse si l'on a employé du mercure au lieu d'eau. On fait cette expérience d'une autre manière et avec de plus grandes portions de gaz avec un appareil nommé *pistolet électrique*. C'est un tuyau de métal en forme de pistolet; au quel on adapte les deux fils de métal ac, ayant au reste soin de les isoler dans de petits tubes de verre. Lorsque le pistolet est chargé avec le gaz détonnant on en ferme l'embouchure avec un bouchon de liège que l'inflammation fait sauter avec d'autant plus de violence qu'il a été enfermé plus fortement. Je me sers pour cette expérience du petit mortier (T. III., fig. 19) qui a servi à la détonnation de la vapeur.

La bouteille de Leyde n'est nullement nécessaire pour allumer le mélange de gaz hydrogène et oxigène. La plus foible étincelle électrique tirée d'un conducteur suffit pour cette inflammation. C'est ainsi que s'allume le gaz hydrogène même dans l'air atmosphérique au sortir du vase de la *lampe électrique*.

Mr. de L. J'ai vu une de ces lampes et je désirerois bien en connoitre la construction.

Mr. de P. Représentez vous d'abord un vase d'une forme quelconque, dont l'ouverture supérieure soit étroite, puis un second vase, plus petit, au dessus du grand et joint à celui-ci par une virole. On remplit le grand vase de gaz hydrogène et le petit d'eau. Cette virole est bien importante elle porte la plûpart des pièces qui produisent le jeu de la machine. D'abord elle porte un tube conique horizontal de laiton, très étroit,

qui communique avec le grand vase et par le quel le gaz hydrogène peut s'écouler lorsqu'il y est forcé par la pression de l'eau du petit vase. Elle contient en outre un robinet à la manière de Senguerd, percé de deux trous, de sorte que, quand il a une certaine position, il y a communication d'un côté entre le tube conique et le gaz hydrogène et de l'autre côté entre le grand vase et le petit, pour faire écouler l'eau de celui-ci dans celui-là, au moyen d'un tube qui descend du robinet jusqu'au fond du grand vase. La pression de la colonne d'eau, qui en résulte, force le gaz à s'écouler. Lorsqu'on tourne ensuite le robinet d'un quart de cercle, cette communication est interrompue et il ne se fait écoulement ni d'eau ni de gaz.

Le bout extérieur du robinet porte un quart de poulie à la quelle un cordon de soye est noué par un bout et par l'autre à une petite boule de métal qui surmonte un fil de métal vertical, ordinairement renfermé dans un tube de verre. Lorsque le robinet s'ouvre, il fait monter le fil de métal et la boule, jusqu'à ce qu'elle touche une pièce de laiton dont je parlerai tout-à-l'heure. Quand on ferme le robinet ce fil de métal retombe. Tout auprès de la petite ouverture du tube conique qui laisse échapper le gaz, un peu en avant, sont deux pointes émoussés de laiton à 2 ou 3 lignes l'une de l'autre. L'une des deux, celle que la boule du fil de laiton touche lorsque le robinet est ouvert, est isolée sur sur le bras de verre horizontal, fixé à la virole; l'autre est fixée tout simplement par son prolongement métallique à la même virole ou au tube conique de métal, en sorte que cette seconde pointe se trouve

en communication avec le sol par la main qui tourne le robinet.

Vous concevez donc, madame, que, si l'on électrise le fil de métal et sa boule, il sautera une étincelle d'une pointe à l'autre au travers du courant de gaz hydrogène; et c'est cette étincelle qui l'allume; et ce courant de gaz brûlera aussi longtems que le robinet sera ouvert, la portion allumée allumant la portion qui lui succède. Ainsi si l'on place la mêche d'une bougie dans la direction de ce gaz enflammé, elle s'allumera. Un bras de métal, ou autre, fait en forme de pince tient ordinairement la petite bougie à la place convenable.

Voyons à présent comment on produit le peu d'électricité nécessaire à cette opération. Représentez vous, madame, sous tout cet appareil une caisse de bois d'environ un pied de longueur et largeur, et de 3 à 4 pouces de hauteur. On place dans cette caisse un petite électrophore avec son plateau après qu'on a bien frotté le gâteau de résine. Ce couvercle n'a pas besoin d'être touché pour se charger de + E, par ce qu'une feuille d'étain collée sur la résine et en communication avec l'enveloppe, qui est tout simplement de fer-blanc, touche le plateau lorsqu'il repose sur la résine. Le plateau est fixé du côté opposé à charnière sur les bords de l'enveloppe au moyen d'un bâton de verre qui empêche la communication avec l'enveloppe de ce côté là, et l'isole tout-à-fait lorsqu'on le soulève. De l'autre côté, là où est la bande de feuille d'étain, le plateau a un crochet dans le quel s'accroche le bout inférieur du fil de métal que le robinet élève et abaisse. Ainsi lorsqu'on ouvre le robinet pour faire écouler le gaz hydro-

gène, le plateau, chargé de + E s'élève et communique son électricité à la pointe isolée qui doit fournir l'étincelle.

Mde. de L. Cet appareil me plait.

Mr. de P. En effet il est joli; on le construit souvent avec beaucoup d'élégance et sert d'ornement à la plus belle chambre. Mais j'avoue que je ne me fie pas beaucoup à son effet pour servir de briquet. Rarement cet appareil est bien en ordre. Tantôt le robinet ne fait pas son devoir ou laisse échapper le gaz; tantôt c'est le gaz ou l'eau qui manquent. Bref, je ne l'aime que comme meuble et objet d'amusement.

Puisque j'en suis à vous décrire des joujoux, permettez moi d'en ajouter un second, qui est également susceptible de décoration. C'est une petite maison, clocher ou église, composée d'un grand nombre de pièces posées les unes sur les autres, de sorte que lorsqu'on en fait sauter une, tout le reste s'écroule. Cette opération se fait par la décharge d'uue bouteille de Leyde qu'on fait passer entre deux de ces pièces de rapport, au moyen de deux petits conducteurs, qui aboutissent entre ces deux pièces sans se toucher, et dont les autres bouts sont fixés l'un au haut du toit, l'autre vers le bas de la maison. On met celui-ci, au moyen d'une légère chaine, en communication avec l'armature extérieure de la bouteille et l'on fait la décharge sur le bout de l'autre au dessus du toit. C'est le coup de foudre en miniature. On ne manque pas, pour rendre l'effet plus frappant, d'interrompre le conducteur qui descend du toit à l'intérieur pour faire passer la décharge sur un flocon de coton

imbibé d'esprit de vin, pour produire l'incendie en même tems que la destruction d batiment.

La décharge de la bouteille de Leyde décompose l'eau. Pour obtenir cet effet on se construit l'appareil suivant: ABCD est un tuyau de verre d'environ 6 lignes de diamètre intérieur et long de 3 pouces qu'on ferme à ses deux bouts par deux bouchons de liège, dont l'un a sur sa longueur une entaille oi qui permet à l'eau, dont on a rempli le tuyau, de s'écouler au besoin. Ces deux bouchons sont percés sur leur longueur pour recevoir à frottement deux fins tubes de verre ae, ae, dans les quels on a mastiqué deux très fins fils cb, cb, de platine ou d'or, dont le bout c dépasse à peine le tube de verre. Ce bout en outre est aiguisé en pointe de la plus grande finesse. Les deux bouchons étant ainsi préparés, on enfonce d'abord celui qui n'a point de rainure dans le bout AD du tuyau. Puis on remplit le tuyau d'eau distillée et on enfonce l'autre bouchon de sorte qu'il ne reste aucune bulle d'air dans l'intérieur. L'appareil étant en cet état on fait passer une faible décharge de la bouteille de Leyde au travers de l'eau, qui se trouve entre les pointes c et c, au moyen des fils d'or. Au moment de la décharge on voit à chaque pointe c de très petites bulles de gaz se dégager et monter à la surface de l'eau. Pour répéter cette opération souvent et avec facilité on se sert d'une machine électrique qui fournit en même tems + E et — E et l'on approche de chaque crochet b des fils de métal cb un conducteur dont l'un ammène + E et l'autre — E. En faisant tourner le plateau de la machine il s'opèrera quantité de foibles décharges dont chacune livrera ses petites bulles de gaz

à chaque pointe. Ce gaz se fait place en faisant écouler l'eau par la rainure du bouchon. Lorsqu'on a produit une quantité notable de ces gaz on peut les faire passer dans un instrument de détonnation de petit calibre, comme celui qne je viens de décrire (fig. 32) et l'on voit avec plaisir que ce gaz s'enflamme et détonne comme tout autre mélange de gaz hydrogène et oxigène.

Si, au lieu de fils d'or ou de platine, on en a employé de fer, de cuivre ou de laiton, ou même d'argent, le fil qui reçoit l'électricité positive ne fournit pas de gaz. Par contre on trouve à la fin de l'opération cette pointe oxidée et l'autre pas. Ce qui indique que le gaz oxigène se dégage du côté de l'électricité positive et l'hydrogène du côté de l'électricité négative.

Mr. de R. Ainsi l'électricité compose et décompose l'eau! Deux opérations diamétralement opposées l'une à l'autre. Pourquoi ne pourroit-elle pas aussi composer et décomposer les oxides métalliques?

Mr. de P. L'Electricité décompose les oxides assurément, et nous verrons à la suite cette opération dans de brillantes expériences, mais pas à elle seule, comme v. Marum l'a cru; elle a besoin du gaz hydrogène, comme elle a besoin de l'oxigène pour les composer. Van Marum avoit employé pour ses expériences des bandes de toile mouillées comme derniers conducteurs qui touchoient la poudre des oxides. Or vous savez à présent que la décharge électrique décompose l'eau; et c'est le gaz hydrogène qui, dans les expériences de van Marum, a opéré la décomposition en très petite quantité, nullement en proportion de l'é-

norme décharge que le célèbre Physicien avoit employée, mais qui étoit en proportion de la très petite quantité de gaz hydrogène produit par la portion d'eau décomposée.

Nous avons vu qu'un mélange de gaz hydrogène et oxigène éprouve le plus grand changement possible par l'action de l'électricité. Les autres mélanges de gaz n'en éprouvent pas de moindres, qnoique les effets ne soient pas si saillants. Si l'on expose de ces mélanges à un courant d'étincelles électriques très énergiques, produites par une forte machine, ou obtient les résultats suivants :

Un mélange de gaz oxigène et azote fournit de l'acide nitrique ou nitreux selon la plus ou moins grande abondance de l'oxigène. Il en est de même du deutoxide d'azote. Le gaz ammoniac se trouve décomposé en gaz hydrogène et en gaz azote.

Les gaz simples et tous ceux sur les quels l'électricité n'opère ni composition ni décomposition chimique, éprouvent néanmoins quelque influence de la part de cet agent universel. AB (fig. 34) soit un tuyau de verre de 2 pouces de diamètre et de 8 pouces de longueur, fermé à ses deux extrémités par les deux viroles de métal ab et fd, et fixé sur une planchette de bois. La virole inférieure porte dans l'intérieur du tuyau une tige de métal o surmontée d'une petite boule c. Une tige semblable, terminée à ses deux bouts par les boules e et q, traverse la virole supérieure. Cette même virole est traversée par un fin tube de verre ok, ouvert par les bouts, dont l'inférieur se trouve proche de la virole inférieure. La partie extérieure de ce tube a une

échelle. Enfin on a pratiqué à la virole fd un trou à vis qu'on ferme ou ouvre à volonté. Du reste toutes les autres ouvertures de ce vase sont bien fermées, et ne laissent aucun passage. L'instrument étant fait, on l'emplit d'abord d'eau et ensuite du gaz qu'on veut soumettre à l'expérience, en sorte cependant qu'il reste de l'eau jusqu'à la hauteur gh, dans la quelle le tuyau ok plonge. En outre on comprime le gaz tant soit peu, afin que l'eau monte dans le tuyau jusques en p, un peu au dessus de la virole fd. Le tout étant ainsi préparé, on a l'instrument de Kinnersley ou le *thermomètre électrique*. Alors on enveloppe la virole inférieure ab d'une petite chaine de métal qu'on met en communication avec la surface extérieure d'une bouteille de Leyde chargée, et l'on opère la décharge sur le bouton q, décharge qui passe au travers du gaz par le moyen des boules intérieures c et e. Au moment de la décharge on voit monter l'eau de quelques degrés dans le tuyau et retomber l'instant d'après à sa hauteur précédente. Ainsi l'explosion de la bouteille a produit une dilatation instantanée dans le gaz.

Mde. de L. Voilà bien des faits intéressants!

Mr. de P. Et qui me suffisent pour vous donner les premiers principes de la théorie de l'Electricité.

Mde. de L. J'en serai charmée et la plûpart de ces messieurs, à ce que j'imagine; car nous sommes tous curieux de voir comment les Physiciens raisonnent sur ces phénomènes aussi importants que curieux.

Mr. de P. La première question, que nous avons à examiner, porte sur la nature de l'Electricité. Est-ce

une substance matérielle, une matière particulière, qui produit les effets que nous nommons électriques?

Mr. de L. Vraiment! Cette question est au moins singulière. Ce qui affecte si fortement toute l'organisation animale, ce qui produit de si grands effets de lumière, ce qui cause des mouvemens mécaniques et surmonte des résistances qu'on ne peut évaluer que par milliers de livres, ce qui fournit une chaleur capable de fondre et volatiliser les métaux les plus revêches à la fusion, ce qui enfin effectue les plus grandes opérations chimiques, ce sera, j'espère, quelque chose, une matière quelconque, aussi bien que le calorique et les luminiques.

Mde. de L. Mon ami! Que j'ai de plaisir à vous voir parler avec cette vive éloquence!

Mr. de L. C'est pour faire sentir l'inutilité, j'aurois presque dit, la pédanterie d'une pareille question.

Mr. de P. Et cependant, Général, j'ai du la proposer, non que, pour ma propre conviction, j'aie besoin d'en faire l'examen. Mais nous avons plusieurs Physiciens, tout aussi persuadés que moi, qui dans leurs ouvrages parlent toujours dans ce sens, mais qui croient ne pouvoir pas se dispenser de faire à leur Logique le compliment du doute, qui affectent une conscience infiniment délicate sur ce point pour jetter sur leurs autres assertions, souvent douteuses, le lustre qui résulte de cette délicatesse de conscience.

La matière électrique, il est vrai, n'affecte nullement la balance la plus sensible, et sa vîtesse ne peut également être mesurée; car on a prouvé par l'expérience que la bouteille de Leyde se décharge tout aussi

vîte le long d'un fil de métal de plusieurs lieues de longueur que le long d'un fil d'un pied de longueur, c. à. d. dans un espace de tems indivisible pour nous. Mais n'avons-nous pas observé une vîtesse semblable dans la marche de la lumière? Et le calorique se trouveroit peut-être avoir une vîtesse non moins prodigieuse, si nous pouvions le transmettre dans l'air à de grandes distances sans le raréfier et l'épuiser au point que nos meilleurs thermomètres cessent d'en indiquer la présence à de grandes distances.

Mais voici une autre question que nous ne déciderons pas, j'espère, à coups de sabre. L'Electricité nous offre deux suites de phénomènes analogues l'un à l'autre et cependant très différents les uns des autres; nous les avons désignés par les noms d'électricité positive et négative. Statuerons-nous deux substances électriques ou une seule?

Le Comte C. Cette question a été longtems un objet de dispute; j'ignore si elle l'est encore; et c'est, je crois, aux phénomènes à décider.

Mr. de P. Assurément. Du Fay, qu'on peut regarder en quelque sorte comme le père de l'Electricité, admettoit deux substances. Nollet se restraignit à une seule et traita cette matière un peu à la Cartésienne. L'immortel Franklin opina également pour une seule matière et bâtit un système, au moyen du quel il se croyoit en état d'expliquer les phénomènes des deux électricités. Voici en peu de mots le précis de ce système.

Il existe une seule matière électrique répandue dans tous les corps; ses parties se repoussent mutuellement

et sont attirées par les autres corps. Les conducteurs sont perméables à cette matière, les isolateurs sont imperméables. Du reste tout corps, sans distinction, contient une certaine portion de cette matière, sans qu'il donne aucun signe d'électricité; c'est l'état naturel. Un corps électrisé est celui qui a plus d'électricité qu'il n'en peut contenir dans l'état naturel, si son électricité est positive, et moins, si elle est négative; et Franklin a admis que ce que l'on nomme électricité vitrée est la positive.

Mr. de V. Ainsi la différence entre + E et — E, selon Franklin, consiste en un plus ou moins.

Mr. de P. Oui, et ce grand homme fait consister tous les phénomènes électriques dans le défaut d'équilibre et dans le partage de cette matière entre les corps qui en contiennent des quantités inégales.

Voilà les principes; voyons les explications. Deux corps, tous deux positifs, se repoussent par la force répulsive de la matière électrique.

Deux corps, dont l'un a + E, l'autre — E s'attirent, par ce que le surplus de l'un attire plus fortement l'autre corps que la moindre E de celui-ci ne repousse le premier. Cette explication va aussi à deux corps dont l'un a + E, l'autre o E. Si tous deux sont négatifs, il faut ne pas oublier que l'air ambiant a lui-même plus d'E que ces deux corps et que l'électricité de cet air, compris entre les deux corps, se repousse elle-même et en même tems les particules d'air aux quelles elles adhérent; ce qui fait que les corps sont repoussés.

Mr. de V. Cette dernière explication me paroit un peu forcée.

Mr. de P. Elle a paru telle à bien des Physiciens et le système de Franklin n'eut jamais obtenu la grande vogue qu'il a eue, s'il n'avoit pas semblé expliquer complettement le phénomène imposant de la bouteille de Leyde, d'ailleurs inexplicable alors. Franklin regarde le verre comme imperméable à la matière électrique, mais pas à son action répulsive sur l'électricité qui se trouve au delà du verre. Lors donc que l'on charge l'intérieur d'une bouteille de Leyde de + E, c. à d. en surplus, sans pouvoir se répandre au travers du verre, elle repousse la matière électrique qui se trouve naturellement à la surface extérieure et fait par là que cette surface a moins d'E que dans son état naturel, ou se trouve chargée négativement. Lors donc qu'on fait communiquer ensemble les surfaces intérieures et extérieures au moyen de l'excitateur, le surplus de l'intérieur se précipite sur l'autre surface avec d'autant plus de violence que la différence est plus grande.

Mr. de V. J'avoue que je ne vois pas trop comment le surplus d'électricité de l'intérieur peut agir sur celle de l'extérieur, si le verre n'est pas perméable à la matière électrique. Car qu'est-ce-qui agit au travers du verre? Un être materiel ou immatériel?

Le Comte C. Je ne conçois même pas comment, cette action incompréhensible étant même donnée, l'on explique dans ce système la charge positive de la surface extérieure de la bouteille de Leyde quand on charge l'intérieure négativement. Car je ne vois pas pourquoi, lorsqu'on enlève à celle-ci de sa matière électrique, l'autre en doive acquérir tout autant de plus, excepté le cas où l'on isole la bouteille et qu'on la charge in-

térieurement de + E et extérieurement de — E. Pour le cas où la bouteille n'est pas isolée et chargée uniquement à l'intérieur, la charge extérieure en + E reste sans explication.

Mr. de P. Vous faites, messieurs, de très bonnes objections contre le système de Franklin; permettez moi d'en ajouter deux autres qui, je crois, doivent completter la chûte de ce système.

La première est une expérience que nous devons à Franklin lui-même, celle de la roue de réaction. Reprenons la figure (fig. 7) que je vous ai dessinée, et souvenez vous que, de quelque électricité qu'on la charge, elle se tourne toujours dans le même sens.

Le jeune de L. Je crois que le système de Franklin peut encore être sauvé naufrage. Lorsque le fil de métal reçoit + E, il est clair que l'écoulement de ce surplus dans l'air doit opérer la réaction dans le sens contraire à l'écoulement. Quand on l'électrise négativement, ou lorsqu'on lui enlève de sa matière électrique, alors celle de l'air et l'air lui-même se précipite sur les pointes et les force par ce choc au recul.

Mr. de P. La défaite est ingénieuse et bien dans le système. Je pourrois, à la vérité, y faire quelque objection; mais il suffit du phénomène seul pour la réfuter. D'après cette explication il se formeroit du vent qui se précipiteroit sur la pointe; mais le fait est que les pointes souflent et ne sont pas souflées.

La seconde objection contre le système est puisée dans les effets chimiques des électricités sur l'eau. L'électricité positive dégage le gaz oxigène, la négative le gaz hydrogène. Or, de quelque manière que cela se

fasse, il est clair que ces deux opérations supposent deux agens spécifiquement différents les uns des autres et non de même nature. Lorsque par ex: nous voulons décomposer l'eau par le charbon ou un métal, nous n'enlèverons jamais que l'oxigène, que nous employons une grande ou une petite quantité de charbon ou de métal.

Mr. de L. Ainsi il faudra statuer deux matières électriques?

Mr. de P. Assurément, puis qu'une ne suffit pas et que nous voyons des effets chimiques d'un côté essentiellement différents de ceux de l'autre. Le Physicien anglois Robert Symmer est regardé comme l'auteur du système qui se base sur les deux matières électriques.

Mr. de R. Je suis bien curieux de connoitre ce système.

Mde. de L. Moi aussi.

Mr. de P. Vous le connoissez, madame, parfaitement; il est contenu dans la manière dont j'ai eu l'honneur de vous présenter les phénomènes électriques. Si vous avez trouvé de la conséquence dans cet énoncé, si vous avez compris le jeu des deux électricités, ce système vous est connu et, qui plus est, à l'abri de tout reproche.

Mde. de L. (étonnée) Mais cela est vrai. Comment n'ai-je pas d'abord senti cela?

Mr. de P. Permettez moi, madame, de vous offrir à présent deux questions qui offrent plus de difficultés.

Plusieurs Physiciens sont de l'opinion que, dans les étincelles et les explosions de la bouteille de Leyde, c'est l'électricité positive qui fait le chemin entre les

boules au travers de l'air ou des corps isolants que la décharge fracasse ou perce. D'autres assurent que les deux électricités participent à cette marche. Les premiers apportent en preuve sur tout l'expérience suivante :

On suspend une carte (fig. 35) par deux fils de soie et l'on applique de chaque côté de la carte une pointe métallique bg et af, en sorte que ces pointes touchent la carte, mais à différentes hauteurs. Puis on décharge une grosse bouteille de Leyde ou une petite batterie par les deux pointes. Supposons que la pointe supérieure bg reçoive — E et l'inférieure + E, ce sera de règle à la pointe b que la carte sera percée. D'où l'on conclut que l'électricité positive fait tout le chemin ab, tandis que l'électricité négative l'attend au point b. Lorsqu'on fait l'expérience dans un air moins dense sous la cloche de la pompe pneumatique, le trou s'éloigne de b à mesure qu'on dilate l'air. On a conclu de là que l'air atmosphérique oppose par sa pression une moindre résistance à + E qu'à — E. Qu'en pensez-vous, messieurs?

Mr. de R. Moi, je pense tout bonnement que la chose est décidée par ces expériences et que l'électricité positive seule fait le chemin.

Le Comte C. Il ne paroit pas ainsi dans l'expérience où l'on perce un jeu de cartes. Les pointes ou les boules sont, à la vérité, vis-à-vis l'une de l'autre. Mais la pression de l'air n'en existe pas moins entre les cartes, et si nous en avons 32, il y a 31 couches d'air dont la pression doit être vaincue. Si donc ce principe étoit vrai l'électricité positive devroit également faire tout le chemin et les déchirures devroient toutes être tour-

nées du côté négatif. Ce qui n'a pas lieu, la direction des déchirures partant du milieu et s'élargissant de chaque côté.

Mr. de V. Il me semble que la chose peut se décider sans des expériences bruyantes. Lorsqu'on électrise un conducteur armé d'une poiute fine et qu'on place vis-à-vis une autre pointe fine, l'une et l'autre soufflent, ce qui prouve, à ce que je crois, que les deux E surmontent la pression de l'atmosphère.

Le jeune de L. Mais que ferez-vous de l'expérience que monsieur de P. a alléguée en faveur de l'opinion contraire.

Mr. de L. Moi, je prétends que cette expérience ne dit rien du tout, par ce qu'elle prouve tout aussi bien le contraire de ce qu'on veut lui faire prouver. Car nous pourrions supposer que l'électricité négative perce d'abord la carte et aille ensuite chercher l'électricité positive plus paresseuse qu'elle.

Mr. de P. Cette hypothèse n'est guères admissible, par ce que nous devons supposer (ce que prouve l'expérience avec le jeu de cartes) que la perforation ne se fait qu'à la jonction des deux E. La vérité est que l'expérience, que j'ai décrite, ne réussit pas toujours; le point de perforation est souvent plus ou moins éloigné de l'une ou l'autre pointe. De plus j'ai souvent vu que, lorsque je décharge une batterie autravers d'un fin fil de métal posé sur une feuille de papier, le papier se trouve percé et même déchiré à un ou plusieurs points qui se trouvent tantôt plus près tantôt plus loin de l'une ou l'autre des boules, lorsque la charge est plus que suffisante pour volatiliser le fil de métal.

Il en est de même lorsqu'on fait passer la décharge sur le papier seul, sans fil de métal. D'autres expériences, qu'on allègue encore en faveur de l'opinion que l'électricité positive est la seule qui se meut, tandis que l'autre l'attend, sont encore moins concluantes. En général ces expériences avec les cartes ou les feuilles de papier ne nous diront jamais rien de décisif, par ce que les données sont très variables. Telles sont la plus ou moins grande finesse des pointes, la difficulté du passage d'une des électricités ou de toutes deux au travers de la carte qui n'est sûrement pas la même sur tous les points de la carte, enfin la faculté conductrice de la surface de la carte qui peut être différente pour chaque E; car nous verrons à la suite que certains corps sont de meilleurs conducteurs pour une electricité que pour l'autre.

Mr. de R. Si cela est ainsi, l'expérience faite avec le jeu de cartes ne doit pas non plus toujours réussir.

Mr. de P. En effet la carte qui a le plus petit trou, celle dans la quelle les deux E se réunissent, n'est pas toujours précisement celle du milieu. Ce point de réunion varie de quelques cartes en de çà ou en de là. Mais sur cinquante fois au moins que j'ai fait cette expérience je n'ai jamais observé que le plus petit trou soit à la dernière carte du coté de — E. ..... Mais passons à une autre question encore plus importante que la précédente.

Nous voyons dans les phénomènes de la fusion et de la combustion des métaux, dans l'inflammation des autres substances inflammables, des degrés prodigieux de

chaleur se développer par l'action des deux électricités. D'où vient ce calorique?

Mr. de G. De la combinaison du gaz oxigène avec les substances inflammables, à ce qui me paroit.

Mr. de P. Oui, lorsque l'oxidation ou l'inflammation a déja commencé. Mais pour la commencer il faut les mêmes degrés de chaleur; et puis nous avons vu que les fils de métal plongés dans un gaz irrespirable s'échauffent jusqu'a se fondre. C'est de ce calorique, qui agit avec cette énergie énorme, que nous nous demandons compte. Voici l'idée que plusieurs des meilleurs Physiciens se font de cette production de chaleur:

Lorsqu'un gaz détonnant se trouve exposé à l'étincelle électrique, les parties de ce gaz sont refoulées, comprimées, les unes sur les autres, et l'effet de cette compression est, comme nous l'avons vu si souvent, un grand dégagement de chaleur; c'est cette chaleur qui produit l'inflammation. Les solides se trouvent dans le même cas; l'effet de la commotion refoule leurs parties, condense la masse et produit les degrés de chaleur suffisants à leur fusion et à leur oxidation. On conçoit la violence de ces commotions, lorsqu'on considère la vîtesse prodigieuse de l'électricité, qui malgré son impondérabilité est en état de produire ces effets prodigieux de Mécanique.

Mr. de T. Cette théorie me plait.

Mr. de G. A moi de même. Peut-on être d'un autre avis.?

Mr. de P. Consultons les faits; car une hypothèse ingénieuse n'est pas encore une théorie.

Mr. de L. Je ne vois pas ce qui pourroit manquer à celle-là.

Mr. de P. Peut-être la vérité du principe sur le quel elle est basée; pas autre chose, le reste étant d'ailleurs conséquent.

Mr. de R. Révoltons nous tous contre notre Maitre. La chose est si claire!

Mr. de P. Fort bien, et commencez vous-même par prouver la condensation en question dans les fluides élastiques, dans les liquides et dans les solides, produite par l'électricité.

Le Comte C. Je ne suis pas de la partie.

Mr. de R. Il me semble qu'elle est bien prouvée par les effets mécaniques que vous nous avez décrits et qui sont produits par les décharges de la bouteille de Leyde et de la batterie.

Mr. de P. Pardon, monsieur de R. Je prétends que tous ces faits prouvent le contraire.

Mr. de L. Cela est fort! Je suis tout oreille.

Mr. de P. Commençons par les gaz. L'expérience de Kinnersley prouve évidemment, non une condensation de l'air contenu dans le gros tuyau, mais une dilatation.

Mr. de R. Cette dilatation provient de la chaleur causée dans la petite portion d'air exposée à l'étincelle, chaleur produite par la condensation qui l'a précédée.

Mr. de P. Fort bien! Mais la preuve de cette condensation qui a précédé — où est-elle? Et si elle avoit eu lieu, nous aurions vu tomber l'eau dans le tube étroit avant de la voir monter. Mais cela n'a pas lieu. De plus: Plaçons une pointe de métal près d'un courant

de gaz inflammable, ensorte que le courant électrique le croise à angles droits ou obliques, sans appliquer une autre pointe qui occasionne l'étincelle. Electrisez la pointe avec la plus forte machine et vous n'enflammerez pas le gaz, tandis que la plus foible étincelle, même d'une ligne de longueur, l'allume.

Mr. de R. Je conçois que là il n'y a pas de compression, parce qu'il n'y a pas de conflit des deux électricités comme dans l'étincelle.

Mr. de P. Ce conflict, s'il n'agit que mécaniquement, ne pourra rien faire que ce que l'écoulement simple fait; car il reste toujours de la place aux particules d'air pour s'évader de tous côtés. Si l'on veut parler ici de compression, il faut comprendre la chose autrement. Cette compression ne peut résulter que du choc de la matière électrique contre les particules du gaz qui, à raison de l'immeuse vîtesse de l'É, ne peuvent pas céder assez vîte, retenues par l'inertie, comme cela a lieu dans le son. Or l'écoulement de la matière électrique par une pointe doit avoir plus de vîtesse que l'étincelle qui sort d'une boule, par ce que la théorie et l'expérience s'accordent à nous dire que l'É. s'accumule en plus grande abondance par une pointe que par un corps de figure ronde.

Mr. de L. Vous serrez monsieur de R. furieusement.

Mr. de P. Et je vous ennuye peut-être, madame, par cette discussion. Mais comme l'opinion que je combats a nos plus grands maitres pour partisans, il est de toute nécessité que je vous présente mes raisons. Par-

lons des liquides. Nous avons vu que lorsqu'on fait passer la décharge d'une batterie au travers d'un tube de verre plein d'eau, le tube est fracassé. Est-ce là de la condensation, ou de la dilatation? Les atomes de gaz, qui se dégagent par cette décharge, ne font sûrement pas l'affaire. Bien plus: le même effet a lieu dans un vase tout ouvert. Comment appliquera-t-on ici la compression et la chaleur qui doit en résulter pour expliquer ces faits? Pour moi je n'y vois qu'un phénomène prodigieux de dilatation.

Considérons à présent le phénomène du jeu de cartes percées. Les deux E traversent, chacune de leur côté, la moitié des cartes et se rencontrent sur celle du milieu, à peu près; et alors se fait l'explosion qui perce et déchire les cartes du milieu vers l'extérieur; et après coup on ne découvre pas la moindre trace de combustion, quoique la carte se noircisse si facilement par la chaleur. Si les explosions que nous avons eues étoient les effets d'une chaleur produite par la condensation nous en verrions ici sans doute des traces. Le fracassement des verres, la fente du bois et tous les autres phénomènes semblables ne nous offrent également que des phénomènes d'une violente répulsion au moment où les deux électricités se réunissent, et non une condensation qui produise la chaleur développée dans les inflammations des métaux et des autres substances inflammables. Le phénomène des perles, formées par une décharge trop foible pour fondre en entier un fil de fer, prouve également que la chaleur, qui opère la fusion, n'est pas due à une compression. Car si cette compression, qu'on devroit s'imaginer avoir lieu dans le sens de la longueur

du fil de métal, avoit réellement lieu, le fil entier (qui n'a que $\frac{1}{100}$ de pouce d'épaisseur) devroit participer à cette condensation, vû la grande ténacité du fer, et par conséquent se fondre en entier ou pas du tout.

Mr. de R. Mais où trouverez-vous le calorique nécessaire pour ces fusions et ces inflammations?

Mr. de P. Ces phénomènes nous forcent d'admettre que ce calorique se trouve dans l'électricité elle-même. Souvenez vous, monsieur de R., que le calorique est une substance chimique et qu'il se dégage de tous les corps frottés et dans la plûpart des opérations chimiques. Alors vous concevrez que l'opération, qui produit le phénomène électrique, doit aussi produire du calorique, mais qui se trouve dans ce phénomène dans un autre état que dans le phénomène de la chaleur. Le moment n'est pas encore venu de nous étendre davantage sur cette matière. Pour le présent considérons les deux matières électriques dans leurs rapports mutuels.

Nous voyons chacune des deux se mouvoir à la surface des conducteurs avec une rapidité inappréciable. Nous les voyons toutes deux se perdre dans l'atmosphère par un rayonnement non moins rapide et s'attacher sur tous les corps isolés qu'on leur présente. Nous voyons ces deux matières agir l'une sur l'autre à travers une couche d'air ou une plaque de verre, et s'accumuler mutuellement sur des feuilles de métal. Nous voyons enfin ces deux matières se précipiter avec fracas et violence l'une sur l'autre et briser, fondre et enflammer des substances pondérables qui se trouvent sur leur passage, et disparoitre aussi subitement.

Appliquons à présent à ces phénomènes les notions

que nous avons sur l'affinité. La radiation nous offre ici, comme dans les phénomènes de la chaleur et de la lumière, une marche chimique semblable à celle que nous avons observée dans les substances pondérables; et la réunion des deux E. l'une avec l'autre, après la quelle on ne voit plus aucun signe d'électricité, est une vraie combinaison chimique des deux matières électriques, que cette combinaison se fasse sans bruit ou avec fracas. Et si nous évitons toute hypothèse sur les phénomènes de la chaleur dans les procès électriques, nous dirons que les matières électriques contiennent ou dégagent du calorique qui fond les métaux, échauffe les gaz et augmente par la l'affinité des substances inflammables pour le gaz oxigène.

Mr. de R. Comment expliquerez-vous le mouvement rapide de chacune des matières électriques sur les conducteurs?

Mr. de P. Permettez moi de remettre cette explication à un autre tems, où nous aurons accumulé un plus grand nombre de faits; contentons nous pour aujourd'hui de nous être bien assurés que les deux matières électriques sont des substances chimiques et remettons à un autre jour l'examen de leurs affinités.

J'espère offrir demain à mon aimable auditoire des phénomènes électriques d'un nouveau genre et non moins intéressants que les précédents.

Soixante seizième entretien.

Mr. *de P.* Les phénomènes que j'ai eu, madame, l'honneur de vous offrir dans nos cinq derniers entretiens, contiennent à peu-près ce que nous savions sur l'Electricité jusques en 1790. Les derniers travaux d'importance furent ceux de Coulomb. Du reste il règnoit une stagnation générale dans cette partie de la Physique. On paroissoit fatigué de répéter les expériences connues, de multiplier les appareils et même de forger de nouvelles hypothèses. Un phénomène surprenant, fourni par le hazard en 1791, réveilla tout-à-coup l'attention des Physiciens et ranima le zèle pour la doctrine électrique.

Galvani, Professeur en Médecine à Bologne, s'occupoit alors, de même que plusieurs autres Physiciens d'Italie, d'expériences sur l'excitabilité des muscles et des nerfs. On employoit de préférence des grenouilles, qui, comme tous les amphibies, se distinguent par une très grande excitabilité. Galvani disséquoit une grenouille placée sur une plaque de verre à plusieurs pieds de distance du conducteur de sa machine électrique, dont un de ses amis se servoit en ce moment pour

quelque autre expérience. Celui-ci ayant tiré une étincelle du conducteur, Galvani vit sa grenouille trésaillir, quoiqu'elle ne fut nullement dans le courant de la décharge du conducteur. On répéta l'expérience non seulement avec une grenouille vivante, mais aussi avec une grenouille morte et préparée de sorte qu'il n'en restoit que l'épine du dos, les cuisses et les jambes. Les conditions du phénomène étoient que la grenouille, vivante ou préparée, soit isolée et qu'une de ses parties soit en communication avec le sol par un fil de métal ou par la main de l'expérimentateur.

Le Comte C. Cette expérience est frappante; mais j'avoue que je n'y vois rien de nouveau, si non que la grenouille est un électromètre très sensible. L'atmosphère électrique du conducteur atteignoit la grenouille, séparoit ses électricités naturelles, et lorsque l'étincelle fit cesser cette action, les deux électricités se rétablirent dans leur état naturel, et cette opération devint visible par le trésaillement de l'animal.

Mr. de P. C'est ainsi qu'on expliqua le phénomène. Mais aussi ce ne fut que le premier pas. Galvani, qui vouloit essayer ce nouvel électromètre sur l'électricité de l'atmosphère, accrocha sa grenouille à un crochet d'argent, la suspendit à l'air libre au balcon de son cabinet et ne fut pas peu étonné de la voir trésaillir au moment de la suspension. Il répéta l'expérience plusieurs fois et vit le trésaillement avoir lieu dès que le corps de sa grenouille et le crochet touchoient le fer du balcon.

Voilà le nouveau fait. Galvani le répéta dans son cabinet en appliquant deux métaux hétérogènes à sa gre-

nouille, de façon que chacun des métaux fut en contact, d'un côté avec les muscles ou les nerfs et de l'autre avec l'autre métal, et observa que la grenouille tressailloit chaque fois. En essayant différents métaux il trouva qu'en employent le zink d'un côté et l'argent, le cuivre ou l'or de l'autre, il produisoit les plus forts trésaillemens. L'expérience se fait avec la plus grande facilité. On a deux plaques, l'une d'argent, l'autre de zink, d'environ 2 pouces de longueur et un demi pouce de largeur. On les applique chacune par un bout à une partie de la grenouille, par ex: aux muscles des cuisses, ensuite on approche les deux autres bouts jusques au contact. Au moment de ce contact paroit le trésaillement, qui devient vraiment convulsif si l'une des deux plaques touche un des nerfs cruraux qui gisent le long de l'épine. Les plus grandes convulsions ont lieu lorsqu'on touche avec les bouts des métaux les deux nerfs.

Mr. de L. Mais n'est-ce pas cruel de faire ainsi souffrir un pauvre animal.

Mr. de P. Les Physiologistes ne sont pas délicats à cet égard et ne peuvent guères l'être, par ce qu'ils sont souvent forcés de faire leurs expériences sur des êtres vivants. Mais notre expérience se fait sur une grenouille préparée, c. à. d. morte, à qui on a enlevé la tête et les jambes de devant, pour y soumettre l'épine et les cuisses de derrière, dépouillées de la peau.

Permettez moi de vous dessiner cette partie préparée. ab (fig. 36) est l'épine composée de plusieurs vertèbres dont les ailes portent de chaque côté les nerfs cruraux dc et fe qui ressemblent à de gros fils blancs, et dont il y en a trois de chaque côté. hg et ki sont les

cuisses, gm et il les jambes, n et o les pattes. Si vous appliquez un des métaux avec son côté plat en fe et l'autre en ag et cela avec les mains, sans isolateurs, vous verrez, aussitôt que les métaux se toucheront par leur partie supérieure, les cuisses s'éloigner avec violence l'une de l'autre, tous les muscles tendus avec force, les genoux courbés, les doigts et les ongles se séparer et frémir, enfin l'épine du dos se courber en arrière et tout l'appareil organique bondir.

Mde. de L. Avouez que cela doit être effroyable à voir.

Mr. de P. Oui, madame, et chaque fois que j'ai cette expérience à faire, je suis obligé de me rappeller bien clairement que ce n'est plus un animal vivant mais des organes sans vie que je tourmente ainsi.

Mde. de L. Mais qui vous répond que cela soit?

Mr. de P. L'observation que ces parties ainsi préparées n'ont plus de mouvement spontané et que par conséquent elles ne sont plus animées. L'on a varié ces expériences à l'infini; on les a faites sur de grands comme sur de petits animaux, sur des êtres vivans comme sur des cadavres récemment morts, même sur l'homme; et le célèbre Humboldt a été jusqu'à se cicatriser la jambe pour faire ces essais sur lui-même. La douleur en est insupportable.

Mr. de R. Les cuisses de grenouille ont-elles toujours cette incitabilité?

Mr. de P. Non; car on aperçoit que cette propriété des muscles et des nerfs s'affoiblit très vîte par ces expériences répétées souvent, et qu'en général elle n'existe plus dans aucun animal dès que la fermentation

putride commence. Aussi a-t-on proposé cette expérience comme un moyen facile et sûr de s'assurer de la mort d'un être humain, par ce que la mort n'est bien décidée que lorsque la putréfaction commence.

Mde de L. Vous nous offrez là des tableaux peu agréables. Cela rappelle les enterremens de personnes vivantes.

Mr. de P. Quittons donc ce sujet et voyons en abrégé ce que ces expériences ont fourni à la Physique.

D'abord on s'est assuré que la grandeur des surfaces métalliques, mises en contact avec les organes de la grenouille, augmente visiblement les effets, quoique la surface de contact pour les deux métaux ne soit qu'un point physique.

Aussi longtems que le contact dure sans aucun mouvement, la grenouille est tranquille et sans convulsions après les premiers mouvemens qui ont eu lieu au moment du contact. Si on fait cesser le contact, alors on voit de nouveau les organes trésaillir, mais foiblement, et petit à petit la tension des muscles diminuer.

On peut substituer un morceau de charbon à la plaque d'argent, et l'on obtient presque les mêmes effets si le charbon est bien brulé. D'autres substances quelconques produisent des effets analogues, mais tous plus foibles que ceux que l'on obtient par le zink et l'argent.

Toutes ces expériences attestent que les deux métaux, ou autres substances que l'on fait agir sur la grenouille, doivent être hétérogènes. Cependant on a réussi à produire quelque effet (et nommément Galvani) avec deux morceaux du même métal. Mais il faut pour cela une grenouille tout récemment préparée, qui ait

encore toute son incitabilité, et les effets sont si petits qu'ils ont paru douteux à quelques Physiciens. On rend l'effet un peu plus sensible en mettant une goutte d'eau ou d'acide entre les deux métaux au point de leur contact. Mais on a lieu de croire que deux morceaux du même métal ne sont jamais parfaitement homogènes, et que cette petite hétérogénéité produit les foibles effets en question.

Mr. de L. Mais qu'est-ce-que tous ces phénomènes grenouilleux ont à faire à l'Electricité?

Mr. de P. Beaucoup, ne vous en déplaise, mon Général; car on s'est disputé pendant neuf ans sur leur explication dans les principes de l'Electricité. Galvani à prétendu que ces phénomènes étoient des phénomènes électriques, qui se passent dans l'organisation animale, et les a nommés *Electricité animale*. Il voyoit dans ces expériences les deux électricités réunies par le métal et en elles la source de l'irritabilité ou excitabilité des muscles et des nerfs. D'autres, à la tête des quels se trouvoit Volta, ont cherché le procès électrique dans le contact des deux métaux hétérogènes, et dans l'appareil organique un électromètre d'une sensibilité extrême, éprouvée déja par la première expérience de Galvani.

Mais jamais la question n'eut été décidée tant que ces phénomènes fussent restés dans l'empire de l'organisation, par ce que là les causes sont trop multipliées et trop cachées pour que le Physicien puisse s'y élever à des notions claires. Ce n'est qu'après 9 ans de discussions presque futiles, dont au reste quelques unes ont été utiles à la Physiologie (La Physique des corps

organisés), que Volta décida la chose et célébra le commencement du 19e Siècle par l'invention de sa *pile*, qui arracha ces phénomènes à l'organisation, les produisit dans la matière brute, et s'assura à elle-même une perpétuité sans fin et à son Auteur l'immortalité.

Mde. de L. Je suis bien empressée de connoitre cette fameuse pile.

Mr. de P. Fameuse à juste titre, puis qu'elle nous a fourni quantité de nouvelles notions sur l'Electricité et est devenue la source d'une infinité de découvertes en Chimie en Physiologie et sur l'aimant.

Volta avoit observé très judicieusement que le phénomène de la grenouille dépendoit de trois élémens, des deux métaux hétérogènes et de l'humidité, regardant du reste la matière organique comme un simple électromètre, plus sensible que son électromètre et son condensateur ensemble. Les instrumens que je vous ai décrits pour mesurer les plus petits degrés d'électricité n'étoient pas encore inventés; ceux de Volta étoient trop grossiers pour atteindre à l'exactitude nécessaire. Ainsi, se voyant dans l'impossibilité de rendre sensible l'électricité qu'il attribuoit au contact des deux métaux hétérogènes, il eut l'idée de poser plusieurs paires de disques de ces deux métaux, Zink et Argent, l'une sur l'autre et de séparer chaque paire de la suivante par une rondelle de carton imbibée d'eau ou d'une liqueur aqueuse quelconque. Un assemblage de 10, 20, 30, 100 etc. paires ainsi rangées l'une sur l'autre, zink, argent, carton mouillé, zink, argent, carton mouillé, et ainsi de suite — c'est la *Pile de Volta*. Lorsqu'elle atteint une certaine hauteur on la soutient par trois bâtons de verre;

et comme il est souvent utile de la presser, on y ajoute deux minces colonnes de bois en vis fixées sur un pied et une planche qui a deux trous au travers des quels passent les colonnes en vis, planches que l'on serre à volonté au moyen de deux écrous. Enfin, comme la pile doit être isolée par le haut et le bas, on place une plaque épaisse de verre entre le bas de la colonne et le pied et une autre entre le haut et la planche. En voici la figure. acca (fig. 37) est la pile, bb et dd sont deux des bâtons de verre, f le bout supérieur du troisième. bd est la plaque de verre inférieure, aa la supérieure. hh et h'h' sont les longues vis; i, i leurs écrous; gg est le pied de bon bois sec et vernissé; oo trois petits pieds qui peuvent être des plaques de verre pour isoler encore tout l'appareil. Enfin on donne a la plaque inférieure de métal une oreillette percée d'un trou pour y attacher un fil de métal q qui sert de conducteur; il en est de même de la dernière plaque du haut, qui porte le fil p.

Le premier appareil de Volta étoit plus simple, n'avoit pas tous ces supports, et ce grand Physicien eut la satisfaction inexprimable de voir que, sa pile étant construite, il obtint des effets électriques indubitables sur son condensateur.

La construction de la pile a varié depuis. Déja en 1801 je donnai à cet appareil une situation horizontale, m'étant aperçu que le poids des disques de métal pressoit trop fortement les rondelles de carton, surtout dans la partie inférieure, en faisoit écouler le liquide et établissoit une communication humide entre les métaux dont les surfaces doivent être sèches; ce qui anéantit

l'effet de toute la partie de la pile qui se trouve dans ce cas. Voici la figure de cette pile, comme je m'en sers dès lors avec facilité. AB (fig. 38) est une espèce d'auge, sur les bords de la quelle on a mastiqué deux bâtons de verre ei sur les quels les disques et les rondelles seront placées. L'intérieur de cette auge est garni de plaques de verre ordinaire. Aux deux bouts se trouvent les supports GO, HO en bois, percés à vis pour recevoir les vis C et D qui servent à serrer la pile au besoin. Mais ces vis ne touchent pas immédiatement les extrémités de la pile. Entre deux se trouve à chaque bout un isoloir F et E de bois très sec et bien vernis, portant trois bâtons de verre ac et ac; le troisième est censé derrière; ils ont 2 pouces de longueur et sont obtus a leurs extrémités. La première et la dernière plaque ont une oreillette percée pour recevoir des fils de métal qui servent de conducteurs. Voilà la coupe de l'appareil sur sa largeur (fig. 39), où a représente la pile, AA l'auge, b, b les bâtons de verre. Le tout est incliné d'un côté afin que, lorsqu'on contruit la pile, les disques et les rondelles gardent leur place. La pile, dont je me sers pour les expériences ordinaires, a 100 paires de disques et 100 rondelles de carton mouillé, de $2\frac{1}{2}$ pouces de diamètre. Lorsque je veux me servir d'un moindre nombre de plaques, je remplis le vide par des cylindres de bois que je place entre les vis et les isoloirs.

Le jeune de L. A quoi sert-il que la pile soit plus ou moins serrée?

Mr. de P. Le liquide, dont on a imprégné les cartons, disparoit petit à petit, en partie par l'action

de la pile elle-même, en partie par l'évaporation; ce qui fait que la pile manque de liquide qui soit à sa disposition, le carton s'emparant du peu qu'il y a. Par la pression on force le carton de s'en défaire à l'avantage des disques métalliques.

Le jeune de L. L'effet des piles de Volta est-il donc de longue durée?

Mr. de P. Une pile de 100 paires de disques, bien construite, fournit au bout de trois jours encore quelques signes d'électricité. Ainsi, une fois chargé, cet appareil peut servir à un grand nombre d'expériences.

Le Comte C. J'ai souvent entendu parler d'un appareil électrique à auges; mais il étoit différemment construit que le vôtre.

Mr. de P. C'est celui de Cruikshank; je vais le décrire à l'instant. Dans mon appareil la pile et *sur* l'auge; dans celui-ci elle est dans l'auge et n'a pas besoin de cartons. Prenons le crayon. Voilà un auge AB de figure de parallelipepède (fig. 40) en bois bien sec et bien vernissé, aux bouts du quel deux tourillons C, C sont fixés pour supporter l'auge sur un chassis, de sorte qu'on puisse retourner cet appareil sur ces tourillons. Les disques sont ici des plaques carrées de zink et de cuivre, soudées par les bords l'une à l'autre, une de cuivre et une de zink; ce qui fournit autant de paires qu'on a de plaques de chaque espèce de métal. Chacune de ces paires se place dans l'auge, à une petite distance l'une de l'autre, de sorte qu'il reste un petit vide entre deux paires, vide qu'on remplit de la liqueur dont on veut charger l'appareil. Mais comme ces couches de liqueur ne doivent pas avoir de communicati-

on entre elles, on a fait dans les trois faces intérieures de l'auge autant de rainures qu'on a de paires, dans les quelles on place ces paires, qu'on y soude avec un mastic qui ferme parfaitement ces rainures et qui résiste à l'action chimique de la plupart des liquides qu'on employe dans cet appareil. Le tout, ainsi préparé, offre une suite de paires des deux métaux, zink et cuivre, séparées par des cases qu'on remplit d'un liquide, tel que de l'eau pure, de l'eau imprégnée d'un sel ou d'une acide etc. toutes séparées par les métaux et le mastic. L'appareil ainsi chargé, on place dans la dernière case de chaque bout de l'auge un fil de métal a et b qui conduit l'électricité produite par l'appareil là où le Physicien veut en faire usage. Quand les expériences sont finies on retourne l'auge pour en faire écouler la liqueur.

Mr. de T. Cet appareil, une fois construit, me paroit beaucoup plus commode que le précédent.

Mr. de P. Cela paroit ainsi, par ce que l'on n'a pas besoin de placer les plaques chaque fois qu'on veut charger l'appareil. Mais il a d'autres inconvènients qui me font préférer l'autre pour l'usage ordinaire. D'abord l'auge, étant de bois, manque rarement de se d'éjetter et par conséquent de séparer le mastic des paires de métal ou du bois, ce qui établit une communication du liquide d'une auge à une autre et diminue l'effet. Et puis, les liquides oxident les métaux, il faut nettoyer les métaux chaque fois qu'on s'est servi de l'appareil, ce qui se fait difficilement dans ces auges étroites, et très facilement lorsqu'on peut prendre chaque disque à la main.

Volta avoit inventé un autre appareil, mais qui n'est plus d'usage par ce qu'il est incommode et fait moins

d'effet que les autres. On le nomme *appareil à gobelets*. On prend pour cet effet un nombre de petits gobelets de verre qu'on place l'un à côté de l'autre. En voici le dessein. A, B, C, D etc. (fig. 41) sont les gobelets. Si l'on en a 20 on prépare 19 plaques de zink et autant de plaques de cuivre ou d'argent, les unes et les autres d'environ 1 pouce carré de surface. Ensuite on soude un fil de métal quelconque à ces plaques prises deux à deux, l'une de zink et l'autre d'argent, ce qui formera 19 paires. On courbe ces fils de métal de façon que les deux plaques de chaque paire se trouvent dans une situation parallèle l'une à l'autre, et on place les paires dans les gobelets comme la figure l'indique, en sorte qu'une plaque de zink se trouve vis à vis d'une de cuivre ou d'argent, mais sans se toucher mutuellement. Le tout étant ainsi disposé, on verse la liqueur, dont l'appareil doit être chargé, dans chaque gobelet en sorte que chaque plaque y plonge entièrement. Enfin on place dans le premier et le dernier gobelet un fil de métal bbb et ddd, qui sert de conducteur à l'électricité qui se développe.

Enfin l'on a pour les grands effets une autre espèce d'appareil à auges dont l'invention est due à Wollaston. Ce sont des auges séparées, faites entièrement de cuivre, de beaucoup de hauteur et de longueur, mais seulement d'un pouce ou deux de largeur. On fait communiquer ces auges ensemble soit par des fils de métal, soit en les plaçant l'un contre l'autre. On suspend dans chacune d'eux une plaque de zink d'un peu moins de surface que l'auge, de sorte que le zink ne touche le cuivre nulle part, et l'on met toutes les plaques de zink

en communication entre elles par un fil de métal. Pour mettre cet appareil en activité on remplit les auges d'une solution de sel ou d'acide sulfurique délayé d'eau, ensorte que le poids de l'eau soit 60 fois plus grand que celui de l'acide. L'effet de cet appareil est double de l'appareil de Cruikshank.

Enfin on a dans les derniers tems réuni ces auges en une seule, partagée en auges étroites par de simples cloisons, ce qui épargne une grande quantité de cuivre et fait le même effet que les auges séparées.

L'on a imaginé encore différentes constructions de l'appareil de Volta, dont la description vous ennuieroit sans utilité réelle. Mais ce que je dois observer, c'est que l'on en s'en est pas tenu aux deux métaux indiqués pour former des piles. Non seulement on a varié les métaux et obtenu des effets électriques d'autant plus grands que les métaux étoient plus hétérogènes, mais on a employé aussi d'autres substances, et nommément des plaques de charbon qui remplacent assez bien le cuivre ou l'argent.

Le Comte C. Il me semble que les différents métaux sont tous, comparés l'un à l'autre, hétérogènes. En quoi consiste donc leur plus ou moins d'hétérogénéité?

Mr. de P. On a fait de nombreuses expériences pour savoir à quel degré telle paire de métaux produit le plus d'effet et dans quelle porportion d'effet galvaniques les métaux sont entre eux. Quant à moi, je crois, en suite de toutes ces expériences et de mes propres observations, que l'hétérogénéité des métaux à cet égard

consiste d'un côté dans la propriété de s'oxider promptement et de l'autre dans la ductilité, de sorte que, pour obtenir le plus grand effet, l'un des deux métaux doit être le plus oxidable et le moins ductile et l'autre le moins oxidable et le plus ductile.

Mde de L. Je ne comprends rien à cela; mais j'imagine que ce principe servira à la suite.

Mr. de P. Assurément, et par cette raison passons de tous ces préparatifs aux phénomènes de la pile. Je suppose que celle dont nous nous servons soit composée de 100 paires de disques de cuivre et de zink de 3 pouces de diamètre, et que le liquide dont nous chargeons l'appareil soit une solution presque saturée de muriate d'ammonium (Salmiak) dans de l'eau. Les conducteurs que j'employe d'ordinaire sont des fils d'argent terminés aux deux bouts par un bouton. Commencons par les effets sur l'organisation animale.

Je place sur une petite table de verre une grenouille préparée comme les précédentes. Si on applique les deux extrémités des conducteurs sur deux points quelconques de cette grenouille préparée, l'effet est de la plus grande violence; on voit des convulsions, des contorsions, des bondissemens de toute cette partie de l'animal mort. Si l'on prend une grenouille vivante et nullement préparée et qu'on lui applique les deux conducteurs aux deux côtés de la tête, il suffit de règle de deux ou trois applications répétées pour la tuer; ce qui d'ailleurs ne réussit qu'avec une batterie de plusieurs bouteilles de Leyde.

Mde. de L. Vous m'effrayez. Comment? cet as-

semblage de cent petits disques de métal et d'autant de rondelles de carton mouillé font l'effet d'une batterie!

Mr. de P. Oui, madame. Essayons notre propre organisation sur cet appareil. Otons les conducteurs, mouillons un doigt de chaque main et touchons avec l'un une extrémité et avec l'autre l'autre extrémité de la pile. A l'instant nous ressentons une douleur brûlante dans le bout des doigts et en même tems une commotion violente et piquante qui s'étend jusqu'aux épaules et souvent jusqu'à la poitrine; et cette sensation, aussi douloureuse que surprenante, a plus de durée que celle de la bouteille de Kleist. Cette sensation devient absolument insupportable, lorsqu'on met les conducteurs chacun dans un grand vase plein d'eau salée et qu'on plonge un doigt dans chaque vase; la douleur traverse les bras et la poitrine et les doigts plongés sont comme serrés par un fil de métal qu'on auroit tourné autour d'eux avec une grande force. Je ne voudrois conseiller à personne de faire passer la décharge de cet appareil entier autravers de sa tête. Mais si l'on n'employe que 10 à 15 paires, alors on ressent une vive commotion; on a dans les yeux la sensation d'une vive lumière et sur la langue un gout de sel.

Mr. de R. Cela est bien singulier.

Mr. de P. Cela a lieu de même, mais avec beaucoup moins d'intensité, lorsqu'on fait l'opération sur les yeux et sur la langue avec deux simples métaux, l'un de zink et l'autre d'argent.

Enfin, si l'on employe l'appareil entier de cent paires et qu'au lieu des doigts on se serve du dessus des mains mouillé, pour recevoir la décharge, le point de

contact se trouve réellement brûlé comme si l'on avoit touché un fer rouge.

Mde. de L. Cela est prodigieux. Et l'appareil n'est pas chaud?

Mr. de P. Pas plus que la table sur la quelle il est placé. Mais tous ces phénomènes physiologiques nous intruiroient fort peu sur la nature cette pile admirable. Observons ses phénomènes électriques.

Prenons d'abord un électromètre à feuille d'or et mettons le en communication avec la pile par l'un des deux conducteurs que nous supposons accroché à la dernière plaque. Vous ne verrez aucun effet tant que l'autre bout de la pile restera isolé. Il en sera de même, si vous établissez un bon conducteur d'une extrémité de la pile à l'autre, quoiqu'il ne touche que la première et la dernière plaque. Mais mettez ce bout en communication avec le sol, en le touchant avec le doigt mouillé, et vous observerez à l'instant à l'électromètre une divergence de 3 à 4 degrés. Répétez l'expérience avec l'autre bout de la pile et vous aurez le même effet.

Prenez un électroscope tel que celui que je vous dessine. PR (fig. 42) est une petite cloche de verre percée, à ses côtés de deux trous pour recevoir deux bouchons de liège n, n autravers des quels on a fait passer deux fils de laiton Aa et Bb, dont chacun porte à son bout intérieur une feuille d'or ao et bo. Ces fils de laiton peuvent se glisser dans les morceaux de liège en sorte que les feuilles d'or puissent être placées plus ou moins proche l'une de l'autre. Supposons que leur distance soit d'environ 4 lignes. Mettez l'une d'elles, par ex: ao, en communication avec le sol par un fil de

métal Ad ou par le doigt, et l'autre avec un des bouts de la pile, tandis que l'autre bout est en communication avec la terre. Aussitôt les feuilles d'or s'approcheront d'environ deux lignes l'une de l'autre.

A présent enlevez le conducteur Bf et le fil de métal Ad avec une pince de verre, de sorte que les feuilles d'or restent inclinées l'une vers l'autre et mettez la feuille d'or ao en communication avec l'autre bout de la pile ; à l'instant vous verrez les feuilles d'or s'approcher davantage et même se toucher.

Otons enfin toutes les communications de l'électroscope avec la pile et le sol, déchargeons le complettement et chargeons de nouveau le côté B, d'abord par un bout de la pile, pour faire converger les feuilles d'or et ensuite par l'autre bout, vous verrez d'abord la convergence anéantie et ensuite se rétablir, parceque, la première charge étant détruite par la seconde, la pile, toujours agissante, reproduit une nouvelle charge.

Ces phénomènes nous livrent d'abord l'effet de la répulsion, puis celui de l'attraction, enfin celui de la neutralisation ; et en outre le phénomène général que les métaux servent de conducteurs pour tous ces effets.

Mr. de R. Voilà les deux électricités manifestées, l'une à un bout, l'autre à l'autre bout de la pile.

Mr. de P. Pas encore tout-à-fait. Nous voyons, à la vérité, deux agens qui se comportent l'un envers l'autre et à l'égard des métaux comme les deux électricités. Mais il seroit possible qu'ils fussent différents des électricités ; car ici nous n'avons aucun frottement. Pour nous assurer de l'identité de ces agens, nommons les nouveaux + V et — V, comme nous avons nommé les

premiers + E et — E, et répétons les expériences avec + V et + E, avec + V et — E, avec — V et + E, avec — V et — E. Nous trouverons dans ces quatre cas que + V fait absolument le même effet sur + E et sur — E que + E, et — V le même effet que — E.

Ainsi la pile de Volta nous offre les deux électricités, accumulées chacune à un bout, quoiqu'elle soit composée de plaques de métal qui toutes se touchent, soit immédiatement, soit médiatement par le fluide interposé, qui est lui-même un conducteur de l'électricité, et ces électricités vont en diminuant d'un bout à l'autre.

Mde. de L. Ces preuves me paroissent bien concluantes et les résultats bien avérés; et je ne blâme pas la sévérité que les Physiciens y ont mise, la chose étant si importante.

Mr. de P. Il nous manque encore une preuve pour admettre l'identité parfaite, c'est que les deux V nous fournissent aussi les effets de la distribution. Le condensateur nous en instruit facilement. Placez le à portée de la pile. Nous savons qu'elle charge l'électromètre de 3 à 4 degrés. Chargeons à préseut le condensateur fermé. Il suffit d'un seul attouchement pour faire diverger la feuille d'or de 3 à 4 degrés; et lorsqu'on ouvre l'instrument, la feuille d'or s'écarte subitement à plus de 40 degrés. Nous pouvons de même charger une bouteille de Leyde par un simple attouchement du conducteur de la pile; et si vous touchez avec cette bouteille chargée l'électrometre à feuille d'or, vous observerez une divergence de 3 à 4 degrés, et vous pourrez répéter cette charge cent fois avant que celle de la bouteille soit tout-à-fait épuisée.

Mais ce qu'il y a d'étonnant, c'est la quantité prodigieuse d'électricité que la pile livre. Van Marum avoit une pile de 100 paires, de 8 pouces en carré, et a chargé sa grande batterie complettement par un simple attouchement qui n'a pas duré une demie seconde.

Mr. de L. Voilà ce qui m'étonne le plus, cette grande quantité d'électricité développée sous de si petits degrés. Il faut donc distinguer en Electricité la quantité de cet agent de ses degrés de tension.

Mr. de P. Assurément et c'est au Galvanisme, ou plutôt au Voltaïsme, que nous devons nos notions les plus précises là-dessus. Des expériences nombreuses et exactes ont prouvé que l'intensité de l'E de la pile, les degrés à l'électromètre, dépendent et sont en raison directe du nombre des paires, quelque petits que soient les disques, et que la quantité de l'électricité développée est en raison de la grandeur des disques. Ainsi un appareil de 100 paires donnera les mêmes degrés à l'électromètre, que les disques aient 1 pouce carré ou 50 pouces carrés de surface; mais la pile de 50 pouces carrés fournira environ 50 fois plus d'E que la pile d'un pouce carré, toutes choses d'ailleurs égales. L'électricité de la pile agit sur l'électromètre et sur l'organisation animale en raison de l'intensité de l'E ou du nombre des plaques; et dans les phénomènes chimiques, surtout en raison de la quantité d'E développée ou de la surface des plaques.

Mde. de L. Ainsi la pile de Volta agit aussi chimiquement?

Mr. de P. Oui, madame, et c'est dans ses phénomènes chimiques surtout que brille cette pile admirable, en vertu de la grande quantité d'E qu'elle développe et de la continuité de ses opérations. Commençons par les inflammations. Je suppose que nous opérions toujours avec la pile à cent paires que j'ai eu l'honneur de vous décrire (fig. 38).

La pile est chargée et nous approchons l'un de l'autre les bouts des conducteurs terminés en petits boutons, de quelque métal que ce soit. A l'instant du contact on voit un étincelle petite, mais brillante, entre les deux boutons, et cette étincelle se produit avec un petit bruit. Si vous songez aux trois ou quatre degrés que cette électricité livre, vous concevrez que cette étincelle ait l'air de n'avoir lieu qu'au contact, c. à. d. à une distance qui nous paroit infiniment petite. Les premiers Physiciens, qui l'ont observée, se sont récriés sur ce phénomène, et à juste titre. Car quoi de plus surprenant qu'une étincelle produite par un assemblage de métaux mouillés, où tout n'annonce rien moins que de la chaleur, de la lumière ou même une chaleur rouge? Et nous trouvons la preuve de cette chaleur rouge dans les phénomènes suivants.

Attachez un brin de feuille d'or au bout d'un des deux conducteurs et approchez de cette feuille le bout de l'autre; A l'instant du contact l'étincelle part et une partie de l'or s'enflamme, brûlant d'une lumière verte. D'autres métaux en feuilles ont le même sort et brûlent chacun avec leur lumière propre, l'une jaune, l'autre blanche, l'autre rouge etc.

Pour enflammer l'or en feuilles on n'a pas besoin de 100 paires. Trois seulement suffisent déja à enflammer un atôme visible de feuille d'or.

Mde. de L. Cela doit être charmant à voir.

Mr. de P. Attachez au bout de chaque conducteur un fil de fer très fin, tel que No. 12, et approchez ces fils de fer l'un de l'autre; Au contact ils s'enflammeront, jetteront de vives étincelles de fer oxidé brulant, et resteront soudés l'un à l'autre.

Répétez cette expérience dans un bain de mercure, en fixant un des fils de fer dans le liquide métallique et en touchant le mercure, avec l'autre bout à la plus grande distance de l'autre fil de fer que le vase permette. A l'instant où le second fil de fer touchera la surface du mercure, il s'enflammera et produira une roue de feu composée d'un infinité d'étincelles et une partie du tritoxide de fer se retrouvera sur le mercure. Vous revoyez ici l'effet de la pile, amplifié et plus énergique par une masse considérable, dans la quelle l'électricité s'accumule. Une seule opération de ce genre consume 2 à 3 lignes de ce fil de fer. Si nous comparons cet effet à celui de la batterie, nous ne le trouverons que 24 fois plus petit que celui d'une batterie de 30 pieds carrés chargée au plus haut degré possible.

Prenons une pile d'une plus grande surface. J'en ai une de 30 paires de 11 pouces en carré, au moyen de la quelle je fais fondre 6 pouces du même fil de fer No. 12, de $\frac{1}{100}$ de pouce de diamètre. Van Marum a rougi un fil de fer No. 16, de $\frac{1}{250}$ de pouce de diamètre et de 32 pouces de longueur avec une pile de 119

paires et de 5 pouces en carré. D'autres Physiciens avec des piles encore plus considérables ont obtenu des effets proportionnellement plus grands.

Attachons aux bouts des conducteurs de notre petite pile deux morceaux de charbon d'environ une ligne d'épaisseur et opérons le contact de ces deux charbons. Aussitôt il paroit une étincelle et le bout des charbons rougit, brûle. Cela a même lieu sous l'eau.

Mr. de R. Sous l'eau? C'est le feu grégeois.

Mr. de P. Ces deux phénomènes se distinguent l'un de l'autre au moins en ce que le phénomène électrique est bien avéré et le feu grégeois bien fabuleux. Plaçons devant notre pile de 11 pouces en carré un charbon d'une ligne d'épaisseur et de 2 à 3 pouces de longueur sur un pied de verre qui l'isole et touchons les deux bouts du charbon avec les bouts des conducteurs. Aussitôt le charbon s'allume par les deux bouts et successivement sur toute sa longueur et brûle si on continue l'attouchement jusqu'à ce qu'il soit réduit en cendre. Si l'on fait l'expérience dans le vide, le charbon rougit aux deux bouts sans se consumer.

Le plus grand appareil de Volta qu'on ait jamais construit est celui de l'Anglois Children. Il n'est composé que de 20 paires; mais chaque paire a trois plaques, deux de cuivre et une de zink placée entre celles de cuivre sans les toucher, ou plutôt sans communication métallique entre le zink et le cuivre. Chacune des plaques a 6 pieds de longueur et 2 pieds 8 pouces de largeur. On plonge chacune de ces paires dans une auge pleine de la liqueur dont on veut se servir, par

ex: d'acide sulfurique très affoibli. On joint les cuivres de ces paires par des bandes de plomb et les zinks également. L'effet de cet appareil est étonnant. Un fil de platine de plus d'une ligne d'épaisseur et de $5\frac{1}{2}$ pouces de longueur rougit sous son action, et un bâton de platine, long de $2\frac{1}{4}$ pouces et de 2 lignes en carré, fondit à ses bouts. De la limaille de fer, mêlée avec de la poudre de diamant, fondit, se changea en acier et le diamant disparut.

Mde. de L. Je ne conçois pas ce dernier phénomène. Fait-on donc de l'acier avec du diamant?

Mr. de P. L'acier est du fer mêlé avec du carbone Or comme le diamant est en plus grande partie composé de carbone, il peut suppléer au charbon pour faire l'acier.

Mr. de R. Que dites-vous, Général, au récit de tous ces phénomènes étonnants? Comment concevoir qu'un appareil tout mouillé, qui lui-même n'a aucune chaleur au dessus de la température ordinaire, produise de pareils effets? Volta est immortel par cette invention.

Mde. de L. Je dis comme vous: comment concevoir? J'attends avec patience l'explication.

Mr. de L. Assurément ce sont des merveilles aussi longtems qu'on ne les comprend pas. Mais à quoi bon se récrier? J'admire certainement ces phénomènes et l'inventeur de l'appareil qui les produit, et je souscris volontiers au brevêt d'immortalité que tous les Savans lui ont décrété. Mais il me semble que cette admiration est si naturelle qu'il est inutile de l'exprimer.

Mr. de P. Remettons à demain les autres effets chimiques de la pile, qui, à ce que j'espère, n'intéresseront pas moins madame de L. et tout mon aimable auditoire, que les précédents.

Soixante dixseptième entretien.

Mde. *de L.* Vous nous avez promis la suite des phénomènes chimiques produits par la pile et, bien plus, vous nous avez fait espérer que ces phénomènes ne nous intéresseroient pas moins que les précédens. Pourrez-vous tenir parole? Car j'avoue que ceux que vous nous avez fait connoitre hier m'ont singulièrement plû.

Mr. de P. Votre désir, madame, est pour moi la loi la plus agréable. J'y ferai de mon mieux. Voyons si j'y réussirai. Nous avons vu que l'électricité par frottement décompose l'eau, et cette décomposition ne réussit qu'à peine avec la machine électrique. La pile nous l'offre avec une facilité, une prestesse et une abondance qu'on n'eut jamais imaginée. Soit ABCD (fig. 43.) un gros tube de verre avec deux bouchons de liège à ses extrémités, comme celui que je vous ai décrit plus haut (fig. 33), avec cette différence cependant que les fils de platine ou d'or ac et be traversent tout simplement les lièges, sans être isolés dans des tubes de verre.

A l'instant où vous placez le bout du conducteur positif de la pile sur un des fils d'or du tube rempli d'eau, par ex: sur ac et le négatif sur be, vous voyez se for-

mer un courant de bulles de gaz de chaque point des fils de métal et presque sur toute la longueur qui plonge dans l'eau; mais ces courans sont plus nombreux et plus vifs vers les pointes que sur le reste de la longueur. Bientôt il se forme deux grosses bulles de ces gaz, qui ne tardent pas à se joindre vers le milieu, si le tube est posé bien horizontalement. Et ces gaz sont le gaz oxigène et le gaz hydrogène; le premier se dégage par l'action de + E et le second par celle de — E.

Pour vous en assurer sur le champ, changez les aiguilles de platine ou d'or en aiguilles de cuivre, de laiton, de fer, d'argent etc., et vous verrez toujours que celle, qui est du côté qui ammène + E, ne livre pas de gaz, mais est oxidée sur presque toute sa longueur et surtout à sa pointe. L'oxigène, auparavant dégagé, est à présent employé à oxider le métal. Tous les métaux, à l'exception du platine et de l'or, subissent cette oxidation. L'or même ne fait pas tout-à-fait exception; car j'ai observé que, lorsque je faisois agir long-tems une pile énergique sur des aiguilles d'or il se déposoit de l'oxide pourpre d'or sur la surface intérieure du tube de verre. Ces oxidations, combinées avec les courans qui s'établissent dans l'eau du tube, fournissent quantité de phénomènes curieux et intéressants, mais dont le détail est trop long. Permettez moi de les supprimer pour vous décrire un appareil au moyen du quel on peut se procurer les deux gaz séparés et en assez grande quantité pour les combiner par inflammation. Prenons le crayon. ABCD (fig. 44) est une petite cuvette de verre à peu près deux fois aussi longue que large. Elle est percée à son fond de deux trous pour recevoir

les lièges F et G, au travers des quels passent les fils recourbés de platine OFH et UGK, dont l'un sera en communication avec le bout positif de la pile, l'autre avec le bout négatif. Au milieu de la cuvette, et sur la largeur, est une platine de métal DE, mastiquée sur les longs côtés de la cuvette, pour porter de chaque coté une longue et petite cloche de verre P et N, au moyen des crochets a et b. Ces deux cloches ont des diamètres inégaux environ dans la proportion de 5 à 7 et sont graduées en volumes égaux, la petite en 25, la grande en 50, de sorte qu'un volume de la petite ait sensiblement la même hauteur que deux de la grande. La petite se place du côté où l'électricité positive arrive, la grande du côté négatif. Pour employer cet appareil on remplit la cuvette presque entièrement d'eau distillée, les cloches de même et on les renverse de sorte qu'elles restent pleines et plongent un peu dans l'eau de la cuvette. Dès que les fils de platine sont en communication avec la pile, on voit à l'instant les deux gaz se dégager, monter dans les cloches et les remplir petit à petit. Le courant de gaz hydrogène est toujours bien plus fort que celui d'oxigène, et l'on voit que la quantité des gaz produits est toujours à peu près dans la proportion de 1 à 2, comme pour la composition de l'eau. Je dis à peu près; car cette proportion n'est pas exactement observée dans cette opération, apparemment par ce qu'il se dégage en même tems de l'air atmosphérique contenu dans l'eau. En effet, lorsqu'on fait passer ces deux gaz dans un appareil pour les enflammer par l'étincelle électrique, il reste toujours une petite portion de gaz qui ne se combine pas.

Voilà, madame, ce fameux procès de la décomposition de l'eau par la pile de Volta, qui, comme vous le voyez, se fait avec la plus grande facilité. Et nous devons la connoissance de ce phénomène aussi curieux qu'important à la propriété de la pile de fournir les deux électricités en abondance et pendant un très long tems sans interruption.

Mr. de T. Dans les appareils que vous venez de nous dessiner les pointes métalliques sont à 6 ou 10 lignes de distance l'une de l'autre. Y a-t-il une distance fixe outre la quelle les pointes ne font plus d'effet, ou bien agissent elles dans le procès de la décomposition de l'eau à toutes les distances?

Mr. de P. Je ne puis guères répondre cathégoriquement à cette question. Ce que je sais par mes propres expériences, c'est que la pile de 100 paires, dont je me sers ordinairement, décompose l'eau lorsque les pointes d'or sont à 36 pouces l'une de l'autre, mais beaucoup moins que lorsqu'elles ne sont éloignées que d'un ou deux pouces; et 20 paires viennent à peine à bout d'exécuter cette décomposition d'une manière sensible dans le tube de trois pieds. Ainsi pour une intensité donnée il y a très vraisemblablement une distance des pointes à la quelle la décomposition de l'eau devient impossible.

Ceci me rapelle un autre fait qui paroit lui contredire. Le Physicien allemand Basse a pris pour un des conducteurs de la pile un fil de métal de 4000 pieds de longueur porté sur des pieds isolants et pour l'autre une portion de même longueur d'une rivière, et a obtenu les effets ordinaires sur la grenouille préparée, sur la

feuille d'or et pour la décomposition de l'eau, et cela à l'instant du contact. Le célèbre Physicien de Berlin Ermann avoit fait la même expérience plus tôt, mais seulement sur une distance de 250 pieds.

Le Comte C. Ce fait est réellement surprenant: Je conçois qu'un fil de métal isolé transporte instantanément l'électricité à toutes les distances mesurables, mais qu'un fleuve, une masse d'eau non isolée, serve également de conducteur et n'engloutisse pas cette électricité, c'est ce que je trouve prodigieux.

Mr. de P. La pile ne décompose pas l'eau seulement, mais encore beaucoup d'autres substances, et c'est par là que cet important appareil a ouvert un nouveau champ à la Chimie.

D'abord *l'électricité de la pile décompose plusieurs acides.* Prenons notre instrument (fig. 43) avec ses aiguilles de platine et remplissons le d'acide sulfurique délayé d'eau, et faisons agir la pile sur ce liquide. Le côté positif fournit une quantité extraordinaire de gaz oxigène; le côté négatif ne fournit aucun gaz hydrogène; par contre il paroit bientôt à la pointe négative un petit bouton de matière jaunâtre et dont il se sépare quelques flocons de même couleur. Cette matière est le soufre de l'acide. Cette décomposition est due au gaz hydrogène naissant qui s'empare de l'oxigène de l'acide pour former de l'eau.

La pile compose des acides. Prenez deux très petits gobelets A et B (fig. 45) et remplissez les tous deux de solution de tournesol. Etablissez une communication entre ces deux portions de la liqueur par quelques

fils ab de lin blanchis et bien lavés ou d'asbest, qui plongent des deux côtés dans la liqueur et en sont humectés, et placez les deux conducteurs de la pile, terminés par des fils de platine, l'un dans le vase A et l'autre dans le vase B. Il s'établira deux courans de gaz un peu plus foibles que d'ordinaire et vous verrez bientôt que la liqueur du côté positif devient rouge et celle du côté négatif plus bleue qu'elle n'étoit. Une partie du gaz oxigène dégagé au côté positif se combine avec le carbone et l'hydrogène du tournesol et produit un acide qui rougit le reste de la teinture. De l'autre côté le gaz hydrogène naissant décompose le peu d'acide que le tournesol contient et dégage l'alkali, qui, devenu libre, rehausse la couleur bleue de la teinture.

L'électricité de la pile décompose les sels. Conservons le même appareil, et remplissons le d'une solution d'un sel, par ex: de sel marin. L'opération est ici plus lente, mais après une heure ou deux les réagens chimiques vous indiqueront dans le gobelet A, qui communique avec + E de la pile, la présence de l'acide muriateux hydrogéné et de l'autre côté la présence de la soude. Ce procès n'est pas aussi facile à expliquer que les précédents, par ce qu'on ne peut pas assigner les combinaisons des gaz oxigène et hydrogène naissants, en sorte que la plupart des Chimistes attribuent cette décomposition immédiatement aux deux électricités, opinion au reste à la quelle je ne puis souscrire.

L'électricité de la pile remet à l'état métallique plusieurs oxides de métaux combinés avec des acides. L'expérience la plus frappante de ce genre est la décomposition de l'acétate de plomb. Reprenons notre

gros tube (fig. 43) et remplissons le d'une solution de cet acétate délayée d'eau. Aussitôt que les conducteurs touchent les aiguilles de platine ou d'or, le côté positif fournit une grande quantité de gaz, le côté négatif aucun. Mais à la place du gaz hydrogène on voit à l'instant un commencement de végétation du plomb, d'un brillant et d'une délicatesse extrêmes, qui remplit bientôt tout l'espace entre les deux pointes; et dès que cette végétation a atteint la pointe positive, en sorte qu'il y ait communication métallique entre les deux aiguilles, toute l'opération cesse.

Mde. de L. Cela est miraculeux!

Mr. de P. Pardon, madame; car ce phénomène s'explique facilement. Le gaz hydrogène naissant décompose ce sel et en outre l'oxide métallique. D'autres sels métalliques, tels que l'argent et le cuivre, ont le même sort, mais d'autres, tels que les sels de fer ne se décomposent qu'en partie; le fer se sépare de l'acide en forme d'oxide.

Vous savez déja, madame, que *l'électricité de la pile décompose les alkalis*, découverte qui immortalise Davy, et vous connoissez à présent l'appareil qui a procuré cette découverte importante. Je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai dit là dessus au chapitre de la Chimie, sinon que la pile doit être très grande et très énergique, et que l'alkali doit être absolument humecté d'un peu d'eau. Or comme la présence de l'eau est constamment nécessaire dans toutes ces compositions et décompositions et qu'elle ne peut être soumise à l'action de la pile sans se décomposer, je juge que l'hydrogène dégagé, à l'état de gaz naissant,

est le décompositeur immédiat de ces substances.

En jettant un coup-d'oeil général sur ces décompositions nous tirons la loi générale que *c'est du côté positif que se range toujours l'oxigène ou l'acide des substances décomposées et du côté négatif les bases.*

Je viens de rendre hommage à Davy; je l'ai fait plusieurs fois dans le cours de ces entretiens. Me permettrez-vous, madame, et vous, messieurs, de relever une erreur de ce grand Naturaliste?

Mde de L. Vous m'avez inspiré tant d'admiration pour lui que je ne pourrai guères être satisfaite de le voir avoir tort.

Mr. de P. Ce sont les erreurs des grands hommes non celles des hommes obscurs, qu'il faut réfuter. Et celle dont je parle est dangereuse et menace la Chimie entière.

Mr. de L. Ah! cela est sérieux et m'intéressera. Mais soyez sur vos gardes; nous vous épions.

Mr. de P. Je ne désirerois rien tant que de pouvoir faire paroitre Davy lui-même dans notre Société pour entendre son propre avis après la dispute.

On avoit cru sur la foi de quelques expériences peu exactes que la décomposition de l'eau, distillée et parfaitement pure, produisoit du côté négatif un alkali et du côté positif un acide; on prétendoit même que cet acide étoit l'acide muriateux hydrogéné. Davy prouva par des expériences, qui sont un modèle d'exactitude, que l'alkali provenoit du verre qui subit une foible décomposition par l'action de la pile, et que l'acide produit est de l'acide nitreux provenant de la combinaison du gaz azote de l'air atmosphérique, absorbé

par l'eau, et du gaz oxigène naissant de l'eau décomposée. Cela le conduisit à des recherches sur la décomposition des sels par la pile et voici les plus saillantes de ses nombreuses expériences à ce sujet.

Voilà trois petits gobelets E, S, E (fig. 46). Davy les fit faire d'agathe, substance qui, au moins après avoir été pendant quelques jours exposée à l'action de la pile, ne se décompose pas. Celui du milieu S contient une solution de sel, par ex: du sulfate de potasse, et dans les deux autres de l'eau distillée e. Le sel est composé d'un acide que j'exprime par a et d'une base que j'exprime par b, de sorte que le sel est exprimé par a+b. Ces trois gobelets communiquent ensemble par deux petits faisseaux d'asbeste, et l'on plonge dans les vases E et E les bouts des conducteurs de la pile armés de pointes de platine. Au bout de plusieurs heures les réagens commement à indiquer l'acide dans le gobelet du côté positif et la base du sel dans celui du côté négatif.

Mr. de R. Cette expérience est frappante. C'est comme si l'on voyoit l'électricité déchirer, pour ainsi dire, le sel et transporter ses parties constituantes chacune dans un des autres gobelets.

Mr. de P. Aussi Davy en tira-t-il la conclusion que l'électricité non seulement décompose les sels, mais aussi *transporte l'acide d'un côté et la base de l'autre.*

Mais voici un fait encore plus surprenant. Prenons trois gobelets comme les précédents. Le gobelet S (fig. 47) est de nouveau rempli de solution de sulfate de potasse a+b, le gobelet E d'eau distillée et celui du milieu A de solution de soude s. Le conducteur positif est dans l'eau distillée et le négatif dans le sel.

L'opération est à présent de beaucoup plus lente. Mais à la fin les réagens indiquent l'acide dans le vase E. Et ce qu'il y a d'étonnant, c'est que le vase du milieu, plein de solution de soude, ne contient pas un atôme de sulfate de soude quoique l'acide sulfurique, dégagé de sa base dans le vase S, ait du passer par le vase A pour arriver au vase E. Davy a conclu de là que *l'électricité transporte les parties constituantes des sels au travers de substances qui ont de l'affinité pour elles, sans se soucier de ces affinités, et qu'elle anéantit dans cette opération les affinités chimiques.*

Mr. de V. Cette thèse est, à la vérité, paradoxe; mais peut-on s'y refuser après de pareils phénomènes?

Mr. de P. Assurément quand on saisit bien le sens de ces expériences.

Mde. de L. Je suis bien curieuse de voir avec quelles armes vous combattrez l'opinion de l'illustre Davy.

Mr. de L. Je vois déja arriver une des grandes magiciennes de monsieur de P. Ce sera, j'imagine, la marche des substances chimiques, puis qu'ici il s'agit d'affinité.

Mr. de P. Tout juste, Général! Les fils d'asbeste, qui joignent les fluides des gobelets de ces expériences, forment, par leur proximité, des tubes capillaires, qui sont de vrais canaux, au moyen des quels les liquides hétérogènes se mêlent en vertu de la marche chimique des substances. Ainsi dans la première expérience le sel a marché comme tel, comme sel non décomposé, du vase S dans les vases E et E où il a été décomposé par l'action de la pile. Le même sel, non décomposé, a passé

dans la seconde expérience du vase S dans le vase A et de celui-ci dans le vase E, où sa décomposition s'est faite. Aussi ce double passage est indiqué par un tems beaucoup plus long que dans la première expérience. Et comme le sulfate de potasse ne se décompose pas par l'action de la soude, il a du passer comme sel et non comme acide séparé de la base.

Mr. de L. Votre hypothèse paroit satisfaire aux phénomènes, mais n'est pourtant qu'une hypothèse, comme celle de Davy.

Mr. de P. Davy a eu soin de justifier la mienne par l'expérience suivante: Reprenons notre seconde figure (fig. 47). Davy a mis dans le gobelet S le même sel, du sulfate de potasse, dans le gobelet A une solution de baryte dans de l'eau et dans le gobelet E de l'eau pure. La pile ayant été appliquée à cet appareil, il s'est passé 4 jours avant que les réagens ayent indiqué l'acide dans le gobelet E; et pendant tout ce tems la baryte du gobelet intermédiaire s'est précipitée. Pourquoi l'Electricité n'a-t-elle pas anéanti l'effet chimique de ces solutions l'une sur l'autre comme dans la seconde expérience? Parce que l'affinité ne peut point être anéantie, mais seulement surmontée par une autre affinité. La précipitation de la baryte dans cette troisième expérience est l'effet de la décomposition du sel par la baryte qui s'empare de l'acide sulfurique au passage du sel, effet qui a toujours lieu sans l'influence de l'électricité. La soude par contre ne décompose pas le sulfate de potasse; ainsi ce sel pouvoit, dans la seconde expérience, traverser la solution de soude sans se décomposer. Et Davy remarque avec toute

l'ingénuité possible que l'acide n'a paru en E qu'après que toute la baryte en A a été précipitée. Il a doublé cette expérience en substituant de la solution de Strontiane à celle de Baryte. Il a obtenu le même effet, à cette différence près que l'acide a paru dans le gobelet E déja après trois jours. Et remarquez bien que pour saturer portions égales de Strontiane et de Baryte il faut des portions d'acide sulfurique qui sont à très peu près dans la proportion de 3 à 4.

Je pourrois vous alléguer encore plusieurs expériences et observations de Davy à ce sujet, qui toutes prouvent la vérité de mon opinion ; mais je crains de fatiguer madame de L.

Mr. de R. Quant à moi, je suis convaincu par celles que vous nous avez citées. Vive la marche des substances chimiques!

Mr. de P. Voici encore une opération chimique de la pile qui est intéressante pour la Physiologie. A et B (fig. 48) sont deux tubes de verre placés dans une situation un peu inclinée sur un support C et fermés en bas par deux lièges au travers des quels passent deux aiguilles d'or ou de platine. Ils sont tous deux pleins d'eau distillée. J'opère la communication entre l'eau des deux tubes par une lame de chair de boeuf abc qui plonge dans les deux. Aussitôt qu'on place les deux conducteurs + E et — E sur les aiguilles on voit s'opérer la décomposition de l'eau comme si toute cette eau se trouvoit dans un seul tube. Si on laisse l'appareil travailler ainsi pendant 24 heures, on trouve que la chair est décomposée de deux manières. Du côté de + E elle a perdu entièrement sa structure fibreuse et ressem-

ble à une forte gelée rougeâtre. De l'autre côté la structure fibreuse s'est conservée, mais la couleur rouge a disparu; la chair est là toute blanche et on aperçoit à sa surface un commencement de transformation de la substance en graisse. — Je m'étois déja aperçu d'une décomposition de la peau de grenouille sur l'animal vivant lorsque j'appliquois les deux conducteurs de la pile sur une partie quelconque de son corps; du côté de +E cette peau étoit formellement brulée, comme si on l'eut touchée avec un fer rouge.

Le Comte C. Ces expériences prouvent combien on risque en appliquant la pile de Volta sur des organes très delicats, tels que ceux de l'ouïe. On court danger de les détruire par la décomposition que l'électricité produit sur les matières animales.

Mde. de L. Mais aussi qui voudra se faire galvaniser ou voltaiser les oreilles?

Le Comte C. Cela a eu lieu très souvent lorsqu'on eut appris à connoitre la vertu irritante de la pile sur les nerfs. On crut avoir trouvé dans cet appareil un moyen de guérir les maladies provenantes d'un manque d'irritabilité dans le système nerveux; et comme on rapportoit souvent la surdité à ce défaut, on a galvanisé mainte paire d'oreille, au reste tout au plus avec un succès passager, qui s'évanouit après quelques jours pour laisser une surdité plus complette.

Mde. de L. Ainsi l'électricité de la pile est une électricité malicieuse qui allèche, en quelque sorte, par quelques succès éphémères pour empirer le mal.

Mr. de P. Pas toujours; il est des cas où elle est

réellement utile, mais décidément pas pour rétablir l'ouïe. Considérons encore quelques phénomènes de la pile. Prenons une chandelle de suif allumée et qui fume un peu. Plaçons les deux bouts des conducteurs de la pile dans la flamme, au dessus l'un de l'autre et à environ 6 lignes de distance. Aussitôt vous voyez le bout positif se couvrir de petites barbes de suie dans la flamme même, barbes qui augmentent en longueur et produisent petit à petit une végétation assez semblable à des dendrites. Si vous faites la même opération sur du camphre allumé, qui produit une plus grande flamme et beaucoup plus de fumée, vous verrez dans une demie minute cette végétation de suie grandir jusqu'à un pouce et un pouce et demi de hauteur. Ainsi nous voyons ici l'électricité s'emparer des atômes de fumée, les attacher l'un à l'autre dans certaines directions et leur donner un dégré de cohérence qu'ils n'ont pas d'ailleurs.

Mde. de L. Ce joli phénomène rappelle les dendrites de métal dont vous nous avez parlé hier, que l'électricité produit également.

Mr. de P. Ce phénomène, qu'on peut considérer comme un phénomène mécanique, n'est pas le seul, outre le mouvement de la feuille d'or de l'électromètre, que la pile produise. Le Physicien françois Gerboin a observé que, si l'on verse du mercure dans un syphon de verre renversé et un peu d'eau sur le mercure dans chaque branche, et si l'on place les conducteurs de la pile, l'un dans une branche, l'autre dans l'autre, à telle profondeur que les pointes de platine se trouvent à une ligne de la surface du mercure, toute la por-

tion de mercure contenue dans le syphon, qui peut aller jusqu'à une demie livre, se met à osciller de presque une ligne, tant que dure l'action de la pile.

Le jeune de L. Ce phénomène est analogue à la bascule électrique dont vous nous avez parlé. C'est attraction et répulsion.

Mr. de P. Tout juste; mais cela est d'autant plus surprenant que ces oscillations se font par une électricité dont l'intensité ne va au plus qu'à 4 degrés de l'électromètre à feuille d'or.

Mais voici un autre phénomène bien plus singulier. Versons du mercure dans un verre comme AB (fig. 49) d'environ 4 pouces de diamètre, et par dessus le mercure une couche très mince d'acide sulfurique bien dénué d'eau, en sorte que le mercure n'en soit que couvert. Placons à présent deux fils de platine à la plus grande distance l'une de l'autre dans le vide que le mercure laisse sur ses bords et qui se trouve rempli d'acide, ayant soin au reste que les pointes de platine ne touchent pas la surface du mercure. Aussitôt qu'on a mis ces deux fils de platine en contact avec les conducteurs de la pile, on voit s'établir un courant violent dans l'acide. Il s'éloigne de la pointe négative dans la direction du diamètre, se refoule sur la pointe positive et reflue à la circonférence du vase vers la pointe négative, d'où il est de nouveau emporté. Si l'on a versé très peu d'acide, une partie de la surface du mercure est mise à découvert; ce qui forme une figure constante pour l'acide sulfurique, mais qui change lorsqu'on employe des solutions concentrées d'alkalis ou de sels.

Mr. de R. A qui devons-nous cette jolie expérience.

Mr. de P. A Erman, professeur à Berlin, et je prévois qu'un jour elle ammènera quelque résultat intéressant. Mais comme je viens de vous nommer l'excellent Physicien de Berlin je me ressouviens que je vous dois encore la plus importante de ses découvertes qui lui a mérité le petit prix galvanique de 6000 francs et que Napoléon lui a décerné en même tems qu'il faisoit la guerre à la Prusse.

Mr. de G. Ah! je reconnois là l'astuce du tyran, qui affecte la générosité envers un Savant de Berlin en même tems qu'il plonge le royaume entier dans tous les malheurs.

Mr. de L. Cela lui ressemble assez. Il savoit faire de tout bois flêche.

Mde. de L. Pourquoi supposer précisément une mauvaise intention dans un acte de justice ou de libéralité?

Mr. de G. Madame! je le connois; je l'ai observé depuis le moment de la révolution françoise.

Mde. de L. Il est mort et a expié. Ne lui refusons pas toute espèce de justice. Je ne puis croire qu'il existe un homme si méchant qu'il n'ait quelque fois de bons mouvemens.

Mr. de L. Je me range — entendez-vous? — du parti de ma femme.

Mr. de R. Oh! Pour le présent je pourrois croire à la conversion de Bonaparte.

Mr. de V. Mais, messieurs, vous paroissez ne pas vous soucier de la découverte du célèbre Erman.

Mr. de P. Je vous rends grâces, monsieur de V., de m'avoir fait jour au travers de cette dispute. Nous avons déja vu que lorsqu'on joint les deux conducteurs de la pile, l'effet des extrémités électriques de l'appareil sur l'électromètre est nul. Il semble donc que, si l'on interpose un troisième conducteur entre ces deux, on aura toujours le même résultat, mais c'est ce qui n'a pas lieu. La flamme de l'esprit de vin est dans ce cas. Elle est un bon conducteur pour chacune des électricités de la pile à part. Mais faisons l'expérience suivante: A (fig. 50) soit une flamme d'esprit de vin. Ammenez les deux bouts des conducteurs de la pile cd et ef dans cette flamme, comme je viens de les dessiner; les deux E ne se combineront pas. Pour vous en assurer touchez l'une des extrémités de la pile avec le doigt et mettez l'autre extrémité en communication avec un électromètre de Bennet, et vous verrez les feuilles d'or diverger: preuve que la flamme ne sert pas de conducteur pour les deux électricités.

A présent laissez la pile dans un état parfaitement isolé et placez un troisième conducteur métallique ab dans la flamme, tenant ce conducteur à la main, tandis que chacun des pôles communique par un conducteur métallique à un électromètre particulier; et vous verrez que l'électromètre, communiquant avec l'extrémité positive de la pile, ne bouge pas, tandis que celui qui communique avec l'extrémité négative offre la plus grande divergence dont la pile est susceptible.

Mr. de V. Cela est bien singulier.

Mr. de P. Précisément les mêmes effets ont lieu

lorsqu'on substitue à la flamme de l'esprit de vin, celle de la cire, du suif, des huiles, de l'éther. Mais par contre la flamme du soufre isole complettement tous les effets de la pile.

Le savon bien sec et le blanc d'oeuf cuit et desséché jusqu'à ce qu'il devienne transparent comme l'ambre jaune, se comportent dans ces expériences comme les flammes d'esprit de vin, de cire, d'huile etc. avec cette différence néammoins que dans la seconde expérience c'est l'extrémité positive de la pile, qui conserve toute son énergie, tandis que l'extrémité négative la perd tout-à-fait.

Erman a conclu de ces faits que l'on doit partager les conducteurs de l'E en deux classes, en *conducteurs bipolaires* tels que les métanx et la plûpart des substances conductrices, et en *conducteurs unipolaires* tels que les substances que nous venons de nommer.

Mr. de R. D'où viennent ces deux dénominations: bipolaires et unipolaires?

Mr. de P. De ce qu'en Allemagne ou nomme pôles les extrémités de la pile.

Le Comte C. J'avoue que je ne comprends rien à ces conducteurs unipolaires qui transmettent chaque électricité à part sans permettre la combinaison de l'une et de l'autre, et qui en suite servent de conducteurs pour l'une à l'exclusion de l'autre.

Mr. de P. Je me doute un peu que ces phénomènes tiennent à des circonstances particulières dont la connoissance exacte éclairciroit la chose

et feroit disparoitre les conducteurs unipolaires. Mais ce sujet, sur le je n'ai encore que des indices très imparfaits, nous mèneroit trop loin. La série des phénomènes de la pile, que je voulois vous offrir, est terminée. Demain nous en essayerons la théorie.

Soixante dixhuitième entretien.

Mr. *de P.* Après avoir accumulé un grand nombre de faits sur les phénomènes de la pile, nous entrons dans le champ de la théorie, champ semé de ronces et d'épines, plein d'embûches que nous tendent la vanité, l'esprit de parti et la foi du charbonnier. Tâchons de surmonter ces difficultés et d'éviter ces embûches.

Mr. de G. Aurons-nous le droit de disputer?

Mr. de P. Bien entendu.

Mr. de L. Il me semble que vous avez quelque fois surpris notre croyance ou notre aveu par la manière dont vous avez présenté les opinions et les faits, conservant pour le moment de la décision les phénomènes les plus importants.

Mr. de P. Ainsi vous supposez que j'ai joué le rôle d'Orateur. Eh bien! Si cela est, soyez sur vos gardes, et quant à moi, je veux, pour éviter tout air de partialité, laisser la décision à mon aimable auditoire ou plutôt le prier de tirer lui-même les conclusions des faits.

Mde. de L. Je n'aime pas ces précautions; je crois à la bonne foi de notre Professeur.

Mr. de P. Mais il peut se faire illusion, être prévenu, surtout lorsqu'il s'agit d'une manière de voir qui lui est propre. Bref: je suis toujours d'avis de laisser liberté plénière à la Critique. C'est le droit de la Science.

Le Comte C. Je suis de cet avis.

Tous ensemble. Moi de même.

Mr. de P. La première et la plus importante question que nous avons à résoudre s'exprime en deux mots: Quelle est la cause de l'électricité de la pile? Nous commencerons, comme de raison, par l'opinion de l'inventeur. L'illustre Volta dit: *L'électricité de la pile nait du contact des deux métaux hétérogènes, par un influence réciproque qui décompose les électricités naturelles des deux métaux.* Volta prouve ce principe par les deux expériences suivantes: Il prend deux disques, d'environ 2 pouces de diamètre, l'un de cuivre et l'autre de zink, bien ajustés l'un sur l'autre et polis, dont chacun a à son centre un manche de verre avec le quel on le manie. Il pose ces deux disques l'un sur l'autre, les sépare l'un de l'autre en direction bien parallèle et touche avec l'un (le zink) son condensateur, qui par cette opération n'est pas encore sensiblement chargé, parce que l'électromètre à brins de paille, sur le quel le condensateur repose, est peu sensible; mais après avoir répété cette opération entière 6 à 8 fois, l'électromètre finit par indiquer une électricité sensible et c'est + E. Volta répète ces six à huit opérations avec le disque de cuivre et trouve que l'électricité, dont il est chargé, est — E.

Ainsi le contact du cuivre et du zink produit sur le cuivre — E et sur le zink + E.

Voici la seconde expérience. Volta soude l'un à l'autre deux bâtons AC, BC, (fig. 51) l'un de cuivre, l'autre de zink, saisit avec la main nue le bâton de zink et touche avec le bout de cuivre son condensateur. Après plusieurs attouchemens le condensateur indique — E à l'électromètre. A présent il retourne son bâton, le saisit par le bout cuivre et touche à plusieurs reprises le condensateur avec le bout zink; alors l'électromètre indique + E. Il répète cette double opération avec deux plaques, l'une de cuivre DE, l'autre de zink GF, posées l'une sur l'autre et fixées soit avec de la soudure, soit par des clous rivés ou par de petites pinces, de sorte qu'un bout dépasse l'autre et que les deux métaux se touchent bien sur la longueur GE. En saisissent cet appareil par le bout Cv. et en touchant à plusieurs reprises le condensateur avec le bout Z., l'électromètre indique + E, tout comme auparavant.

Ces deux expériences fondamentales ont été variées par Volta et d'autres Physiciens et ont constamment fourni les mêmes résultats. Passons maintenant à la pile. L'élément de la pile, dit Volta, est une paire de deux métaux hétérogènes. Il n'est pas même nécessaire que les substances hétérogènes soient des métaux; il est vraisemblable que toute paire de matières non homogènes produise des effets semblables, mais avec une si petite énergie que nos condensateurs ne puissent les exprimer. En effet on a construit des piles où l'on avoit

substitué des plaques de charbon à celles de cuivre et elles ont donné les deux E avec presque autant d'énergie que les piles ordinaires, et d'autres avec d'autres matières qui faisoient très peu d'effet.

Posons sur une table, dit Volta, un élément de la pile z et c (fig. 52) L'impulsion de c vers z produira dans le zink + E, qui sera enlevée par la table qui communique avec le sol. L'impulsion de z sur c produira dans le cuivre — E qui sera libre, par ce que + E du zink est enlevée. Si z étoit isolé, il conserveroit son électricité positive qui se combineroit avec la négative de c et rendroit l'effet nul sur c. En supposant z non isolé, si l'on mettoit un second élément z′ et c′ sur le premier, ce second élément développeroit + E en z′ et — E en c′. L'électricité positive de z′ détruiroit la négative de c, et il ne resteroit plus que la negative de c′ seule. Ainsi ces deux élémens ne feroient que l'effet d'un seul. Il en seroit de même de plusieurs élémens posés ainsi l'un sur l'autre.

Plaçons de nouveau, dit Volta, le premier élément z et c (fig. 53) sur la table, et sur cet élément une rondelle de drap ou de carton imbibé d'un liquide, et sur cette rondelle le second élément z′ et c′. Les choses ont changé de face. + E de z′ ne peut plus se combiner avec — E de c, la couche de liquide sépare ces deux électricités. Néammoins le liquide n'isole pas absolument l'électricité; au contraire il sert de milieu pour transporter — E de c jusqu'au disque supérieur c′ et pour transporter + E de z′ jusqu'au disque inférieur z et de là au sol; de sorte que les deux + E se

perdent et les deux — E s'accumulent sur le disque supérieur c'. Ainsi deux élémens fourniront deux — E sur le cuivre du second élément, trois fourniront trois — E sur le cuivre du troisième élément et ainsi de suite, en sorte que — E d'un seul élément se trouvera au bout de la pile autant de fois accumulée que la pile aura d'élémens; c. à. d. que l'électricité du haut de la pile (le bas supposé en communication avec le sol) sera en proportion du nombre des élémens ou des paires de métaux dont la pile est composée. Et cela se trouve conforme avec les expériences les plus exactes faites sur différents nombres de paires. — Vous sentez que, si l'on renverse la pile, le même raisonnement aura lieu pour l'électricité positive due aux disques de zink. Voilà la théorie de Volta.

Le Comte C. J'avoue que je ne conçois pas l'effet indiqué du liquide. Car s'il sert comme isolateur entre — E et + E d'un élément à l'autre, comment peut-il transmettre l'une des deux dans une direction et l'autre dans l'autre?

Mr. de P. Quelque peine que plusieurs Physiciens se soient donnée pour écloircir la chose, elle m'a toujours paru énigmatique. Biot par ex: a besoin de l'électricité du sol pour son explication, qui au reste n'est nullement satisfaisante. Mais cet illustre Physicien françois a-t-il oublié que, quand la pile entière est isolée, les deux extrémités, sans l'action de l'électricité du sol, développent toute leur énergie sur l'eau, les acides, les sels etc. pour leur décomposition et sur les métaux pour leur inflammation? D'où vient

cette énorme quantité d'E des deux espèces dans un appareil aussi parfaitement isolé que possible? Croirons-nous que la décomposition des électricités naturelles, opérées par le contact des métaux hétérogènes, fournisse une telle abondance de + E et de — E pendant des jours et des semaines entières?

Le jeune de L. Au moins cela est-il difficile à comprendre.

Mr. de P. Au reste ces observations ne sont que des difficultés, que nous ne voulons pas regarder comme des objections irréfutables contre l'hypothèse de Volta. Examinons les deux faits sur les quels se fonde son principe, que le contact des métaux hétérogènes produit les deux électricités, + E sur le zink et — E sur le cuivre.

Mr. de R. Ces faits sont-ils sujets à quelques doutes?

Mr. de P. Voyons. J'ai répété de deux manières la première expérience de Volta avec des disques bien plans, supérieurement travaillés, zink et cuivre, de 5 pouces de diamètre armés à leur centre de bâtons de verre de 8 pouces de hauteur; et pour support de l'inférieur 3 bâtons de verre vernissés, de 10 pouces de hauteur. Dans la première expérience j'avois mis le disque inférieur en communication avec la terre en le faisant toucher par un aide, au moyen d'une bande de feuille d'étain. En enlevant la plaque supérieure et la portant à mon condensateur simple, la feuille d'or a d'abord obtenu une divergence de 5 à 6 degrés. En répétant l'opération dix fois de suite pour bien charger

le condensateur, j'ai obtenu 40, 50 etc. jusqu'à 80 degrés. Ma seconde expérience a été une répétition de celle-là, avec cette différence que le disque inférieur étoit isolé. J'ai obtenu également des signes d'électricité, mais de règle moins qu'auparavant; le premier contact fournissoit 3 à 4 degrés et dix accumulés jusqu'à 30 ou 40. Et ce qui m'a surpris, c'est que souvent une des opérations diminuoit sensiblement l'effet des précédentes, au lieu de l'augmenter.

Mr. de L. Néammoins l'expérience de Volta se trouve constatée, et très fort, par la vôtre.

Mr. de P. Assurément et plus même que Volta ne doit le désirer. Car selon sa théorie je n'aurois du obtenir aucun signe d'E lorsque les deux disques étoient isolés; car alors la + E du zink doit combiner la — E du cuivre, comme cela a lieu dans la pile, où aucune des deux extrémités n'affecte l'électromètre lorsque l'autre reste isolée.

Mr. de V. Cette objection est forte.

Mr. de L. Peut-être pas irréfutable.

Mr. de P. Supposons qu'elle pût être réfutée, ce que je ne crois pas; que nous dit cette première expérience de Volta pour son hypothèse? Rien du tout. Car en posant et en enlevant le disque supérieur, Volta peut-il prétendre qu'il ne s'opère aucun frottement et que les deux électricités, qu'on observe après ces deux mouvemens, ne soient pas le produit de ce frottement des deux métaux hétérogènes? J'ai là-dessus des expériences avec mon double condensateur qui paroissent incroyables, et cela sur deux morceaux du même laiton,

sortant du même creuset, dont le frottement fournit à l'électrometre armé du double condensateur 2 à 3 degrés d'électricité ; tant il est vrai que le frottement n'a besoin que de la plus petite hétérogénéité des matières pour produire de l'E.

Mr. de L. Mais la seconde expérience, où les deux métaux sont soudés l'un à l'autre?

Mr. de P. Nous y viendrons à l'instant. En attendant je vous prie de déclarer si cette première expérience fait preuve ou non.

Le Comte C. Je déclare tout simplement: non.

Mr. de V. Et moi de même.

Mr. de L. Eh bien! Soit. Mais la seconde expérience?

Mr. de P. Pour la répéter je me suis fait faire deux plaques bien dressées et bien polies, comme DE et GF (fig. 51), l'une de zink et l'autre de cuivre, chacune longue de 4 pouces et large d'un peu plus de deux pouces. Je les ai assujetties l'une sur l'autre par deux petites tenailles de fer à vis, interposant entre le fer et les autres métaux d'épaisses plaques de verre, de sorte que le contact de zink et de cuivre se faisoit sur une surface de 3 p. de longueur et 2 de largeur.

J'ai saisi alternativement le zink et le cuivre pour toucher avec l'autre métal mon condensateur joint à l'électromètre à feuille d'or, qui est incomparablement plus sensible que celui de Volta à brins de paille. — Eh bien! après dix, vingt et trente contacts réitérés avant d'ouvrir le condensateur, je n'ai pas pu apercevoir la moindre divergence à la feuille d'or. J'ai ré-

pété cette expérience des centaines de fois et jamais je n'ai pu obtenir d'électricité sensible, lorsque je faisois ces attouchemens sans frottement entre le métal de l'appareil et celui du condensateur.

Mr. de R. Ai-je bien entendu? Ainsi cette expérience de Volta n'est pas vraie!

Mr. de P. Je dois le dire: Pour moi elle ne l'est pas.

Mr. de V. Mais que disent d'autres Physiciens?

Mr. de P. La plûpart prétendent avoir obtenu les mêmes résultats que Volta. Haüy a déja déclaré qu'il n'obtient d'E que lorsqu'il opère le contact entre le cuivre et le condensateur, et croit trouver ce phénomène d'accord avec la théorie de Volta. J'ai répété cette expérience si souvent; je la répète chaque année dans mes cours; je la fais répéter par mes auditeurs, par des Professeurs qui me font quelque fois l'honneur d'assister à mes leçons et toujours sans que le condensateur indique la moindre électricité sensible. Bref, j'ai fait tout ce qu'il est possible de faire pour me convaincre bien clairement que Volta et ses successeurs n'ont obtenu d'électricité que par frottement.

Mr. de L. J'avoue que je ne sais à quoi me décider.

Mr. de P. Voici une autre expérience à moi, la seule qui puisse décider, expérience que Volta eut du faire avant d'avancer son hypothèse. J'ai deux plaques de 3 pouces de diamètre très bien travaillées et polies comme des miroirs. Je les place l'une sur l'autre sur une plaque de glace pour les isoler à volonté et je mets

l'inférieure en communication avec le sol. Je touche cet appareil avec le doigt pour lui enlever l'E que cette manipulation auroit pu produire, et je le place sous le conducteur du double condensateur. Ce conducteur est une verge de métal fixée à la plaque du grand condensateur de sorte que je puis lui donner telle position que je veux. En outre je puis visser à son extrémité une petite boule (de 2 lignes de diamètre) ou de zink, ou de cuivre, ou d'or. Je place le conducteur de sorte que la boule se trouve à une ligne au dessus de l'appareil aux deux plaques, et je touche du doigt les deux condensateurs pour leur enlever l'E que le mouvement du conducteur pourroit avoir produite, et qu'elle produit de règle. Tout étant ainsi préparé.

Mr. de L. Voilà bien des précautions.

Mde. de L. Je ne puis que les louer dans une expérience aussi délicate et décisive.

Mr. de P. Je vous prie de ne pas les oublier, devant bientôt vous décrire d'autres expériences du même genre. Tout étant ainsi préparé, j'incline au moyen d'une vis tout l'appareil du double condensateur jusqu'à ce que la petite boule du conducteur, s'avançant en direction perpendiculaire, touche bien sûrement la plaque de zink ou de cuivre; ce dont je m'assure de plus d'une manière. J'ai répété cette expérience sur les deux plaques, avec chacune des trois petites boules du conducteur; j'ai employé en outre des plaques de 5 p. de diamètre et d'autres de 11 pouces en carré, et je n'ai jamais obtenu la moindre divergence à l'électromètre du double condensateur, quoique j'aie employé à cet

effet le bâton mobile qr (fig. 30) jusqu'à $\frac{1}{2}$ ligne de distance de la feuille d'or. Ainsi je suis sûr par cette expérience que, si le contact des deux métaux hétérogènes produit de l'électricité, son intensité n'atteint pas $\frac{1}{11,000}$ d'un degré de l'électromètre à feuille d'or. Et Volta a cru manifester cette électricité au moyen du condensateur simple sur son électromètre à brins de paille!

Le Comte C. Cette expérience est pour moi *l'experimentum crucis.* Il faut de pareilles précautions pour s'assurer qu'on n'a point occasionné de frottement par les contacts. Et ce n'est que sur de pareilles expériences qui l'on peut, à mon avis, fonder des théories.

Mde. de L. Etes-vous, mon cher mari, encore fâché de l'extrême sensibilité des condensateurs?

Mr. de L. Point du tout; et cet exemple me prouve, pour le présent et pour la suite, que le Physicien ne peut mettre trop de soin à se procurer des instrumens de la plus grande sensibilité.

Mr. de P. J'ai fait plus encore pour éviter toute erreur dans une expérience aussi importante. Lorsqu'on reçoit de l'ouvrier de pareilles plaques, elles ont souvent encore une couche imperceptible de l'huile qui a servi à les polir. Pour les en délivrer, je les plonge et les frotte avant l'expérience dans une solution d'alkali caustique et je les lave ensuite dans beaucoup d'eau distillée. Sans cela j'aurois pu me douter que l'huile, qui est un mauvais conducteur, avoit nui au succès dans le sens de Volta.

Mr. de V. Il faut avoir vraiment toute la véracité qu'un Physicien doit avoir pour songer à une pareille chose. Quant à moi, quoique j'aie si peu de tems à vivre, je suis charmé de savoir à quoi m'en tenir sur l'hypothèse de Volta. Général! que dites-vous?

Mr. de L. Vous voyez que je me tais; n'est-ce pas assez? Mais que mettrez-vous à la place, monsieur de P.? Je n'ai pas envie de ne rien comprendre aux phénomènes de la pile.

Mr. de P. Je suis sûr, Général, de vous satisfaire; car je vais rammener ces phénomènes électriques à la Chimie. Cette théorie, qui concerne tous les phénomènes que la pile nous offre, je l'ai conçue déja en 1801 et publicé en 1802. Plusieurs Physiciens, les uns trompés par des expériences erronnées, d'autres séduits par l'autorité de l'illustre Volta, l'ont combattue. Je l'ai soutenue jusqu'à ce jour, et j'ose dire que le public des Physiciens commence à l'admettre, quantité de nouveaux faits lui ayant donné de nouveaux appuis.

Je dis: *l'électricité de la pile est le produit de l'oxidation des métaux* et j'ajoute que *vraisemblablement tous les procès chimiques produisent de l'électricité.*

Mr. de L. (avec vivacité) Cette thèse me plait. Elle porte le caractère de la vérité en elle-même. L'électricité produit quantité de phénomènes chimiques; donc les phénomènes chimiques doivent produire l'électricité; Car que deviendroient et d'où viendroient les impondérables qui se manifestent dans les phéno-

mènes chimiques? Cela est parfaitement analogue à ce que la Nature fait, qui change les effets en causes et les causes en effets. Cette thèse est un trait de lumière qui se répandra partout où il y a de la Chimie, dans la matière brute et dans la matière organisée, et partout où il y a de l'Electricité, dans les petits phénomènes de la pile et dans les phénomènes gigantesques de la foudre. Je suis votre partisan déclaré.

Mr. de P. Je ne demande pas mieux, Général; mais que ce soit avec moins de feu. Avant de tirer d'aussi grandes conséquences il faut poser la théorie sur des fondemens inébranlables, et pour cela il faut que la raison domine l'imagination.

Mr. de R. Qui eut deviné que notre Général, avec son sang-froid et ses sarcasmes, deviendroit un jour mon confrère en fait d'enthousiasme?

Mr. de P. Entrons en matière. Lorsqu'on défait une batterie qui a été active pendant quelques heures ou quelques jours, on trouve que les métaux, au moins le zink, si l'autre est de l'argent, sont oxidés. Ainsi, dès qu'une pile est chargée, nous avons deux procès simultanés, un procès chimique et un procès électrique. Et comme ces deux procès ne sont jamais l'un sans l'autre dans la pile, nous avons lieu d'admettre qu'il existe entre eux une rélation de cause et d'effet. Cela est si naturel que le célèbre Chimiste Berzélius, persuadé de la vérité de l'hypothèse de Volta, a prétendu que les affinités ne sont que des jeux de l'électricité et a publié un nouveau système qui embrasse toute la Chimie et qu'il nomme *système electro-chimique.*

Le jeune de L. Et comme l'hypothèse de Volta

n'est pas fondée, voilà la thèse de monsieur de P. démontrée!

Mr. de P. Cette démonstration, mon cher, est un peu trop militaire. Nous voulons en chercher quelques autres. La simultanéité des deux procès dans la pile et l'existence des procès chimiques hors de la pile, sans influence de l'électricité, étant hors de doute, il est probable que, dans la pile, le procès chimique a la priorité et que le procès électrique en est la suite. Voyons ce que les phénomènes diront à cet égard.

Plusieurs Physiciens (je me contente de vous nommer Davy et Biot) ont fait de nombreuses expériences sur l'action de la pile, lorsque cet appareil est chargé de divers fluides et lorsqu'il est plongé dans différents gaz. Voici en général les résultats de ces expériences.

1) Il n'est pas nécessaire que les deux métaux s'oxident pour produire les deux E. Au contraire l'effet est plus grand lorsque l'un des deux métaux est du zink et l'autre de l'argent ou tout métal que le liquide n'attaque pas.

2) Plus le liquide est susceptible d'oxider le zink, plus l'effet électrique augmente. La suite de ces effets, en progression ascendante, est selon Davy (les métaux de sa pile étoient zink et argent): l'eau distillée, l'acide muriateux hydrogéné, l'acide sulfurique délayé d'eau, l'acide nitrique délayé d'eau, l'acide nitrique pur. Selon d'autres expériences le sulfate d'alumine, le muriate de soude et le muriate d'ammonium rangent entre l'acide muriateux oxigéné et l'acide sulfurique délayé d'eau. Les Physiciens préfèrent ces sels aux acides sulfurique et nitrique, parce que ces acides, en même

tems qu'ils produisent des effets électriques beaucoup plus considérables, attaquent si fortement le métal que la pile seroit dissoute dans quelques heures. Par contre l'acide sulfurique concentré n'offre presque point d'effet électrique; en effet il n'attaque pas sensiblement les métaux de la pile. Une solution d'alkali fait, selon van Marum, à peu près le même effet que l'eau distillée. Une solution d'hydrogène sulfuré dans l'eau n'est accompagnée d'aucun effet électrique.

Mde. de L. D'où vient dans votre théorie l'action électrique de l'eau distillée, puisque l'eau distillée n'attaque ni le zink ni le cuivre?

Mr. de P. De l'oxigène de l'air atmosphérique contenu dans l'eau, qui, comme vous savez, se renouvelle sans cesse, tant que le liquide est en communication avec l'atmosphère. Et la solution d'hydrogène sulfuré ne produit aucun effet électrique par ce que tout l'oxigène atmosphérique qui y entre, s'y trouve combiné par cette substance éminemment oxidable.

3) Une pile chargée d'eau distillée et placée sous un récipient dans différents gaz produit les effets suivants:

Dans l'air atmosphérique elle consume l'oxigène, après quoi plus d'effet électrique.

Dans l'air atmosphérique, que l'on raréfie par la pompe pneumatique, l'effet électrique diminue à mesure que la raréfaction a lieu. Lorsque l'élasticité de cet air n'équivaut plus qu'à quelques lignes de mercure, l'effet électrique est presque nul; dès qu'on laisse rentrer l'air il augmente de nouveau. Si au lieu d'air at-

mosphérique on fait entrer du gaz oxigène, l'effet électrique devient plus considérable.

Dans les gaz azote, hydrogène, hydrogène carboné, dans le deutoxide d'azote, en général dans les gaz qui n'offrent point d'oxigène libre, cette pile ne fournit que pendant quelques minutes un effet électrique très foible, qui provient du gaz oxigène atmosphérique que le liquide contenoit avant d'être plongé dans ces gaz.

La même pile, mais chargée d'eau tant soit peu imprégnée d'acide nitrique, offre dans l'air raréfié le même effet électrique que dans l'air libre; preuve que l'affoiblissement de l'effet électrique dans l'air raréfié ne provient pas d'un défaut de pression, ou du moins que ce défaut a très peu d'effet sur de si petits degrés d'E.

Mr. de R. Ces faits prouvent clairement que le procès électrique est du au procès chimique.

Mr. de P. N'allons pas si vîte en besogne; ils augmentent de beaucoup la vraisemblance de cette thèse mais ne la prouvent pas décidément. Passons à d'autres phénomènes. Un Physicien allemand (dont j'ai oublié le nom) a composé une pile dont les métaux étoient du fer au lieu de zink et du cuivre au lieu d'argent. Il l'a chargée d'abord avec de l'eau distillée et a obtenu — E à l'extrémité, qui commençoit par le fer, et + E à celle qui se terminoit par le cuivre. C'est le même effet qu'avec le zink et le cuivre. Puis il a chargé la même pile et dans le même ordre des deux métaux avec de l'hydrogène sulfuré et a obtenu à l'extrémité de fer + E et à celle de cuivre — E. Ainsi le changement du liquide peut renverser l'ordre des deux

E, tandis que l'ordre des métaux n'est point changé. Que conclurons nous de là?

Mr. de G. Ce que nous savons déja; que ce n'est pas le contact des métaux qui produit l'électricité de la pile, mais que le fluide, dont on la charge, joue le rôle principal.

Mr. de P. Mais voici une expérience qui paroit prouver précisément le contraire. Le Physicien italien Zamboni a construit une pile sans fluide et a obtenu des effets considérables.

Mr. de R. Sans fluide? Voilà du nouveau et votre théorie est à bas!

Le Comte C. J'ai beaucoup ouï parler de cette pile. On la nomme *la pile sèche;* j'ai même vu à Munik une montre mise en mouvement par deux de ces piles, et l'artiste qui a construit cet appareil a prétendu que cette montre alloit mieux que la meilleure pendule astronomique.

Mr. de P. On a débité plusieurs folies de ce genre. On a fait même de cette pile un mouvement perpétuel. Mais un honnête artiste würtembergeois a prouvé que cette montre va très mal et (selon une idée antérieure De Luc) qu'on pourroit plutôt l'employer comme instrument météorologique que comme pendule astronomique. En outre on a trouvé que ces piles cessent enfin de produire l'électricité. Je possède un appareil de deux piles, chacune de 2000 couples dont l'effet électrique a cessé aubout de 15 à 16 mois. D'autres ont duré plus longtems.

Mr. de R. Mais, cet effet n'eut-il duré qu'un jour ou

une heure, voilà le principe de l'oxidation très mal dans ses affaires.

Mr. de L. Ce sera une bêtise de quelques Physiciens superficiels qui crient au miracle à chaque nouveau phénomène qu'ils ne comprennent pas, sans se donner la peine de l'étudier.

Mr. de P. A peu près. Cette pile de Zamboni est composée de rondelles de papier doré (cette dorure est une très mince feuille de cuivre battu) sur l'envers de la quelle Zamboni fixe avec du miel de la poudre de peroxide de manganèse. Ces rondelles étant bien séchées, il les tasse tout simplement dans un tuyau de verre de même diamètre, fermé hermétiquement en haut et en bas par une virole de métal au travers de laquelle passe un fil de métal qui touche les rondelles et sert de conducteur. Bientôt après on a construit ces espèces de pile avec du papier doré et du papier argenté (l'or est ici une très mince feuille de cuivre et l'argent une feuille d'étain, collées sur le papier) sans protoxide ni miel; enfin, et c'est la meilleure méthode, on les construit de papier doré et de feuilles de zink.

J'ai beaucoup ri en lisant que des Physiciens déclaroient ces piles parfaitement séches par ce qu'ils les avoient placées pendant des heures et des jours entiers près d'un poële chaud, sans qu'elles ayent perdu leur vertu électrique. Car ces messieurs, qui vouloient faire triompher l'hypothèse de Volta, croyoient éluder par là l'objection qu'ils prévoyoient que je ferois, que l'humidité de l'air remplace le liquide de la pile de Volta.

Mr. de R. Mais si les rondelles de ces piles étoient

si bien desséchées, il me semble que votre objection ne peut plus avoir lieu.

Mr. de P. Croyez-vous donc qu'un air, même brûlant ne contienne pas d'eau?

Mr. de R. Comment?

Mr. de P. Il en peut contenir d'autant plus que sa température est plus élevée, puisque le calorique transforme l'eau en vapeur qui, tant qu'elle est dans cet état, n'affecte pas l'hygromètre.

Mr. de R. Ah! j'y suis. Il ne faut pas oublier l'Hygrométrie.

Mr. de P. J'ai prouvé qu'une pile de ce genre, qui exposée à l'air et composée de 800 couples . . . .

Le jeune de L. De 800 couples!

Mr. de P. On en a de bien plus nombreuses. Je viens de vous en nommer de 2000 et j'en possède une de 32,000 couples. Je dis qu'une pile de 800 couples, qui, à un air d'une humidité moyenne, fournit 8 degrés de divergence à mon électromètre, produit une telle électricité, lorsqu'on lui donne les plus forts degrés d'humidité, que la feuille d'or s'élance avec violence et même se déchire. Placée assez longtems dans un air desséché par de la chaux caustique, elle n'indique aucune électricité sur mon condensateur simple, déja lorsque le degré d'humidité est tombé jusqu'a 20 degrés de mon hygromètre à soye. Ainsi il est bien décidé que c'est l'humidité de l'air, précipitée sur le papier de cette pile, qui rend le procès électrique possible en attirant le gas oxigène de l'air pour opérer l'oxidation.

Au reste l'électricité de ces piles (quoique très intensive, comme vous le voyez, lorsque les piles sont très humides) est très peu abondante. Une pile de ce genre, composée d'environ 140 couples, et qui fournit 3 degrés à l'électromètre, a besoin de $33\frac{1}{2}$ minutes pour charger complettement une bouteille de Leyde de 42 pouces carrés de surface que la pile de Volta de 100 couples, humectée avec une solution de salmiak, charge dans un seul instant. Le condensateur a fourni des résultats pareils, et si l'on tient compte des tems et des surfaces, il suit de ces expériences qu'une pile de Volta construite comme je l'ai décrit, fournit plus de 1700 fois plus d'E, qu'une pile de Zamboni, d'égal nombre de couples et chaque couple de même surface.

Mde de L. Cela est surprenant.

Mr. de P. Je n'y trouve rien de surprenant, sinon que la proportion n'est pas encore plus forte. Mais cela vient de ce que j'ai évalué le tems du contact pour la pile de Volta à une demie seconde; ce qui est beaucoup trop. Cette proportion qui vous étonne, madame, cadre fort bien avec la quantité de métal oxidé dans l'eau par l'oxigène atmosphérique, comparée à celle du même métal oxidé par une solution saturée de salmiak dans le même tems.

Le Comte C. Ainsi cette fameuse pile, qui devoit porter le coup mortel à votre théorie, est devenue un de ses apuis.

Mr. de P. Du reste toutes les preuves que nous venons d'accumuler pour cette théorie, ne peuvent être considérées par une sévère Logique que comme

des preuves indirectes. Voyons s'il n'en existe pas qu'on puisse regarder comme tout-à-fait concluantes.

Plusieurs auteurs, et entre autres Lavoisier, avoient déja observé que l'action des acides sur les métaux produit de l'électricité. J'ai fait plusieurs expériences a ce sujet en employant mon double condensateur, au reste sans le bâton mobile pr que j'ai inventé depuis. Pour cet effet j'avois un petit vase mis en communication avec le grand condensateur.

Je jettai dans ce vase de la limaille d'étain et versai dessus de l'acide nitrique. Cinq expériences donnèrent pour moyen résultat $7\frac{1}{2}$ degrés de — E.

Je traitai de même de la limaille de fer avec de l'acide sulfurique délayé. Le résultat moyen de 5 expériences fut $3\frac{1}{2}$ degrés de — E.

Je traitai de même de la limaille de fer avec l'acide nitrique et obtins comme résultat moyen de cinq expériences 3 degrés de — E.

L'inflammation étant un procès chimique si important je fis les expériences suivantes sur plusieurs espèces de flamme, en placant le conducteur du grand condensateur (dont j'ai parlé) à la surface de la flamme. J'ai fait avec chaque flamme 4, 5 ou 6 expériences.

La flamme du suif produisit	$27\frac{1}{2}$ degrés	de + E.
La flamme d'éther sulfurique	$23\frac{2}{5}$ ——	de + E.
La flamme d'esprit de vin	15 ——	de + E.
La flamme d'huile de thérébentine	10 ——	de + E.
La flamme du gaz hydrogène	4 ——	de + E.
La flamme du phosphore	$2\frac{1}{4}$ ——	de + E.

Je mis un charbon bien allumé dans le petit vase

en communication avec le grand condensateur et j'y laissai tomber de très fines gouttes d'eau jusqu'à l'extinction du charbon. L'électromètre indiqua 8 degrés de — E comme résultat moyen de cinq expériences.

Enfin l'illustre Saussure, père, trouva que lorsqu'il versoit quelques gouttes d'eau dans un creuset chauffé jusqu'au rouge, un simple électromètre indiquoit une quantité sensible de — E, et en conclut déja que la vapeur d'eau est positivement électrique, l'électricité négative s'étant manifestée sur le creuset. Cette expérience est d'autant plus importante que nous y voyons de l'électricité produite par le plus simple changement de forme.

Le Comte C. Cette masse de faits prouve évidemment que les procès chimiques engendrent l'électricité et la vérité du principe de Mr. de P.

Mr. de P. Permettez moi d'y ajouter l'experimentum crucis, sans le quel je ne serois pas satisfait de la preuve.

Mde. de L. Je l'attendois.

Mr. de P. Souvenez vous de l'expérience décisive que j'ai décrite pour prouver que le contact des métaux hétérogènes ne produit pas d'électricité. Veuillez vous le rappeller avec tous ses détails. Les expériences que je vais rapporter ont été faites avec les mêmes précautions et jetteront, à ce que j'espère, du jour sur la nature des deux électricités produite par les procès chimiques et sur la manière dont elles se développent et s'accumulent aux extrémités de la pile.

J'employe des disques de 3 pouces en tout sembla-

bles à ceux de l'expérience alléguée. Je place sur une plaque de verre une rondelle de carton bien imbibée d'un liquide composé d'une partie d'acide nitrique délayé de 5 parties d'eau, et la mets en communication avec le sol par un fil d'or ou de platine. Puis je place sur la rondelle le disque de zink. Je laisse l'appareil en cet état à peu près une demie minute. Puis j'opère le contact entre le disque de zink et le double condensateur au moyen de la petite boule de zink, sans au reste faire usage du bâton mobile. L'instant d'après l'électromètre indique 7 à 8 degrés de — E.

Je renverse l'expérience, mets le disque de zink en communication avec le sol et la rondelle de carton avec le double condensateur au moyen de la petite boule d'or. A l'instant l'électromètre indique 12 à 13 degrés de + E.

Si j'employe au lieu du mélange d'eau et d'acide nitrique une solution de salmiak, j'obtiens à peu-près les mêmes résultats. Si j'employe un mélange de deux parties d'eau et d'une partie d'acide nitrique, les deux résultats sont bien plus considérables. L'électromètre indique jusqu'à 50, 60 degrés, et même j'ai observé une fois jusqu'à près de 90 degrés. L'eau distillée ne fournit que 2 à 3 degrés.

Ainsi l'action des acides et de l'oxigène atmosphérique sur le zink produit l'électricité positive dans le liquide et l'électricité négative sur le métal.

J'ai répété ces expériences sur le cuivre avec les acides et le sel et obtenu également + E dans le liquide et — E sur le métal, mais de quelques degrés moindres,

L'action de l'eau, ou plutôt de l'oxigène atmosphérique au moyen de l'eau sur le cuivre, n'a pas livré de résultats sensibles.

D'après ces expériences décisives, comparées à celle que j'ai citée avec les deux métaux secs, je me crois en droit de poser en thèse que *l'élément de la pile, est un métal et un liquide capable de l'oxider.*

Enfin, s'il pouvoit exister encore quelque doute là-dessus, la fameuse expérience de Wollaston le lèveroit. Ce Physicien celèbre a employé pour appareil, qu'il nomme batterie élémentaire, trois plaques de métal, chacune d'un pouce carré de surface, l'une de zink et deux de cuivre. Il a placé la première entre les deux dernières, mais sans se toucher; elles étoient au contraire séparées par de petits coins de bois. Il a joint les deux cuivres par un conducteur, dont il a fixé l'autre bout au zink. Ce conducteur étoit un fil de platine de $\frac{1}{1000}$ de pouce en diamètre.

Le jeune de L. Ah! nous connoissons cette miniature de cheveu.

Mr. de P. La même dont je vous ai parlé autrefois à l'article de la divisibilité de la matière. L'appareil étant ainsi construit, Wollaston le plonge au moyen d'un petit manche isolant dans un liquide composé de 60 parties d'eau et d'une partie d'acide sulfurique; à l'instant le conducteur de platine s'échauffe jusqu'à rougir.

Mr. de R. Incroyable!

Mr. de P. Mais très vrai. Ainsi nous voyons dans cette expérience le plus grand effet d'électricité produit sans le contact des métaux hétérogènes.

Mde. de L. Nous ne voulons plus de preuves. Il me semble qu'il est impossible d'en accumuler davantage.

Mr. de P. Passons donc aux objections qu'on a faites contre ma théorie; car il faut voir le revers de la médaille. Au reste je n'en finirois jamais si je voulois vous décrire toutes les expériences indirectes que l'on a regardées comme des objections contre la théorie de l'oxidation, et qui ne sont des difficultés que pour ceux qui ne connoissent cette théorie que superficiellement. Mais je vous dois les deux plus importantes que je connoisse, par ce qu'elles sont directes; elles sont toutes deux de Biot. Cet illustre Physicien assure que la pile, étant placée sous la cloche de la pompe pneumatique dont on raréfié l'air, fournit des effets encore très marquants lorsque la raréfaction a été poussée jusqu'à ce que l'épreuve n'indique que 3 lignes de mercure. Cette pile décomposoit encore l'eau et opéroit la commotion. D'où Biot conclut que le peu d'oxigène atmosphérique, qui restoit dans la cloche, ne peut pas être regardé comme la cause de ces effets, et que la pile a une action à elle propre, indépendante de l'oxigène. Je ne veux pas appuier sur ce que ce résultat, n'est point conforme à celui de Davy qui, n'ayant poussé la raréfaction de l'air que jusqu'à $\frac{6}{10}$ d'une pouce de mercure, n'observa aucune effet de la part de la pile. Mais je demanderai si l'on sait qu'elle quantité d'oxigène est nécessaire pour donner encore quelque activité à la pile, et pourquoi la pile, placée sous une cloche pleine d'air, a perdu (selon Biot lui-même) toute son action lorsque le gaz oxigène de cette cloche est tout-à-fait consumé?

Cette dernière expérience, faite par Davy, Biot et d'autres Physiciens, toujours avec le même résultat, doit prévaloir sur la première, dont les conséquences ne se fondent que sur une supposition gratuite.

La seconde objection de Biot est celle qui a fait le plus de bruit et gagné à Volta le plus de partisans. La voici: Biot charge une pile de 20 couples avec de la solution de sulfate d'alumine (alun) éprouve son intensité au moyen du condensateur et de la balance de torsion et trouve que la répulsion étoit de 90 degrés dans moins d'une demie seconde. La pile étant d'ailleurs bien isolée, il réunit les deux extrémités par un seul et même conducteur et laisse pendant deux minutes l'appareil dans cet état, comptant que si l'oxidation produit de l'électricité, cette E doit s'accumuler dans la pile. Après ces deux minutes il enleve ce conducteur au moyen d'un tube de verre verni et essaye (la pile entière restant isolée) son degré d'E au moyen du condensateur et de la balance de torsion et ne trouve aucune répulsion sensible. Biot calcule ainsi: En admettant qu'il ait pu dans la dernière observation se tromper de 5 degrés (ce qui n'a aucune vraisemblance) et que parconséquent cette dernière observation eut fourni 5 degrés, les intensités d'électricité eussent été dans le rapport de 1 à 81. Le tems du contact dans la première observation a été 2 minutes. Ainsi le rapport des tems est 1 à 240. Si donc on multiplie ce rapport par le précédent, le produit est le rapport 1 à 20000. Ainsi, conclut Biot, l'électricité produite par l'oxidation ne peut pas être $\frac{1}{20000}$ de celle que le contact des deux métaux produit, et l'on doit parconsé-

quent regarder celle-là comme nulle. — Que pensez-vous de ce raisonnement?

Mr. de L. Biot auroit pu dans sa seconde expérience laisser le conducteur une heure entière sans obtenir d'électricité accumulée, parce que + E et — E se combinent par ce conducteur, et il eut pu, au même titre, assurer que l'électricité produite par l'oxidation n'est pas la 600000ème partie de celle que le contact produit.

Mr. de P. Vous indiquez, Général, la faute qu'il y a dans tout ce raisonnement. Biot suppose que l'oxidation ne produit qu'une des deux E et croit qu'elle doit s'accumuler. Il ignore que l'oxidation produit les deux E et que, dès qu'on leur donne un conducteur commun, elles doivent se neutraliser et non s'accumuler par le tems. Moi, je puis faire ce raisonnement dans les expériences fondamentales que j'ai citées, par ce que je n'enlève qu'une des deux E par mon double condensateur.

Mes observations à la feuille d'or ne peuvent pas contenir une erreur d'un demi degré; mais je veux supposer qu'une pareille erreur ait eu lieu et que l'oxidation du zink m'ait fourni à terme moyen une répulsion de 10 degrés, la proportion sera d'abord 1 à 20. Mais comme dans l'expérience qui devoit marquer l'électricité par le contact j'ai employé le bâton mobile, et non pas dans les autres, cette proportion doit être encore multipliée par 20; ce qui donne 1 à 400. J'ai également fait durer la première expérience plusieurs minutes; tenons nous en à 2, et nous aurons pour rapport

des tems, tout comme Biot, 1 à 240. En multipliant ces deux rapports il se trouvera que l'électricité produite par le contact des métaux hétérogènes n'est pas $\frac{1}{96000}$ de celle que l'oxidation produit.

Le Comte C. Et je ne vois pas ce qu'on pourroit objecter à ce calcul.

Mr. de P. Et j'observe que je n'ai pas pris pour base de ce calcul le carré des distances, mais les distances simples; sans quoi nous aurions un résultat encore vingt fois moindre pour l'électricité que le contact des métaux pourroit produire.

Mr. de L. Ainsi nous sommes en règle sur le principe de l'activité de la pile.

Mr. de P. A ce que je crois. Entrons à présent un peu dans le détail du mécanisme par le quel la Nature fait passer chaque électricité produite par l'oxidation au travers des couples de métaux et des couches de fluide pour accumuler l'une à une extrémité, l'autre à l'autre extrémité de la pile.

Le premier problème à résoudre est d'expliquer comment il se fait que, — E se développant sur le métal et + E dans le liquide, ces deux électricités ne se combinent pas. L'expérience prouve qu'elles se combinent lorsque l'une et l'autre, le métal et le liquide, sont isolés. Mais lorsqu'on met l'un en communication avec le sol, alors l'électricité de l'autre se manifeste à l'électromètre. Il semble que, la communication d'un côté ou de l'autre avec le sol étant établie, les deux E devroient se perdre.

Le Comte C. Cela paroit devoir avoir lieu; ainsi il faut supposer une substance entre le liquide et le métal qui serve d'isolateur d'une E à l'autre.

Mr. de P. Nous n'avons pas besoin de la supposer. Le procès chimique produit cette substance; c'est l'oxide. Souvenez vous, monsieur le Comte, que nous avons prouvé dans le chapitre de la Chimie que les oxidations des métaux, produits par les acides ou par le gaz oxigène, ne se font qu'en vertu de la chaleur rouge que la conbinaison de l'oxigène avec le métal produit. Ainsi l'oxide qui se forme dans la pile a la chaleur rouge au moment où il nait, et la perd l'instant d'après par la force conductrice du métal et du liquide. Mais au même instant il s'en produit une nouvelle lame, et vous voyez qu'il doit continuellement exister une lame d'oxide très sec qui fait ici l'office d'isolateur, quelque mince qu'elle soit, les degrés d'électricité dont il s'agit ici étant très foibles.

Le Comte C. Mais comme cette lame d'oxide sec est extrèmement mince, j'imagine cependant qu'il doit se combiner une grande partie des deux électricités developpées.

Mr. de P. Assurément; aussi suis-je convaincu, et je m'en suis assuré par d'autres expériences, que l'oxidation produit beaucoup plus d'électricité que la pile n'en manifeste a l'électromètre, et j'ai même lieu de croire que celle-là est peut-être 200 fois plus grande que celle-ci, et que parconséquent l'électricité disponible de la pile n'est qu'un petit reste de celle qui se développe en effet.

Mr. de R. Ah! si l'on pouvoit imaginer un appareil capable d'accumuler toute l'électricité developpée par l'oxidation, quels énormes effets n'obtiendrions-nous pas!

Mr. de P. Les deux électricités étant produites dans notre élément de la pile et séparées l'une de l'autre, voyons comment elles traversent toutes deux tous les autres élémens pour s'accumuler aux extrémités de l'appareil en proportion du nombre de ces élémens.

Designons d'abord notre élement zink et liquide par z et l (fig. 54). L'oxidation qui aura lieu produira — E dans le zink et + E dans le fluide. On enlève la première en mettant le zink en communication avec le sol; alors la seconde, + E, se répand dans le fluide. Plaçons à présent un disque d'argent a sur la rondelle l, ce disque attirera cette + E, qui se manifestera à sa surface. C'est aussi ce que prouve l'expérience avec le double condensateur, et cette électricité a la même intensité que si l'on mettoit la rondelle immédiatement en contact avec le double condensateur. Nous avons donc + E sur le disque d'argent. Maintenant plaçons un second couple de disques z′ et a′ avec leur rondelles l′ sur le premier. Cette seconde moitié de la petite pile produira les mêmes effets électriques. z′ aura — E et l′ + E qui passera en a′. Mais cette jonction des deux moitiés met + E de l'inférieure et — E de la supérieure vis a vis l'une de l'autre sur les disques a et z′, qui se touchent. Ainsi il paroit que toutes deux devroient se combiner et qu'il ne restera qu'une simple + E sur a′, tandis que l'expérience prouve qu'il y a le double de + E.

Mr. de L. C'est un noeud gordien . . . . .

Mr. de P. Facile à dénouer. Je dis que + E sur le disque a et — E sur le disque z' agissent l'une sur l'autre par distribution.

Mde. de L. J'avoue que ma foi est ici en déroute. Comment est-il possible que ces deux E ne se combinent pas puisque les deux disques se touchent?

Mr. de P. Je vous cède volontiers, madame, que les deux E se combinent parfaitement sur tous les points où les disques se touchent. Mais les disques offrent un bien plus grand nombre de points où leurs surfaces ne se touchent pas, et sont séparées par une couche d'air. Ainsi nous avons ici deux espèces d'action. Les deux E, affluant continuellement chacune sur son disque, se combinent parfaitement aux points où les disques se touchent et imparfaitement à tous les points où les disques ne se touchent pas; et comme ces deux actions des E l'une sur l'autre sont simultanées et se font avec la même rapidité, il est clair qu'une partie de ces deux E se combine et l'autre agit par distribution; et cela prouve encore que l'oxidation produit plus d'E que la pile n'en manifeste.

Mr. de R. Puisque j'ai joué jusqu'ici le rôle d'adversaire de votre théorie, permettez moi de vous demander comment il est possible que la pile de Zamboni, où tous les disques sont très plians et pressés les uns sur les autres, et où parconséquent toutes les surfaces doivent se toucher en tous points, manifeste de l'électricité?

Mr. de L. Je pense tout au contraire que dans

cette pile les disques ne se touchent pas du tout, mais qu'il se trouve, partout entre les deux surfaces métalliques, une couche d'air qui les isole sur tous les points; car nous savons que l'air adhère trop fort aux corps solides pour être chassé de leur surface par une pression médiocre.

Mr. de P. Votre raisonnement, Général, est très juste, et je puis l'appuier d'une expérience directe. J'ai une pile de ce genre, de 800 couples enfermée dans un cylindre de verre et pressée de haut en bas par un ressort. Lorsque je raréfie l'air la colonne s'affaisse un peu et perd une petite partie de sa hauteur.

Revenons à présent à nos électricités. + E se trouve sur le disque a en présence de — E sur le disque z' et agissent l'une sur l'autre par distribution. La + E combine imparfaitement autant de — E dans le système supérieur z', l', a' et dégage parconséquent à la surface supérieure de a' une égale quantité de + E. Or comme l'oxidation en z' y a déja porté une égale quantité de + E, nous avons à cette surface de a' deux degrés de + E. Pareillement la — E de z' combine imparfaitement autant de + E dans le système inférieur a, l, z et développe à la surface inférieure de z égale quantité de — E, qui, en vertu de la communication du disque z avec la terre, se perd de même que la — E produite immédiatement par l'oxidation à la surface supérieure de z.

Ainsi ces deux procès produisent sur le disque a' deux degrés de + E et pas autre chose. Si nous imaginons un troisième système de zink, liquide et argent, posé sur le second, un quatrième sur le troisième, et ainsi de suite, vous voyez que nous aurons sur la plaqu

supérieure autant de degrés de + E que de systèmes ou de couples, et qui, si l'on isole le z inférieur et met le disque supérieur d'argent en communication avec la terre, le disque inférieur z aura un égal nombre de degrés de — E.

Mr. de R. Je me rends à cette explication; mais se soutiendra-t-elle si, au lieu d'argent on a un disque de cuivre qui s'oxide également par l'acide du liquide?

Mr. de P. Veuillez vous donner la peine de mettre toutes les E qui s'engrendent à leur place sur les disques et vous trouverez le même résultat.

Mr. de V. Tout en admirant la sagacité de ces explications je me permets de vous demander, monsieur de P., pourquoi l'hétérogénéité des métaux n'y joue aucun rôle. Il paroit d'après votre explication que l'on pourroit construire des piles avec un seul métal.

Mr. de P. L'objection de madame de L. m'a un peu écarté de ma route. La couche d'air extrèmement mince entre les deux surfaces métalliques ne suffiroit peut-être pas à produire complettement l'état de distribution des deux E. L'hétérogénéité des métaux y supplée, d'après le principe général, que nous avons observé dans les phénomènes du son, de la chaleur et de la lumière, que l'hétérogénéité des milieux diminue toutes les actions physiques, où un effet doit passer d'un milieu à l'autre.

Au reste j'ai toujours cru que d'après ma première explication il est possible d'obtenir quelque effet d'une pile qui ne seroit composée que d'une espèce de métal et d'un fluide. Zamboni a exécuté une pareille pile composée

uniquement de papier d'argent ordinaire et a obtenu — E sur la surface métallique et + E sur la surface de papier, mais beaucoup moins qu'avec deux espèces de métaux.

Le Comte C. Et ce résultat confirme de nouveau votre théorie que — E se manifeste sur le métal oxidé et + E dans le liquide oxidant, le papier étant la substance qui se charge de l'humidité de l'air.

Mr. de P. Voilà, à ce qui me semble, une assez longue soirée, dont madame de L. sera sûrement fatiguée. Remettons le reste de la théorie de l'électricité à demain. J'espère que les vues que j'aurai à vous présenter seront du goût de notre Général.

Soixante dixneuvième entretien.

Mr. *de P.* Nous avons appris hier à connoitre le mécanisme du procès électrique dans la pile. Nous savons que le procès chimique, l'oxidation de la plaque de métal, produit les deux électricités et nous connoissons en outre la manière dont l'une et l'autre s'accumulent, chacune à une extrémité de la pile. Passons à présent aux effets chimiques que cet appareil produit et voyons s'il sera possible de trouver le fil de ce nouveau labyrinthe, qui offre de nombreux détours et tant d'aspects différents.

Le plus important de tous ces effets est *la décomposition de l'eau.* Les premiers Physiciens, qui ont raisonné sur ce phénomène, considérant que l'eau ne peut exister que sous une seule proportion de ses deux principes, ont cru devoir admettre qu'à chacune des pointes c et e (voyez notre ancienne figure 43) l'électricité, la négative comme la positive, décompose complettement les atômes d'eau qui touchent ces pointes, en produisant de l'hydrogène et de l'oxigène libre, mais que l'électricité positive transporte l'hydrogène de

l'autre côté et l'électricité négative transporte l'oxigène également du côté opposé, enfin que ces deux gaz, se rencontrant sur leur route, reconstruisent de l'eau.

Mr. de R. Cette explication est très ingénieuse.

Mde. de L. Ingénieuse, mais compliquée.

Mr. de P. Elle m'a toujours répugné. Ce transport invisible, infiniment rapide de deux gaz au travers d'un liquide, qui peut être séparé dans deux tubes différents comme dans l'expérience indiquée par la fig. 48 ou dans les expériences de Davy, m'a toujours paru très peu vraisemblable. Car nous nous sommes assurés que dans les expériences de Davy, où l'on croyoit voir une preuve éclatante de pareils transports, ce n'est pas l'électricité qui fait les fonctions de voiturier, mais l'affinité. En outre le principe qui avoit forcé à cette hypothèse, l'invariabilité absolue des deux principes constituant de l'eau, n'existe plus depuis que Thénard a fabriqué de l'eau sur-oxigénée.

Mr. de L. Que mettez-vous à la place de cette hypothèse?

Mr. de P. Rien du tout. Je m'en tiens tout simplement au témoignage des sens, et cela depuis la première fois que j'ai décomposé de l'eau par l'action de la pile. Je dis que + E gazifie l'oxigène de l'eau, — E l'hydrogène; que l'hydrogène du côté positif, auparavant combiné avec l'oxigène dégagé, se combine avec le reste de l'eau, et que l'oxigène du côté négatif, combiné auparavant avec l'hydrogène dégagé, se combine avec le reste de l'eau. Je dis enfin que l'eau du côté positif devient sur-hydrogénée, celle du côté né-

gatif sur-oxigénée, et que ces deux eaux, devenues hétérogènes, se portent en marche chimique l'une vers l'autre et refont de l'eau ordinaire.

Mr. de G. Vous avez donc prédit, mon ami, ...

Mr. de P. Oui, j'ai prédit en 1801 que l'eau peut être sur-oxigénée et snr-hydrogénée, prédiction, qui m'a valu quelques coups de patte de la part de ceux qui se croyent Chimistes pour savoir par coeur les expériences de Lavoisier, mais que la découverte de Thénard a déja justifiée à moitié, et qui ne tardera pas de l'être en entier dès qu'un habile Chimiste voudra s'en donner la peine. La preuve de cette hypothèse seroit facile s'il étoit possible d'isoler parfaitement les deux eaux hétérogènes; les réagens chimiques indiqueroient d'abord le surplus d'oxigène dans l'une et le surplus d'hydrogène dans l'autre. Mais, comme il faut toujours un conducteur liquide pour les deux E dans cette expérience, la marche chimique s'établit sur le champ au moyen de ce canal et déjoue les efforts que j'ai faits à cet égard.

Mde. de L. La marche chimique, qui vous doit son existence dans le monde littéraire, est une ingrate.

Mr. de L. Moi, je m'amuse fort de ce tour qu'elle joue à notre Professeur, qui apprend par là que l'ingratitude n'est pas une qualité exclusive du genre humain.

Mr. de P. (*riant.*) Comme je ne me suis jamais plaint de l'ingratitude des hommes pour le peu de bien que j'ai pu faire, je supporte celle-là volontiers. — Mais ne nous en tenons pas seulement à savoir que l'é-

lectricité décompose l'eau; cherchons à connoître le rôle que l'eau elle-même joue dans cette opération par rapport aux deux électricités. Agit-elle ici comme conducteur ou comme isolateur?

Le Comte C. La réponse à cette question ne me paroit pas facile. Il me semble que les faits nous manquent.

Mr. de G. Nous en avons un qui me paroit décisif, l'expérience par la quelle il a été prouvé que l'électricité de la pile parcourt la longueur d'un fleuve de 4000 pieds de longueur en un instant et produit les mêmes effets que si elle ne parcourroit qu'un conducteur métallique de quelques pouces de longueur. Je crois parconséquent que l'eau agit dans le phénomène de sa propre décomposition comme un parfait conducteur.

Le Comte C. Si cela avoit lieu, les E se combineuoient sans obstacle dans le tube rempli d'eau et ne produiroient pas cet effet chimique, qui suppose une force accumulée, coercée sur les particules de l'eau.

Mr. de T. Monsieur de P. nous a livré un fait qui parle pour l'opinion de monsieur le Comte, le fait que la décomposition de l'eau est d'autant moins énergique que les pointes de métal sont plus éloignées l'une de l'autre. Cette décomposition est très foible lorsque les pointes sont séparées par une couche d'eau de 3 pieds de longueur, et il est plus que probable qu'elle n'auroit pas du tout lieu si les deux pointes plongeoient dans un tube de 4000 pieds.

Mr. de L. D'où il faut conclure que l'eau fonc-

tionne dans cette expérience comme un isolateur imparfait; et voilà la distribution des électricités, la sorcière électrique, qui fera tout.

Mr. de P. Tout juste, mon Général, et je vais vous fournir un troisième fait qui prouvera décidément l'activité de la sorcière. Supposez que dans l'instrument à deux tuyaux que je vous ai décrit (fig. 48) nous mettions à la place du morceau de chair a b c un fil d'or ou de platine recourbé et plongeant dans les deux portions d'eau. Vous verrez alors s'établir un double procès de la décomposition de l'eau. Si la pointe e fournit de l'hydrogène, la pointe c fournira de l'oxigène, la pointe c de l'hydrogène et la pointe i de l'oxigène.

Mde. de L. Cela est fort curieux.

Mr. de P. Et très important; car si l'eau agissoit dans le procès de sa propre décomposition comme conducteur, il est clair que le fil de métal a b c en feroit de même et qu'il n'occasionneroit pas une seconde décomposition. Ainsi l'eau agit ici comme un isolateur imparfait qui force chacune des E, qui vient de la pile, de s'accumuler sur la pointe qui la reçoit, et donne par là à + E assez d'énergie pour surmonter l'affinité de l'oxigène pour l'hydrogène et gazifier celui-là, en même tems que la — E fait le même effet sur l'hydrogène. Enfin l'explosion qui se fait lorsqu'on décharge la batterie électrique dans notre appareil pour la décomposition de l'eau (fig. 43) prouve bien que l'eau placée entre deux pointes métalliques ne fait pas l'effet d'un conducteur et sert encore de preuve à notre explication.

Le procès de la décomposition de l'eau par la pile

étant expliqué, les autres décompositions et compositions, que cet appareil admirable produit, le sont de même. Ce ne sont que des opérations chimiques ordinaires que je vous ai détaillées en même tems que je vous décrivois les phénomènes. Ces effets sont dûs pour la plupart à l'hydrogène et l'oxigène naissants, dégagés par les électricités de la pile. Ainsi ces effets se rapportent à la décomposition de l'eau; ce qui se prouve par le fait que l'acide sulfurique, complettement dénué d'eau, ne subit aucune décomposition par l'action de la pile, et que la décomposition des alkalis ne se fait également pas sans la présence d'une petite portion d'eau. La décomposition des sels, il est vrai, ne s'explique pas facilement par l'hydrogène et l'oxigène naissants; mais elle s'explique en ajoutant l'action de l'eau suroxigénée et hydrogénée .....

Mr. de L. (*interrompant*) qui au reste ne sont encore qu'une hypothèse.

Le Comte C. Mais une hypothèse qui, ce me semble, cadre parfaitement avec les faits, et que vous devriez, Général, adopter encore plus volontiers que nous autres, vous qui avez comparé les hypothèses de ce genre au lointain magique de tableau qui fait plus deviner qu'on ne voit et donne l'essor a l'imagination créatrice.

Mr. de P. Nous allons, Général, faire un pas de plus dans le domaine de l'hypothèse, nous trouvant en ce moment aux bornes de nos connoissances positives en fait d'Électricité. Nous voulons essayer nos forces à former un *système général de l'Électricité.*

Nous avons assigné l'origine des deux E dans la pile de Volta. Pourrons-nous l'assigner dans les phénomènes où le frottement les fait naître? Les Physiciens, fondés sur le témoignage des sens, qui leur disoit que le plus petit frottement produit l'électricité, de même qu'il produit la chaleur, ne sont pas allés plus loin et regardoient le frottement en soi comme la cause de ces deux phénomènes. Mais ils auroient dû considérer la difficulté qu'il y a à expliquer pourquoi le frottement dans un cas ne produit que de la chaleur et dans un autre de l'électricité et même deux électricités. Ils auroient dû considérer que la même cause, produisant des effets si différents, doit agir dans l'un de ces deux phénomènes sous des circonstances bien différentes que celles sous les quelles elle agit dans l'autre. On savoit depuis longtems que, lorsqu'on fait osciller le mercure d'un baromètre dans le vide de Torricelli, le frottement excite de l'électricité si le vide n'est pas parfait, et n'en excite aucune si le mercure a bouilli dans le tube. On devoit déja soubçonner par là que l'air atmosphérique peut être nécessaire à la production de l'électricité par frottement.

Mr. de V. Vous donnez, monsieur de P., dans la Diplomatie; vous marchez légèrement et à pas très lents, a ce qui me paroit.

Mr. de P. C'est la marche de mes idées dans cette matière, qui, je crois, ne peut être trop circonspecte; l'expérience du baromètre est comme la lampe sans flamme de Davy dans l'obscurité du champ encore inconnu. Un médecin de Vienne, le Docteur Heidmann, alluma une

lampe à grosse flamme déja en 1799 par les expériences suivantes, qui furent comme oubliées dès leur naissance, par ce que l'invention de la pile par Volta concentra d'abord toute l'attention des Physiciens.

Heidmann plaça sous la cloche de la pompe pneumatique une très petite machine électrique qu'il pouvoit mouvoir sans laisser d'accès à l'air extérieur, Par contre la cloche se trouvoit en communication avec une espèce de gazomètre au moyen du quel on pouvoit introduire plusieurs espèces de gaz sous cette cloche et essayer leur effet sur la petite machine électrique, au conducteur du quel il pouvoit adapter en dehors un électromètre à boules de moëlle de sureau. Voici la suite de ses expériences.

La cloche étant pleine d'air atmosphérique de la densité ordinaire, la machine fournissoit des étincelles de 3 lignes de longueur.

Plus l'air atmosphérique étoit dilaté et plus les intincelles diminuoient de force. La dilatation étant poussée aussi loin que la pompe pneumatique le permettoit, l'étincelle disparut tout-à-fait et l'électromètre ne donna que de foibles signes d'E.

Ayant introduit du gaz oxygène de l'élasticité ordinaire, mais pas très pur (il contenoit environ $\frac{1}{15}$ de gaz azote) à la place de l'air atmosphérique, Heidmann trouva que sa machine fournissoit des étincelles de $5\frac{1}{2}$ lignes.

Du gaz acide carbonique pas tout-à-fait pur ayant été introduit à la place du gaz oxigène, il ne parut plus

d'étincelle et l'électromètre n'indiqua qu'une électricité presque imperceptible.

Les gaz azote et hydrogène produisirent le même effet.

Ces expériences prouvent sans replique que la machine électrique ne produit point d'électricité lorsqu'elle est plongée dans des gaz qui ne contienent point de gaz oxygène ou dans les quels ce gaz, s'il s'y trouve, est trop fortement combiné pour pouvoir être enlevé par l'action de la machine, et que cette machine produit de l'électricité en raison de la quantité de gaz oxygène qu'on met à sa disposition. Le soubçon d'E, qui fut observé sous l'influence des gaz acide carbonique, azote et hydrogène, provient d'une petite portion d'oxygène atmosphérique dont il est presque impossible de les dépouiller.

Or l'action du gaz oxygène est l'oxidation des substances oxidables qu'on lui offre. *Donc c'est à l'oxidation des substances qui se frottent mutuellement que nous devons l'électricité par frottement.*

Mr. de G. Arrêtez! voilà un pas de géant que moi-même je ne hazarderois pas; il faudroit prouver auparavant que les matières frottantes s'oxident réellement.

Mr. de P. Cela n'est pas difficile. Le verre du disque de la machine électrique ne s'oxide assurément pas; mais la matière du frottoir. Cette matière est aujourd'hui généralement l'amalgame de Kienmayer, la matière concrète la plus oxidable que je connoisse et qui s'oxide réellement par le frottement sur le verre.

Mr. de R. N'avons-nous pas vu que l'amalgame, secoué ou frotté dans une phiole de verre, décompose l'air atmosphérique, s'oxide aux dépends de l'oxigène de cet air?

Mr. de P. Dans l'expérience que je vous ai décrite, où le disque de la machine plongeoit simplement dans le bain de mercure sans autre frottement, on voit le mercure s'oxider et l'oxide s'attacher au disque de verre. La main de l'expérimentateur, qui quelques fois sert de frottoir, produit des exhalaisons oxidables; l'or musiv dont on se sert aussi pour enduire les frottoirs, le cuir seul, le papier, la laine etc. sont toutes matières oxidables qui fournissent l'électricité en raison de leur degré d'oxidabilité; et si l'oxidation ne se manifeste pas partout en très peu de tems, il suffit d'employer ces substances très longtems pour y observer au moins un changement de couleur, qui indique toujours quelque degré d'oxidation.

Et considérez combien les circonstances contribuent à produire cette oxidation. L'air atmosphérique, qui s'attache à la surface du disque, se trouve comprimé et broyé avec la matière du frottoir beaucoup plus parfaitement que dans aucun autre procès chimique; et le frottement produit de la chaleur qui rehausse l'affinité du gaz oxigène pour la substance oxidable.

Si donc nous ayons un procès d'oxidation dans le frottement employé pour exciter l'électricité, nous devons avoir — E sur le frottoir et + E sur la surface du disque de verre; ce qui est parfaitement conforme à

l'expérience. Je n'entreprendrai pas de poursuivre cette conformité pour tous les phénomènes où le corps frotté et le corps frottant sont tantôt du souffre, tantôt de la soye, tantôt du poil etc. et où l'électricité change du positif au négatif. Nos connoissances sur les degrés d'oxidabilité de toutes ces substances étant beaucoup trop bornées; il suffit de l'avoir pour les cas principaux.

Mr. de G. Mais comment se fait-il que l'électricité, produite par la machine, s'accumule sur le conducteur à des degrés si supérieurs à ceux que livre la pile, si la cause de l'électricité est la même dans les deux procès?

Mr. de P. Nous avons vu que l'électricité de la pile s'accumule par distribution en proportion directe du nombre des couples. N'avons-nous pas sur le disque idioélectrique un effet semblable? Je considère chaque surface infiniment étroite du disque qui frotte sur le frottoir comme un couple d'une pile, où l'électricité s'établit et agit par distribution de l'une à l'autre jusqu'au conducteur, et doit parconséquent s'accumuler en proportion du nombre presque infini de ces petites surfaces qui se trouvent entre le frottoir et le conducteur. L'électricité développée sur chacune de ces petites surfaces sera, à la vérité, en très petite quantité. Mais nous savons aussi que la quantité d'E produite par une machine électrique (quoique élevée à de très hauts degrés) est peu de chose en comparaison de la quantité que la pile développe. Et voilà pourquoi une machine électrique a besoin du secours d'une batterie, qui accumule l'électricité de la machine, pour enflammer les métaux, comme la pile le fait sans batterie.

Mde. de L. Mais il me semble que tout ce que monsieur de P. vient de nous dire ressemble beaucoup plus à une théorie qu'à une hypothèse. Tout cela me paroit conséquent et prouvé.

Mr. de P. Un juge plus sévère, madame, ne sera pas de votre avis; et je serois dans le cas de réclamer son indulgence, sur tout pour la question épineuse que je fais à présent, la question hardie: *Quelles sont les substances électriques?* Sont-ce des substances propres, distinctes de toutes celles que nous connoissons d'ailleurs, ou bien pouvons-nous les rapporter à d'autres que nous connoissons déja?

Mon hypothèse dit: *L'electricité positive*, considérée comme substance, *est le calorique* et *l'électricité négative est le luminique.*

Mr. de R. Ainsi nous restons en pays de connoissance. Je m'en réjouïs.

Mr. de G. J'attendois tout autre chose, d'après la peine que notre ami s'est donnée autrefois de faire des luminiques des substances à part.

Mr. de L. Ce n'est que pour varier le style et jouer le rôle de Caméléon.

Mr. de P. Pour vous punir de cette méchanceté, Général, je vous soumets à une leçon de catéchisme. Répondez à mes questions.

Mr. de L. Volontiers; car je veux bien me soumettre, sachant déja que vos autres auditeurs — (*souriant*) excepté ma femme, qui vous contredit toujours — vous donneront raison. Commencez.

Mr. de G. Mais que ce soit bien du catéchisme; car le Général s'y est toujours soustrait.

Mr. de R. Cette fois-ci nous le tenons.

Mde. de L. Prenez garde, messieurs. Cet écolier me paroit avoir saisi la chose mieux que vous ne croyez. Commencez, monsieur de P.

Mr. de P. Les phénomènes électriques nous offrent-ils des phénomènes de lumière et de chaleur?

Mr. de L. De la lumière par tout; dans les étincelles, dans les décharges de la bouteille de Leyde, dans les aigrettes et les étoiles des pointes, dans l'attouchement des deux conducteurs des extrémités de la pile. La lumière ne paroit pas dans la dispersion lente de l'électricité d'un conducteur, par ce qu'elle est trop disséminée. La chaleur paroit dans toutes les décharges de batterie qui tendent à fondre ou à enflammer les métaux ou d'autres substances inflammables, dans l'air, dans l'eau et dans les gaz irrespirables; elle paroit de même dans les expériences analogues avec la pile. L'expérience du charbon, allumé à ses deux bouts à la fois par la pile, vous offre le calorique et le luminique d'une manière qui saute aux yeux. D'un côté, du côte positif, le calorique échauffe le charbon jusqu'à la chaleur rouge et même l'incandescence; de l'autre, du côté négatif, le luminique développe le calorique du charbon également jusqu'à l'incandescence. Et cela a lieu dans le vide où l'on ne peut pas supposer d'oxidation. L'électricité positive fait ici l'effet d'un fourneau de réverbère, et l'électricité négative celui d'un miroir ardent.

Mr. de P. Existe-t-il d'ailleurs quelque rapport

chimique entre le calorique et l'électricité positive d'un côté et entre le luminique et l'électricité négative de l'autre côté?

Mr. de L. Bien sûrement. Vous nous avez fait voir que le calorique est le principe gazifiant de l'oxigène et le luminique de l'hydrogène. La pile prouve précisément la même chose de + E et de — E dans la décomposition de l'eau; et l'on doit croire que deux principes, qui produisent même effet et un effet si important, unique, doivent être identiques. C'est cette belle analogie qui m'a d'abord gagné pour l'hypothèse. La Physique veut-être vue en grand.

Mr. de R. Quelle éloquence!

Mr. de P. Peut-on rendre compte du développement du calorique et du luminique comme électricité positive et négative dans la production de l'électricité par frottement et de la pile?

Mr. de L. Très facilement, dès qu'on admet la théorie de l'oxidation pour l'un et l'autre. Le métal ou la matière oxidable perd en s'oxidant sa propriété de s'enflammer, c. à. d. le luminique qui la lui donnoit. Ce luminique doit donc se retrouver quelque part. Il paroit sous la forme d'électricité négative, conformément aux expériences qui nous attestent, dans la pile et dans la machine électrique, que — E se développe sur le métal. La substance oxidante, l'oxigène, soit de l'atmosphère soit d'un acide, cède son calorique combiné, qui également ne peut pas être perdu, et ui se retrouve en qualité de + E dans la substance oxidante ou sur tout corps a qui elle peut le céder; et cela

de même conformément aux expériences de la pile et de la machine électrique. S'il existe en Physique une hypothèse permise, certainement c'est celle-là; elle arrondit et couronne tout le système électrique.

Mr. de P. Pour cette fois, Général, il faut que j'arrête votre éloquence qui se déploye aux dépends de ma modestie.

Mr. de R. Qui eut cru que le Général nous feroit une pareille leçon? Vous aviez bien raison, madame, de nous avertir d'être sur nos gardes.

Mde. de L. Malgré ses sarcasmes, qu'il aime mieux nous donner que de parler en Savant, je connois son génie, qui ne perd pas un seul rapport, surtout lorsqu'il s'agit de grandes vues.

Mr. de L. Eh! mon amie, quel enthousiasme pour votre mari!

Mde. de L. Je l'ai toujours eu, je m'en honore; il fait le bonheur de ma vie.

Mr. de L. (*ému*) Et je le mérite si rarement par ma mauvaise humeur! Vous êtes un ange de bonté!

Mr. de P. Nous avons encore une problème à résoudre, le plus difficile de tous. *Dans quel état se trouvent ces deux impondérables, le calorique et le luminique, lorsqu'il nous paroissent sous la forme électrique?* Voici en peu de mots l'idée que je me fais de la chose.

Nous connoissons trois états du calorique et du luminique, l'état libre, l'état latent, l'état combiné. L'un et l'autre de ces deux agents paroissant dans les phénomènes de l'Électricité toujours comme rayonnant,

nous devons admettre qu'ils sont tous deux à l'état libre. En effet le procès chimique détruit leurs combinaisons avec les substances pondérables. Mais d'un autre côté ils éprouvent une attraction de la part de ces substances, qui peut-être n'est qu'une attraction de surface pour les métaux et les autres conducteurs, et une affinité physique pour les corps isolateurs ou idio-électriques. Ainsi les phénomènes électriques sont le résultat du pouvoir rayonnant et de ces attractions, forces opposées l'une à l'autre. Dans les phénomènes proprement dits de la chaleur et de la lumière nous n'avons observé aucune attraction entre le calorique et le luminique. Les phénomènes électriques nous offrent cette attraction dans celle de + E et de — E l'une vers l'autre, à l'électromètre, dans l'étincelle et par tout où nous parlons d'électricité. Ainsi le procès électrique est la jonction, parfaite ou imparfaite, du calorique et du luminique dans leur état de liberté, un phénomène instantané, vû la prodigieuse vîtesse du mouvement de radiation. C'est ce que nous dit l'aspect de ce phénomène sous toutes ses faces; car la continuité des effets de la pile n'est qu'apparente; c'est une suite de décharges qui se succèdent avec rapidité; ce qui se prouve par la décomposition de l'eau, les gaz naissants ne se dégageant pas en forme de filets, mais en petites bulles séparées, qui indiquent des accès de repos et d'activité dans le procès électrique de la pile.

Je sais que pour justifier pleinement cette idée j'aurois à fournir encore bien des éclaircissemens; ce qui ne me donneroit pas peu de tablature. Mais nous

sommes sur le domaine de l'hypothèse et j'use de mes droits, que madame de L. reconnoitra sûrement eu égard a l'ennui que des discussions ultérieures sur ce point lui causeroient infailliblement.

Le jeune de L. J'ai été muet toute cette soirée dans la quelle on a agité tant de grandes questions ; ce dont au reste je ne me fais assurément pas un mérite. Mais permettez moi, monsieur de P., de vous rappeller la promesse que vous nous avez faite autrefois de nous produire l'électricité dans l'organisation animale.

Mde. de L. Je joins ma prière à celle de mon fils, ce sujet m'intéressant infiniment.

Mr. de V. Je pense que nous sommes tous de cet avis; car rien ne peut nous importer davantage que l'application de la Physique au jeu de notre propre machine.

Mr. de P. Nous nous sommes convaincus autre fois (dans le chapitre la Chimie et nommément en traitant la fermentation putride) que les trois principales parties de notre procès vital, la respiration, la digestion et les sécrétions, sont des procès chimiques. Nous avons appris dans le chapitre de l'électricité, que nous terminons à présent, que le procès chimique est la source des phénomènes électriques, et que la transpiration de l'eau, c. a. d. son évaporation, se range dans la même classe. Le procès vital doit donc produire dans toutes les parties de notre organisme les deux électricités dont le jeu ne peut pas se se restreindre à reproduire de nouvelles combinaisons chimiques qu'il opère assurément, mais doit agir puissamment sur les

nerfs, ces colporteurs de la sensibilité et ces sources du mouvement des muscles. Cette action se prononce bien clairement par les effets de l'étincelle, de la décharge de la bouteille de Leyde et de la pile, éprouvés sur nous mêmes et sur divers animaux vivans ou morts récemment. Ainsi l'Électricité produite dans notre corps organique, et qu'on nomme à cet égard *l'Électricité animale*, est l'agent qui produit les effets de l'iritabilité. C'est le point jusques où je vous avois ammenée, madame, dans l'exposition de mes idées sur la Physiologie du corps humain, le sommet où je m'étois arrêté, et d'où part la source du mouvement mécanique si nécessaire à notre machine et la marche des effets mécaniques et chimiques, comme objets de la sensation, jusques à l'ame. Il falloit encore trouver l'agent qui constitue l'iritabilité, et nous venons de le trouver dans l'Électricité.

Mr. de R. (*enthousiasmé.*) Non, rien ne manque plus au tableau des fonctions de nos organes; la Physiologie est créée par la Physique.

Mr. de P. Créée? peut-être. Mais cette création est encore un cahos pour les détails. La vie entière de plusieurs Savans ne suffira pas à le débrouiller, d'autant moins que l'explication de certains phénomènes nous conduira à de nouveaux problèmes peut-être plus difficiles que ceux que l'on a déja résolus.

Mde. de L. N'importe. Ce tableau de la Physiologie, dont vous nous avez fourni les vues à différentes époques, à mesure de l'étendue de nos connois-

sances, quelque imparfait et trop peu détaillé qu'il vous paroisse, me plait souverainement.

Mr. de P. Tout en rougissant des éloges flatteurs dont vous m'honorez, permettez moi, madame, de vous offrir dans quelques traits généraux le jeu infini des substances impondérables dont la Physique a fait la découverte. Le calorique ne nous a offert aucun phénomène qui puisse faire soubçonner qu'il soit composé. La lumière blanche nous apparoit par contre comme une famille de plusieurs rayons dont chacun a sa couleur à lui et en outre une part un peu différente de celle des autres aux phénomènes de la réfraction. Tous, le calorique et les luminiques, sont des substances infiniment déliées, dont les particules échappent au microscope comme leur poids à la balance. Tout ont un pouvoir rayonnant qui contrarie différentes attractions que la matière pondérable exerce sur eux. C'est de l'opposition de ces forces que résulte le jeu de ces substances impondérables dans les phénomènes de la chaleur, de la lumière et de l'électricité, et les affinités, physique et chimique, sont les mobiles puissants qui dégagent ces agens dont le théatre est la Nature entière. Car dès que la Chimie les a mis en activité, ils reproduisent des procès chimiques par la magie des changemens de forme qu'ils opèrent par tout. Comme objets immédiats de nos sensations, il nous fournissent la chaleur et la lumière, et comme agens simplement chimiques ils opèrent les changemens perpétuels de notre atmosphère, les procès organiques dans le règne végétal et animal à la surface de la terre, et les éruptions volcaniques et les tremblemens de terre dans les

entrailles de notre globe. En qualité d'agents électriques ils produisent le tonnerre et la foudre, offrent au Chimiste le réagent le plus énergique et au Médecin un puissant remède, dont l'application discrète est souvent très salutaire; ils sont dans l'organisation animale les excitateurs du procès vital et les voituriers des sensations. Enfin c'est à eux que l'on doit l'arrangement merveilleux des particules des cristaux dans la matière brute; car il ne me me paroit plus douteux que les deux électricités, produites par la coagulation chimique du fluide dans le quel le cristal nait, soient les ouvrières industrieuses qui ourdissent la trame admirable qui forme la structure cristalline.

ENTRETIENS SUR LA PHYSIQUE.

IIe. Partie.

Des phénomènes magnétiques

Quatrevingtième entretien.

Mr. *de P.* Permettez moi, madame, de vous montrer, ainsi qu'à ces messieurs, cette pierre de si peu d'apparence, d'un gris foncé sale. Elle ne paroit se distinguer des autres pierres que par une pesanteur spécifique un peu plus grande; ce qu'elle doit à quantité de parcelles de fer, ou plutôt de deutoxide de fer, disséminées dans une masse pierreuse. Pour lui donner à vos yeux la plus grande importance il suffira de vous dire que cette pierre est un *aimant* composé par la Nature en masses de rochers sur différents points de la surface de notre globe, et que c'est à cette pierre que nous devons les grands progrès que la navigation a faits depuis le commemement du quatorzième siècle. Avant cette époque qui vit naitre la boussole, la navigation n'étoit qu'un cabotage timide qui s'éloignoit peu

des côtes, de peur de se perdre sur la surface de l'océan, dédale immense où rien ne pouvoit indiquer la voye du retour que l'aspect des astres qui se soustrait si souvent à l'oeil du navigateur. Mais depuis que nous connoissons l'aiguille aimantée, la navigation à étendu le domaine intellectuel de l'Européen sur toute la surface du globe. Ses vaisseaux chargés de marchandises ou portant dans leurs flancs les foudres de la guerre, sillonnent les mers comme un pays connu d'ancienne dâte, et l'océan est devenu une jonction plutôt qu'une séparation des peuples les plus éloignés. Cette jonction a changé l'état politique, intellectuel et moral des nations et fourni à l'esprit humain un vaste champ de découvertes dans toutes les parties de l'étude de la Nature.

Mr. de G. Oui, la boussole a changé la face du globe sous tous les rapports qui intéressent l'homme. Mais est-ce en bien? C'est elle qui, en vivifiant la navigation et le commerce, a occasionné les horreurs de la conquête de l'Amérique et le plus affreux de tous les trafics, celui des Nègres; c'est elle qui favorise encore aujourd'hui la tyrannie et les cruantés des Anglois dans les Indes; c'est elle à qui nous devons mille besoins factices et les pas de géant que le luxe le plus effréné fait encore à présent. Des vices sans nombre, l'affoiblissement de notre physique, la détérioration de notre moral, la misère au sein de richesses apparentes — voilà les fruits sublimes que nous devons à l'aiguille aimantée!

Mr. de P. Paix, mon cher Jean-Jaques. N'oubliez pas que nous lui devons encore d'autres bienfaits.

Mr. de G. Oui, la pomme de terre, qui nourrit le peuple affamé par la tyrannie du luxe, quelques drogues qui guérissent les maladies engendrées par le café, le thé, les épices et tant d'autres superfluités que les deux Indes nous fournissent. Y ajouterez-vous quelques découvertes en Astronomie et en Physique et la connoissance de quelques centaines d'animaux et de quelques milliers de plantes de plus? Pour moi, je crois que notre sol natal, l'Europe, offre à l'esprit humain assez d'objets dignes de son attention et à l'âme assez d'occasions d'admirer l'Intelligence suprême et la bonté infinie du Créateur.

Mr. de L. Je sens cela comme vous. Mais l'Amérique se vange aujourd'hui de l'Europe. La liberté fait flotter ses étendarts sur presque tous les points du nouveau monde, et les Indes sauront un jour secouer le joug de l'Insulaire européen. L'époque, où les nations des deux hémisphères et de tous les climats se tendront une main fraternelle, n'est plus éloignée. Il est affreux, je l'avoue, que la fraternisation du genre humain semble ne s'opérer qu'à la faveur de la cruauté, de la rapine et de l'oppression; mais ce n'est pas la marine seule à qui l'on puisse faire ce reproche. Les Les conquètes des peuples de l'Antiquité, l'invasion des Barbares en Europe, les croisades du moyen âge et le fanatisme politique de notre siècle nous offrent le même tableau, tandis que le commerce, en introduisant le culte grec dans la Russie, a fait des Russes le seul peuple chrétien qui n'ait jamais connu, même dans ses prêtres, le fanatisme religieux.

Le Comte C. C'est la navigation qui en outre a

porté le Christianisme, la Religion la plus pure, la plus sainte, la plus adaptée aux besoins de l'homme, sur toutes les parties connues de notre globe et qui le propage encore aujourd'hui avec le plus grand succès.

Mr. de G. Fort bien; mais tout en nous occupant du soin de faire participer tous les peuples à ce don du Ciel, nous en oublions l'application sur nous mêmes, et nous voyons le fanatisme, l'indifférence et l'hypocrisie tour à tour s'emparer du trône de l'opinion et assiéger celui des Rois.

Mde. de L. L'éducation morale du genre humain est sûrement un problème difficile; et si la Providence a choisi, pour le résoudre, la voie que l'Histoire nous indique, il faut bien croire que ce soit la seule qui mêne au but. J'avoue que, toute sanglante qu'elle soit à quelques époques, et quelque pervers que paroissent souvent ceux qui se croient appellés à coopérer à cette grande oeuvre, je vois cependant dans la masse du genre humain plus de Morale et de Religion que l'Histoire, qui n'offre que les traits saillants du portrait de l'homme, ne paroit en nous offrir.

Mr. de P. Espérons que cette réflexion, aussi sage que vraie, de madame de L. appaisera notre ami G. et qu'il me permettra de lui détailler les propriétés de l'aimant.

Mr. de G. Je ne m'y oppose pas. La pomme du bien et du mal est entamée. Plaise au Ciel qu'après nous avoir causé tant de maux, elle ammène quelque bien!

Mr. de P. L'aimant naturel possède deux propriétés caractéristiques, de lui-même, sans subir aucune préparation, aucune opération : Celle d'attirer le fer et de le changer en aimant, et celle de prendre une situation constante rélativement à l'axe de la terre, lorsqu'il peut se mouvoir librement.

On reconnoit la première de ces propriétés en roulant un aimant naturel dans de la limaille de fer. Après l'en avoir retiré ou voit que la limaille s'est attachée à tous les points de sa surface, mais a deux endroits A et B (fig. 55) en beaucoup plus grande quantité et aux endroits D et E en beaucoup moindre. Cette disposition de la limaille au reste n'est pas toujours régulière; souvent il se trouve deux points comme F et G où la limaille s'accumule en plus grande quantité que la figure ne l'indique. Si l'on imagine une ligne droite par les points A et B où elle s'accumule le plus, cette droite s'appelle *l'axe* de l'aimant, les points A et B sont ses *pôles*. Considérez à présent la limaille de fer surtout au voisinage des pôles, et vous verrez que non seulement la limaille couvre en quelque sorte chaque point de l'aimant, mais aussi que chaque particule de limaille en attire plusieurs autres en lignes droites qui toutes ne touchent pas l'aimant, en sorte qu'aux pôles il se forme une barbe de limaille qui peut avoir un pouce et plus de longueur, mais dont la longueur diminue en s'approchent des points D et E, où souvent on ne voit qu'une seule particule de limaille. Ce phénomène prouve non seulement que l'attraction du fer a son maximum aux pôles, mais aussi que les particules de la limaille agissent sur celles qu'elles portent comme l'aimant

même, et que parconséquent chaque particule de fer est dans cet état un aimant. On se convainct de cette propriété que le fer a dans cet état lorsqu'on a un bon aimant et qu'on suspend à un de ses pôles une fine aiguille de fer ou d'acier. Celle-ci pourra supporter une seconde qu'on présentera à son bout inférieur, cette seconde une troisième, et si l'aimant est vigoureux, on trouvera qu'après avoir détaché les aiguilles elles ont conservé une petite partie de la vertu magnétique.

Le fer n'est pas le seul métal qui puisse obtenir cette propriété. Le Nikel et le Kobalt obéissent aussi à l'action de l'aimant, mais à beaucoup près pas aussi bien que le fer. Tous les autres métaux lui résistent, et si quelques uns ont paru lui obéir, ce n'est qu'en vertu de quelques particules de fer qu'ils contenoient accidentellement. Toutes les autres substances connues, le verre, la résine, les pierres, les substances végétales et animales, ne participent point à cette propriété des trois métaux nommés.

L'oxidation du fer diminue cette propriété au second degré d'oxidation et l'anéantit complettement déja au troisième degré. Ainsi, si l'on a une poudre quelconque qui contienne du fer pur ou du deutoxide de fer, on pourra trier ce métal avec le pôle d'un aimant.

Je disois tout-à-l'heure que la limaille de fer ne se place pas toujours régulièrement autour de l'aimant naturel, en sorte que les limites de la limaille dépassent en certains points, comme en F et G, celles de la courbe entière. Ces points sont des pôles particuliers, moins

forts que les pôles principaux A et B. De plus on peut considérer un aimant naturel comme composé de quantité d'autres qui ont leurs pôles au voisinage des pôles principaux. Ces considérations ont fait naitre l'idée de donner à l'aimant *une armature* qui réunisse tous ces pôles en deux points. Pour cet effet on a applatti l'aimant à ses deux pôles principaux et placé aux surfaces dressées des plaques de fer terminées chacune par un pied massif, au bout des quels se rassemble la vertu magnétique de tout l'aimant. Si l'on présente à ces deux pieds une barre de fer, elle est fortement attirée et on peut encore suspendre à son milieu un poids en sus. La force de pareils aimants est quelquefois très considerable. J'en ai vu un qui partoit plus de 160 livres et j'en possède un qui porte 87 livres.

Mr. de V. Cela explique au moins la possibilité du fait, au reste, à ce que je crois, peu avéré, du cercueil de Mahomet suspendu à un aimant.

Mr. de P. La manière la plus simple de s'assurer de la direction constante de l'aimant lorsqu'il est libre de se mouvoir, consiste à placer un aimant sur une petite planche qui nage sur l'eau. L'aimant fait quelques oscillations et prend enfin une direction qui est presque celle du méridien où il se trouve. Si l'on approche un morceau de fer d'un des pôles de l'aimant, ce pôle en est attiré et si on éloigne le fer, l'aimant reprend sa première direction. Or comme les méridiens passent par les pôles de la terre, on a donné aux pôles de l'aimant des noms analogues. On nomme *pôle-sud* ou pôle méridional celui qui se trouve dirigé à peu près

vers le Nord de la terre, et *pôle-nord* ou pôle septentrional celui qui se trouve dirigé à peu près vers le pôle Sud de la terre.

Le jeune de L. Ce sont des noms proprement renversés. Pourquoi cela?

Mr. de P. Autre fois ce n'étoit pas ainsi; on nommoit pôle-nord celui qui se dirige vers le Nord de la terre. Mais depuis on a eu des raisons de changer ces noms; il en sera bientôt question.

Cette direction à peu près du Nord au Sud, que l'aimant affecte, n'est pas le seul phénomène de direction qu'il offre. Lorsqu'on taille un aimant en forme de parallellipidède allongé et qu'on le suspend par son centre à un fil non tordu, l'on observe qu'il prend non seulement à peu près la direction du méridien, mais aussi une direction inclinée vers l'horizon, le pôle-sud de l'aimant s'inclinant vers le pôle-nord de la terre, lorsque l'expérience se fait dans l'hémisphère boréal de la terre. Mais si l'expérience a lieu dans l'hémisphère austral, alors c'est le pôle-nord de l'aimant qui s'incline vers le pôle sud de la terre. Aux environs de l'équateur le même aimant affecte une situation horizontale. Ces deux phénomènes de direction se nomment la *polarité de l'aimant*.

Mde. de L. Et tout cela s'opère par cette pierre grise, sans frottement, sans aucune préparation! Comprend-on quelque chose à cela?

Mr. de P. Jusqu'à l'année passée on n'y comprenoit rien. Mais la découverte du Professeur Oersted a jetté un grand jour sur ces mystères. Entrons à pré-

sent dans les détails principaux et commençons par la considération des pôles de l'aimant rélativement à l'attraction qu'ils exercent.

Une aiguille de fer ou d'acier, suspendue pendant quelque tems au pôle d'un aimant, devient elle-même un aimant, quoique très foible, même après qu'on l'a séparée de l'aimant naturel. On s'en assure en la suspendant par son milieu à un fil simple de cocon de soie. Elle prend la direction et l'inclinaison dont j'ai parlé, et si l'on présente un morceau de fer à l'un de ses bouts, ce bout est attiré par le fer, et reprend sa première direction dès qu'on éloigne le fer.

Cette propriété, du fer et de l'acier, d'acquérir la vertu magnétique, a conduit à la construction des *aimants artificiels*. On trouva bientôt qu'en frottant un morceau de fer avec le pôle d'un aimant, surtout d'un aimant armé, le fer obtenoit de bien plus hauts degrés de magnétisme. Pour opérer ce frottement on a plusieurs méthodes dont voici les principales.

La première est celle qu'on appelle la touche simple. On place le barreau de fer, à qui on ne donne guères que 8 à 10 pouces de longueur sur 6 lignes de largeur et 4 lignes d'épaisseur, sur une table et on le frotte avec un seul pôle de l'aimant, du milieu vers un des bouts à plusieurs reprises, sans au reste appuier fortement. Après chaque frottement on éloigne le pôle de l'aimant au dessus du barreau de fer pour revenir au milieu et répéter le frottement.

Le jeune de L. Pourquoi cette précaution?

Mr. de P. Par ce que si l'on faisoit le retour à pro-

ximité du barreau, on détruiroit une partie de la vertu que le premier frottement a donné. Cela est si vrai que si l'on répétoit le second frottement en sens contraire du premier, on détruiroit entièrement le magnétisme déja produit. Lorsqu'on a frotté ainsi dix, vingt fois et plus, du milieu vers l'une des deux extrémités, on opère un nombre égal de frottemens avec l'autre pôle de l'aimant sur l'autre moitié du barreau de fer et toujours du milieu vers le bout.

La seconde méthode, nommée la double touche, est la même que la précédente, exécutée de sorte que les deux frottemens se fassent à la fois. Je prends le crayon pour vous faciliter l'intelligence de la chose. Voila le barreau AB (fig. 56) dont on veut faire un aimant artificiel; C est son milieu. Vous prenez deux bons aimants d'égale force D et E et placez les pôles de différent nom sur le milieu du barreau, par ex: le pôle austral a de D et le pôle boréal b de E, et vous opérez le frottement de C vers A et vers B simultanément de chaque côté avec son aimant. Cette méthode a plusieurs avantages sur la précédente, dont l'un consiste en ce que la barre entière se trouve à la fois exposée à l'influence du magnétisme.

Lorsqu'on s'est fait plusieurs aimants de même force on peut s'en servir pour faire un aimant beaucoup plus fort que chacun d'eux. Il suffit pour cela d'en joindre par ex: quatre en un faisceau et quatre autres en un second faisceau, de sorte que dans chaque faisceau les pôles de même nom soient l'un à côté de l'autre et déploient une vertu quatre fois aussi forte que celle d'un deux, et de se servir de ces faisceaux comme d'aimants

simples. De cette manière on pourra faire des aimants beaucoup plus forts que les précédents et qu'on pourra réunir en deux faisceaux pour aimanter un nouveau barreau.

Le jeune de L. Ainsi l'on peut augmenter par là force des ainants artificiels presque dans fin.

Mr. de P. Non, mon cher. Il existe un maximum de vertu magnétique pour chaque lame ou barreau de fer ou d'acier qui dépend de la grosseur, de la figure, de la trempe et d'autres circonstances. Il en est de même du poids que chaque aimant peut porter. Lorsqu'on le charge pour la première fois ou lorsqu'on le recharge après en avoir arraché la barre qui touche ses pôles, il ne porte pas d'abord tout ce qu'il peut porter et l'on doit commencer par lui donner la moitié ou les deux tiers de sa charge entière, puis augmenter de jour en jour le poids jusqu'au maximum.

On aimante le barreau AB avec plus d'avantage, lorsqu'on place à côté de lui en direction parallèle un autre barreau F et lorsqu'on joint les extrémités par deux barreaux de fer doux G et H, et plus encore si G et H sont des aimants dont les pôles a et b sont placés de sorte que les pôles que la barre AB doit obtenir soient les pôles opposés de ceux des aimants G et H.

Mr. de V. Je ne vois pas encore comment les pôles de la barre AB se trouveront placés.

Mr. de T. J'allois faire la même question à monsieur de P.

Mr. de P. C'est un oubli de ma part que je vais réparer sur le champ par une règle générale et simple:

De quelque manière qu'on aimante une barre par frottement, le bout de la barre que l'aimant quitte a pour pôle le pôle opposé à celui de l'aimant avec le quel on a frotté. Ainsi si a représente le pôle austral dans l'aimant D et b le pôle boréal dans l'aimant E, alors B sera le pôle boréal de la barre aimantée et A son pôle austral.

Je vous ai décrit la manière d'aimanter le fer et l'acier, par ce que c'est de ces aimants artificiels dont on se sert d'ordinaire dans les expériences sur le mâgnétisme. On leur donne tantôt la figure d'une barre droite, tantôt celle d'un fer à cheval; et lorsqu'on veut avoir un aimant très fort, on place plusieurs barres l'une sur l'autre, de sorte que les pôles de même nom soient d'un même côté. On aimante de même des *aiguilles* qu'on place sur un pivot très fin de laiton et au moyen des quelles on fait les expériences sur les directions de l'aimant. On donne, ou devroit donner, à ces aiguilles la forme d'un rhombe très allongé, comme je vous la dessine (fig. 57). On perce un trou au milieu, dans le quel on fixe un petit cône d'agate creux et très poli à son intérieur, comme je vous le dessine (fig. 58), et on pose l'aiguille sur une pointe très fine d'acier. L'aiguille elle-même est d'acier trempé au même degré que les ressorts de montre.

Le Comte C. Pourquoi trempez-vous votre aiguille? J'ai ouï dire que le fer doux ou l'acier non trempé se magnétise plus facilement.

Mr. de P. Cela est vrai, mais l'aiguille non trempée perd aussi son magnétisme plus facilement. Ima-

ginez une aiguille aimantée placée dans une boîte ronde de cuivre ou de laiton, munie d'un cercle partagé en degrés et recouverte d'une plaque de verre pour abriter l'aiguille contre le vent, et vous avez la *boussole*, cet instrument terrible qui, selon notre ami de G., fait le malheur du genre humain.

Mr. de T. Je crois avoir lu que l'aiguille aimantée perd de sa force lorsqu'elle est percée à son milieu.

Mr. de P. Plusieurs Physiciens sont de cet avis; d'autres prétendent que non: ce qui me semble prouver que la perte ne sera pas grande; et comme la chappe qu'on a imaginée pour suspendre l'aiguille sans la percer, augmente considérablement le poids de l'aiguille, il est clair que la mobilité diminue par ce poids à raison du frottement de plus qu'il cause.

Le jeune de L. Si l'aiguille, avant d'être aimantée, est suspendue à son milieu, elle ne prendra pas une position horizontale, mais inclinée.

Mr. de P. On répare cette faute en donnant au pôle qui s'éleve un petit contrepoids après qu'elle est aimantée; et si l'aiguille est destinée à voyager sur mer, ce contre poids est mobile pour que, à raison de la plus ou moins grande inclinaison qui a lieu sur différents points de la surface du globe, on puisse l'éloigner ou le rapprocher du centre, ou même le faire passer à l'autre côté de l'aiguille, lorsque le vaisseau voyage d'une hémisphère à l'autre.

A présent que nous avons de forts aimants et des aiguilles aimantées très mobiles, observons les phénomènes magnétiques.

Le premier de tous et le plus frappant est que la vertu de l'aimant naturel ou artificiel agit au travers de tous les corps, comme le verre, le bois, la résine, le papier, toutes les substances végétales et animales, et tous les métaux connus, excepté le fer ou l'acier, le nikel et le cobalt. On s'en assure en interposant entre un aimant ou une aiguille aimantée et un morceau de fer chacun des corps que je viens de nommer. L'effet est le même que sans interposition, si la distance du fer à l'aimant est la même.

Mde de L. Ainsi tous les corps, excepté le fer, le nikel et le cobalt, sont des conducteurs de la vertu magnétique, et ces trois métaux sont des isolateurs.

Mr. de P. Très juste, madame; et nous allons voir cette idée, prise des phénomènes de la chaleur, de la lumière et de l'électricité, confirmée par les phénomènes suivants.

Si l'on approche deux aiguilles aimantées l'une de l'autre, de sorte que les pôles de nom différent soient à proximité l'un de l'autre, ces deux pôles s'attireront. Si ce sont les pôles de même nom qui sont à proximité l'un de l'autre, alors ces deux pôles se repoussent.

Mde. de L. C'est comme l'électricité positive et négative.

Mr. de P. Assurément.

Mde. de L. Il se trouvera à la fin que l'électricité et le magnétisme sont synonymes.

Mr. de P. Pas tout-à-fait, madame. Veuillez observer que la résine et le verre par ex: isolent l'électricité et non le magnétisme et que le fer est un très bon

conducteur des deux E en même tems qu'il isole la vertu magnétique.

Mde. de L. Comment pouvois-je oublier cela?

Mr. de P. Au moins, madame n'avez-vous pas fait imprimer votre opinion sur l'identité de l'électricité et du magnétisme, comme quelques Physiciens l'ont fait depuis la découverte d'Oersted. En attendant que cette identité soit mieux prouvée qu'elle ne l'a été jusqu'ici, nous voulons admettre un + M et un — M, différents de + E et — E.

Lorsqu'on réunit + M et — M de deux aimants d'égale force, ni l'un ni l'autre n'exercent au point de contact aucune attraction sur le fer; mais cette attraction existe aux autres pôles des deux aimants ainsi réunis.

Lorsque les deux aimants sont d'inégale force on observe au point de contact une force magnétique égale à la différence de la force des deux aimants, et celle du plus foible se trouve augmentée sans que celle du plus fort soit diminuée. En général un aimant ne perd jamais de sa force en magnétisant une barre de fer.

Lorsqu'on joint les pôles de même nom de deux aimants, leur force mutuelle diminue et s'ils sont de force inégale, les pôles du plus foible perdent toute leur force et reçoivent ensuite des pôles opposés à ceux qu'ils avoient auparavant.

Lorsqu'on scie en deux un aimant artificiel on a deux aimants complets, chacun avec ses deux pôles, comme lorsqu'on casse un aimant naturel.

Voici une expérience en même tems jolie et instructive. Posez sur une planche un mince fil de fer d'une

à deux lignes de longueur et placez le pôle d'un aimant au dessus et un peu de côté du fil de fer; vous verrez celui-ci s'élever par un bout vers l'aimant comme je vous le dessine (fig. 59) B D représentant la planche, c le petit fil de fer, A l'aimant. Frappez à présent sur la planche pour la faire vibrer et vous verrez le petit fil de fer s'avance vers l'aimant en sautillant et en s'élevant toujours davantage, jusqu'à ce que, arrivé sous l'aimant, il se tienne dans une position verticale.

Répétez à présent l'expérience (fig. 60) en plaçant l'aimant sous la planche et le petit fil de fer au dessus de l'aimant en c. Il s'y tiendra en position verticale et, si vous frappez sur la planche, il s'éloignera de l'aimant en sautillant et en s'inclinant toujours davantage vers la planche.

Substituez de la limaille de fer au petit fil de fer et placez l'aimant au dessus; alors vous verrez subitement la limaille se placer simultanément de tous les côtés comme le petit fil de fer s'étoit placé successivement; les brins de limaille s'accrocheront l'un à l'autre et formeront et composeront un cône qui aura sa plus grande hauteur sous l'aimant même et diminuera de tous les côtés. Placez ensuite l'aimant sous la même limaille, c. à. d. sous la table, alors vous verrez la limaille s'écarter du point au dessus de l'aimant et former un cercle ou un ovale autour de ce point et prendre les directions indiquées par notre seconde figure (fig. 60).

Mde. de L. Ces expériences sont réellement jolies.

Mr. de P. Vous obtiendrez les deux effets à la fois si vous plongez le pôle d'un aimant dans de la li-

maille de fer qui se placera tout autour en forme de rayons, en approchant ce pôle avec sa limaille d'un autre portion de limaille saupoudrée sur une table; celle-ci s'avancera vers l'aimant en forme de cône.

Ces expériences prouvent ce que les précédentes avoient déja fait prévoir, qu'entre le pôle d'un aimant et du fer non aimanté il se forme deux courants magnétiques comme il se forme deux courants électriques entre un corps électrisé et un corps qui ne l'est pas, lorsqu'ils sont à une certaine distance l'un de l'autre. On conclut de là, comme dans le théorie électrique, que le fer (il en est de même du cobalt et du nikel) contient + M et — M combinés et que l'une des deux, résidant dans un pôle de l'aimant, met celles-là en séparation.

Vous voyez par là que les effets mécaniques de l'aimant sont les mêmes que ceux de l'électricité, et nous pouvons même comparer un aimant, naturel ou artificiel, à la pile électrique ou bien à la tourmaline pendant qu'on l'échauffe ou la réfroidit.

Mr. de R. Mais qu'arrive-t-il lorsqu'on échauffe un aimant?

Mr. de P. Sa force diminue, et chauffé jusqu'au rouge, il la perd tout-à-fait. Aussi a-t-on observé que les aimants ne portent pas en été toute la charge qu'ils portent en hyver.

Le jeune de L. Si les + M et — M sont sujets à la loi de la distribution ne pourroit-on pas composer des condensateurs magnétiques?

Mr. de P. L'idée est ingénieuse, mais impossible à exécuter, par ce que nous n'avons pas le moyen de

faire passer à la terre + M ou — M pour dissimuler l'opposé, comme nous le pouvons pour l'électricité. Au reste on fait quelque chose de semblable dans le procédé qu'on emploie pour magnétiser un barreau de fer par la double touche. Reprenons notre figure (fig. 56). Le barreau F qu'on ne magnétise pas, mais qui est joint à celui qu'on magnétise par les petits barreaux H et G, fait un effet de ce genre. Il dissimule une partie des + M et — M que le barreau AB obtient par le frottement et le rend par là susceptible d'en acquérir davantage. Cet effet augmente par la même raison lorsque, au lieu des barreaux H et G, l'on employe deux aimants dont les pôles sont placés comme je vous l'ai dit.

Le phénomène magnétique étant un phénomène de répulsion et d'attraction comme le phénomène électrique, il est clair que la force des pôles sera plus grande dans un aimant long que dans un aimant court, et qu'un aimant qui se termine en pointes doit exercer plus d'énergie qu'un aimant obtus; et voilà la raison qui fait que l'aiguille aimantée a le plus de force quand on lui donne la figure de rhombe allongé, comme je vous l'ai dessinée.

Mde. de L. Je trouve aujourd'hui monsieur de P. bien aimable. Tout ce qu'il nous dit est si simple, si facile à saisir.

Mr. de L. Ne chantez pas trop tôt victoire; la matière ne me paroit pas encore épuisée.

Mr. de P. Notre Général a raison; car si je vous offrois le beau travail de Coulomb sur le magnétisme,

vous trouveriez, madame, beaucoup à rabattre de l'éloge que vous me prodiguez si généreusement.

Mr. de R. Coulomb est-il le seul ou le premier Physicien qui ait traité le magnétisme?

Mr. de P. Non pas, et Muschenbroeck, Hauksbée, Daniel Bernouilli, l'Astronome Tobie Mayer, Aepinus, Saussure etc., ont été des prédécesseurs et des contemporains très dignes d'être nommés à cet égard. Mais les travaux de ces grands Physiciens ne peuvent intéresser que le Physicien de profession. Je ne me permettrai de vous en offrir que le résultat principal, la loi de l'attraction magnétique. Elle à déja été découverte par l'Astronome Mayer; c'est la loi de l'inverse du carré des distances, la même que Newton a découverte pour la gravitation. Coulomb l'a constatée avec beaucoup d'exactitude par sa balance de torsion, opération que vous comprendrez facilement en vous ressouvenant de celle que cet excellent Physicien a employée pour découvrir la loi de l'attraction et de la répulsion électrique. Il s'est servi en outre une autre méthode, fondée sur le principe que la force d'une aiguille aimantée est proportionelle au carré du nombre des oscillations qu'elle fait dans un tems donné. Voici ce procédé: Il fit osciller son aiguille et trouva que dans une minute elle faisoit 15 vibrations. Ainsi sa force naturelle peut être représentée par le nombre 225 qui est le carré de 15. Puis il posa un fil de fer aimanté, de 25 pouces de longueur, vis à vis l'aiguille, dans la direction même de l'aiguille, le pôle nord près du pôle sud de l'aiguille, et fit faire à celle-ci ses oscillations.

D'abord il plaça le fil de fer aimanté à 4 pouces, puis à 8 pouces de distance de l'aiguille. Dans le premier cas l'aiguille fit 41 vibrations, dans le second 21. Ainsi dans ces deux cas les forces attractives totales pouvoient être représentées par les carrés de ces nombres 1681 et 576. Mais ces forces sont en même tems celles du fil de fer et la force de direction de l'aiguille. Si l'on en soustrait celle ci, représentée par le nombre 225, les deux restes 1456 et 351 représenteront les forces que le fil aimanté a exercées sur l'aiguille aux distances de 4 pouces et de 8 pouces. Or ces nombres sont entre eux à peu de chose près dans le rapport de 4 à 1; et comme les distances étoient dans le rapport de 1 à 2, il s'en suit que la loi de l'attraction de l'aimant sur l'aiguille aimantée est celle de l'inverse du carré des distances.

Voulez-vous comparer la force de direction de deux aiguilles aimantées ou d'une seule dans différents tems, il suffit de les faire osciller pendant un tems donné; le carré des nombres des oscillations fournira la proportion de ces forces.

Je ne dois pas passer sous silence que Saussure le père a cherché la loi de la force avec la quelle l'aimant attire le fer et a employé à cet effet un pendule dont la boule étoit de ce métal, qu'il faisoit dévier de sa position verticale par un aimant dont il présentoit un pôle à la boule à différentes distances. Ses résultats ne lui ont pas offert la loi de l'inverse du carré des distances, et en outre il n'a pu trouver aucune loi constante.

Mr. de V. Ceci resemble un peu à la loi des attractiont électriques. Ce manque d'accord entre les résultats de la balance de torsion et ceux du pendule, pour le magnétisme comme pour l'électricité, est frappant; car l'électromètre à feuilles d'or est un pendule.

Mr. de P. En effet on feroit très bien de répéter les expériences de Saussure pour découvrir la loi que ce grand Physicien n'a pas trouvée, mais qui existe sûrement, pour s'assurer si la vertu magnétique ressemble également en ceci à la vertu électrique.

Enfin nous avons encore à considérer l'attraction magnétique du côté des masses. On a dû d'abord croire que cette attraction dépend de la masse de l'aimant, puisque les gros aimants ont plus de force que les petits et surtout puisque deux, trois, quatre aimants artificiels et égaux, réunis en un seul, fournissent une force deux, trois, quatre fois aussi grande que celle d'un seul. Coulomb à prouvé la vérité de cette supposition en formant trois aiguilles cylindriques de cire dans la quelle il avoit mêlé de la limaille de fer dans la proportion de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{16}$ du poids de la cire, ce qui fait $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{17}$ du poids total, et en faisant osciller ces aiguilles entre deux aimants placés à 4 pouces l'un de l'autre. Les attractions se trouvèrent à très peu de chose près en proportion des quantités de limaille contenues dans les aiguilles.

Mr. de G. Cette loi constitue, à mon avis, une grande différence entre le magnétisme et l'électricité; car dans les phénomènes de celle-ci les masses ne font rien, les surfaces au contraire font tout.

Mr. de P. Quelque persuadé que je sois de cette différence, je hésite cependant à me ranger de cet avis. Car il ne faut pas oublier que le fer est un isolateur, non un conducteur, du magnétisme, et que si nous pouvons réellement comparer l'aimant à une pile de Volta, la différence cesse; car comme la force de la pile augmente en raison du nombre des couples et de leur surface, de même que les aiguilles de limaille et de de cire faits par Coulomb, on peut dire qu'elle augmente dans ce sens en raison de la masse de la pile, ce qui rétablit l'analogie entre le magnétisme et l'électricité.

Quatrevingt unième entretien.

Mr. *de P.* J'eus hier, madame, l'honneur de vous présenter les lois des attractions et répulsions magnétiques, et je vous annonçai en même tems que l'aimant, soit naturel, soit artificiel, prend une certaine position dont on ne peut l'écarter qu'en employant une certaine force, et nous avons même déja appris à connoitre la loi que cette force suit à raison des distances. Aujourd'hui nous voulons considérer cette position plus particulièrement; elle nous offrira des phénomènes inattendus, aussi frappants dans leurs détail que le phénomène général de cette position. Pour cet effet je serai forcé d'empiéter un peu sur la *Physique de la terre*, pour terminer sans interruption le sujet que nous avons commencé de traiter.

Représentez vous une aiguille aimantée faite en sorte qu'avant d'avoir reçu la vertu magnétique elle soit parfaitement en équillibre sur son pivot. En cet état elle n'affectera aucune position ou direction particulière; ce n'est qu'un levier ou un fléau de balance qui se place horizontalement, sans se diriger de soi-

même nulle part. Mais dès que cette aiguille est aimantée, alors non seulement elle se place dans une direction qui s'éloigne un peu du méridien du lieu où elle se trouve, mais aussi elle s'incline dans un plan vertical de sorte que son pôle sud ou austral s'abaisse vers la terre et son pôle nord ou boréal s'élève. Le premier de ces phénomènes se nomme *la déclinaison*, et la grandeur de l'angle que l'aiguille aimantée fait avec le méridien de la terre est la mesure de la déclinaison. Imaginez un plan vertical tracé dans la ligne de déclinaison et prolongé au travers de tout le globe terrestre; c'est ce qu'on appelle *le méridien magnétique*. C'est dans ce plan même que l'aiguille aimantée s'incline d'un côté et s'élève de l'autre. Cette seconde partie du phénomène de la position de l'aiguille aimantée se nomme *l'inclinaison* et l'angle que l'aiguille fait avec la ligne horizontale, tirée par son milieu dans le méridien magnétique, mesure la grandeur de l'inclinaison.

Les aiguilles aimantées, telles que je vous les ai décrites, sont parfaitement propres à mesurer la déclinaison. Mais pour qu'elles fournissent la mesnre de l'inclinaison il faut leur donner une autre construction; car vous voyez que, le sommet du petit cône et la pointe du pivot (fig. 58) se trouvant sensiblement au dessus du centre de gravité de l'aiguille, l'équillibre du levier offre une résistance à l'inclinaison. Voici la construction de cet instrument. NS (fig. 61) et une aiguille aimantée. Avant de l'aimanter on a fixé à son centre C un axe de métal terminé en pointes très fines qui reposent sur les deux traverses AB, de sorte que

l'aiguille non aimantée se tienne dans toutes les positions en équillibre. Ainsi dès qu'elle est aimantée son inclinaison est due uniquement à la vertu magnétique. Pour mesurer cette inclinaison on a le cercle DGEF partagé en degrés et sixièmes de degrés, de sorte que la division fournit immédiatement 10 minutes. Un vernier d'ivoire fixé à chaque bout de l'aiguille, pourra donner les demies minutes ou moins encore. Les supports AH et BI des traverses sont jointes par la barre HI qui est fixée sur un pivot qui entre dans la colonne M posée sur les trois pieds à vis NO, NO, NO, au moyen des quels on peut placer l'instrument dans une position verticale. La même colonne porte la grande plaque horizontale KL à la circonférence de la quelle se trouve le limbe divisé comme le vertical, et la barre HI a à une de ses extrémités, ou même à toutes deux, un vernier P qui mesure les degrés du limbe horizontal lorsqu'on tourne sur son axe l'appareil qui porte l'aiguille aimantée et le limbe vertical.

Le jeune de L. Il me semble que les divisions des limbes sont très fines.

Mr. de P. Pas trop; car si le diamètre du cercle est de 10 pouces, le sixième de degré fera presque $\frac{1}{5}$ de ligne; et si l'on veut se servir d'une loupe pour observer, comme cela se fait avec les instrumens astronomiques, la division pourra fournir facilement 2 minutes et le vernier 6 secondes.

Le jeune de L. Mais à quoi sert le limbe horizontal?

Mr. de P. A placer le cercle vertical et l'aiguille

précisément dans le méridien magnétique, afin d'obtenir la plus grande inclinaison de l'aiguille; et l'on peut même par là trouver le méridien magnétique sans aiguille de déclinaison ou boussole; car l'inclinaison n'arrive à son maximum que lorsque l'aiguille est parfaitement dans le méridien magnétique et elle est parfaitement nulle lorsqu'elle fait un angle droit avec ce méridien. Au reste l'on ne met pas moins de soin à la construction des aiguilles de déclinaison lorsqu'elles doivent servir à des observations sur le magnétisme, tandis qu'on les construit assez légèrement lorsqu'il ne s'agit que de la direction d'un vaisseau.

Nous voilà à présent munis de bons instrumens. Venons en aux observations, et commençons par celles de l'inclinaison. Lorsqu'on avance de l'équateur vers les pôles de la terre, l'inclinaison augmente et lorsqu'on avance des pôles vers l'équateur, l'inclinaison diminue. Dans les environs de l'équateur de la terre l'inclinaison est nulle, l'aiguille est horizontale, et si l'on joint tous les points où cela a lieu autour du globe, on a *l'équateur magnétique*, qui diffère de l'équateur de la terre non seulement en ce qu'il fait un angle avec celui-ci, mais aussi en ce que ce n'est pas un cercle régulier comme celui de la terre, mais une courbe irrégulière qui approche assez d'un demi-cercle incliné de 12 degrés sous l'équateur terrestre dans l'hémisphère austral le long de la mer des Indes et de la mer atlantique, autravers de la partie supérieure de l'Amérique méridionale et s'étend jusqu'à peu près au 270e degré de longitude dans la mer du Sud. Par contre l'autre moitié de l'équateur magnétique, qui traverse la mer

du Sud depuis le 270e degré de longitude et se termine dans l'océan indien à 115 degrés de longitude, ne conserve pas la même régularité; car, au lieu de se trouver toujours dans l'hemisphère boréal, il redescend vers l'équateur terrestre, le coupe même en deux points, s'abaissant au dessous de lui de près de $3\frac{1}{2}$ degrés vers 159 degrés de longitude près des côtes septentrionales de la nouvelle Guinée, et il est même vraisemblable qu'après être remonté dans l'hémisphère boréal, il redescend encore une fois dans l'hémisphère austral.

Mde. de L. Cet équateur magnétique est bien incommode par ses irrégularités. D'où cela peut-il venir?

Mr. de P. Veuillez, madame, avoir patience; j'espère revenir encore aujourd'hui sur cet article. Si l'on s'avance vers le Nord avec l'aiguille d'inclinaison, la position de cette aiguille s'approche toujours davantage de la verticale. On a ignoré longtems le point de la terre où l'aiguille d'inclinaison se trouve d'àplomb et ce n'est qu'en 1820 que le capitaine Parry envoyé pour la seconde fois au Nord pour tenter le passage si souvent cherché de l'Europe à la côte occidentale de l'Amérique, a découvert ce point à la côte occidentale de la baye de Baffins à 77 degrés de latitude et à 100 degrés de longitude de Grenwich. Ce point est le *pôle-nord magnétique.* Avant cette découverte la plus grande inclinaison que l'on ait observée, l'a été par le Navigateur anglois Phipps, qui la trouva de 82 degrés au Nord des isles de Spitzbergen. Le pôle-sud

magnétique n'est pas encore trouvé, ne le sera sûrement jamais s'il se trouve à la même latitude australe, les glaces polaires de cet hémisphère ne permettant pas aux navigateurs d'arriver jusqu'à cette latitude.

Le jeune de L. Eh! bien; il faut y aller à pied sur la glace.

Mr. de P. Lorsque je vous aurai dépeint les glaces polaires telles qu'on les connoit, l'envie de faire ce voyage vous passera sûrement, à moins que vous ne veuillez l'entreprendre en ballon aérostatique, vous abandonnant à la faveur ou aux caprices d'Eole pour l'arrivée et le retour.

On a cherché la loi de l'accroissement de l'inclinaison lorsqu'on avance de l'équateur vers les pôles, mais sans fruit. Ce que l'on en sait se réduit aux résultats suivants, que l'on doit principalement aux observations du célèbre Humboldt: Dans la partie du globe où l'équateur magnétique est à peu près circulaire, l'inclinaison suit aux environs de cet équateur l'accroissement de la latitude assez exactement, et est même double de la latitude magnétique, en sorte que par ex: à Quito, qui se trouve sous l'équateur terrestre, la latitude magnétique est 6 degrés 33 min, et l'inclinaison est d'après l'observation de Humboldt de 13 degrés 21 min, ainsi seulement de $\frac{1}{4}$ degré plus grande qu'elle ne devroit être selon la règle. Mais on sent facilement que cette règle ne peut pas mener loin; car si elle avoit lieu à de grandes latitudes, le pôle nord magnétique se trouveroit à une latitude magnétique de 45 degrés ou à une latitude géographique de 38 degrés

25 min; et j'ai eu tout-à-l'heure l'honneur de vous dire que ce pôle a été trouvé à une latitude géographique presque double et à peu près dans le méridien de Quito. Les autres observations ne fournissent aucune règle pour l'augmentation de l'inclinaison; seulement on a observé que, à partir de l'Europe et en avançant sur la même latitude géographique, les inclinaisons sont plus grandes à l'Ouest qu'à l'Est; ce qui a déja indiqué que le pôle-nord magnétique devoit se trouver à l'Ouest de l'Europe et au dessous du pôle terrestre.

Outre les points de la surface du globe où l'inclinaison est nulle, on a encore distingué ceux où elle se trouve égale, espérant trouver par la une certaine régularité dans les lignes qui réunissent ces points et qui devroient être des cercles parallèles magnétiques. Mais ces lignes forment de nombreuses courbures irrégulières qui paroissent ne s'assujettir à aucune loi.

Le Comte C. Ces irrégularités sont omineuses pour la théorie. Car comment tirer des lois générales de pareils phénomènes?

Mr. de P. Avant de prononcer sur ces difficultés permettez moi de vous offrir les phénomènes de la déclinaison. Les observations qu'on a faites à cet égard sont bien plus nombreuses que celles que nous avons sur l'inclinaison, par ce que c'est de la connoissance de l'aiguille aimantée sur tous les points connus du globe que repose l'usage de la boussole, qui doit indiquer au marin la position du méridien où il se trouve, et qu'il n'apprendra pas par son observation s'il ne sait

pas de combien de degrés l'aiguille dévie du méridien terrestre au lieu où il se trouve. Aussi le gouvernement anglois a-t-il en 1700 fait voyager le célèbre Halley pour observer aussi souvent que possible la position de l'aiguille aimantée sur la surface du globe. Le résultat de ce voyage a été une carte des déclinaisons, où il a distingué des lignes où la déclination est nulle, c. à. d. où l'aiguille aimantée se place précisément dans le plan du méridien du lieu, où parconséquent le méridien magnétique et le méridien terrestre coïncident. Tous les Navigateurs savans ont depuis completté ou rectifié les observations de Halley, de sorte que nous avons aujourd'hui des milliers de ces observations. Les lignes, où la déclinaison est nulle, ne sont nullement régulières; elles coupent les méridiens terrestres sous toute sorte d'angles dont les variations ne suivent aucune loi. Il en existe une par ex: dans l'océan atlantique dont je vais vous décrire le cours. Prenons la d'abord sur l'équateur terrestre qu'elle traverse à environ 14 degrés du méridien de l'isle de Ferro, à l'Ouest. De là elle s'élève presque dans la direction du Sud au Nord jusqu'à 5 degrés de latitude; là elle se tourne brusquement à l'Ouest jusqu'aux Etat-unis d'Amérique qu'elle traverse de même que les parties Nord-Ouest de ce continent à peu près dans la même direction. Retournons à présent à l'équateur pour observer le cours de notre ligne dans l'hémisphère austral. Ici elle conserve la direction d'à peu près Nord au Sud qu'elle avoit et s'étend dans cette direction parallèlement aux côtes du Brésil jusqu'à la latitude du Paraguai. De là elle se jette au Sud-Est et arrive au méridien de Paris

ou à 20 degrés de longitude orientale, au 65e degré de latitude australe, au de là de quel point les observations cessent.

Il existe une autre ligne du même genre dans le grand Océan austral qui passe à la pointe occidentale de la Nouvelle-Hollande, traverse la mer des Indes où elle se partage en deux branches, dont l'une arrive sur le continent de l'Asie au cap Comorin, traverse la Perse et s'élève vers la Laponie, l'autre traverse le grand archipel d'Asie presque tout-à-fait du Sud au Nord, traverse la Chine et ressort dans la partie occidentale de la Sibérie. On a des indices d'autres lignes sans inclinaison qui ne seront pas plus régulières que celles que je viens de décrire.

Mr. de L. Vous faites, monsieur de P. un cahos du magnétisme.

Mr. de P. Accusez en la Nature qui semble en ceci se moquer de nous. Elle le fait encore davantage dans les points où la déclinaison est égale points qui forment des lignes encore plus irrégulières que les lignes sans inclinaison; l'envie me prend toujours de rire lorsque je jette les yeux sur la carte magnétique que l'Anglois Yeates a construite en 1817 sur toutes les bonnes observations des Marins. On y trouve toutes les courbures imaginables, même nombre de courbes rentrantes en elles-mêmes, formant des ovales plus ou moins irréguliers, surtout dans la mer du Sud.

Quant à la force que témoigne l'aiguille aimantée soit par déclinaison, soit par inclinaison, nous devons à Humboldt la plupart des observations à ce sujet, dont

le résultat est que cette force s'accroit lorsqu'on s'avance de l'équateur vers les pôles, mais pas tout-à-fait dans la même proportion pour l'inclinaison que pour la déclinaison.

Mr. de T. Comment mesure-t-on cette force?

Mr. de P. En faisant osciller l'aiguille aimantée pendant un certain tems et en calculant le rapport des forces par le carré des nombres des oscillations. La boussole de Humboldt; par ex: donnoit 245 oscillations en 10 minutes à Paris et 211 au Pérou; d'où il suit que la force magnétique à Paris et au Pérou est dans le rapport des carrés des nombres 245 et 211 ou à peu près dans le rapport de 15 à 11. Cet accroissement s'est confirmé par les observations de cet illustre Physicien à Naples, à Paris et à Berlin.

Vous avez été étonnés, messieurs, des irrégularités de situation de l'aiguille aimantée sur différents points du globe, vous le serez peut-être davantage par des variations considérables, qui ont lieu dans différents tems. Depuis que l'on a de bonnes observations sur cet objet par Whiston, Cawendisch et Gilpin, l'inclinaison a diminué à Londres depuis 1720 jusqu'en 1805 de 75 degrés 10 minutes à 70 degrés 21 min., et cela irrégulièrement, les diminutions n'étant pas proportionnelles aux tems. Si elles étoient régulières, la diminution moyenne seroit environ de $3\frac{1}{3}$ minutes par an.

La déclinaison offre des variations encore plus frappantes. En 1657 elle étoit nulle à Londres; plus tôt, en 1580, l'aiguille déclinoit de 11 d. 15 min. à l'Est du méridien de Londres. Depuis 1657 elle a toujours dé-

cliné à l'Ouest et la déclinaison étoit en 1806 de 24 d. 8 min. et continue à augmenter; ce qui fait, à compter de 1580, une marche vers l'Ouest d'environ 6 m. par an, marche au reste irrégulière qui a varié de 16 minutes à 1 minute, lorsqu'on la calcule pour différents périodes de plusieurs années. A Paris la déclinaison étoit nulle en 1666. En 1664 elle étoit orientale et de 40 min., en sorte que la variation moyenne dans ces deux années étoit de 20 min.

Mais ce n'est pas tout. Outre ces variations progressives qui nous offrent une marche continue quoique irrégulière de l'aiguille aimantée vers l'Ouest, il existe dans la déclinaison une marche périodique journaillère. En Europe la déclinaison est le matin vers 7 heures à son minimum et après midi entre 1 et 2 heures à son maximum. Le même période se répète pendant la nuit, de sorte que dans l'espace de 24 heures la déclinaison a deux maximum, deux minimum et quatre points où elle est égale à elle-même. La différence du maximum au minimum va jusqu'à 20 minutes, et varie d'un jour à l'autre et d'un lieu à un autre.

Mde. de L. Je ne vois pas comment je pourrai rien concevoir dans l'explication des phénomènes magnétiques, vû cette quantité de variations qui se confondront sûrement dans ma foible tête.

Mr. de P. J'en suis d'autant plus fâché que je vais augmenter encore cette confusion. Les variations que j'ai eu l'honneur de vous offrir, quoique très irrégulières, ont cependant une certaine constance qui semble indiquer qu'elles se rapportent à quelques lois de

la Nature modifiées par diverses circonstances. Mais il existe encore d'autres variations dans les phénomènes magnétiques, dépendantes de causes accidentelles, connues ou inconnues. Wilke, par ex: a observé des variations de déclinaison qui vont jusqu'à 3 degrés et qui duroient plusieurs minutes et même quelques heures, dont les unes étoient constantes, d'autres variables pendant le cours de leur durée, sans qu'il ait pu en assigner aucune cause proche ou éloignée. D'un autre côté plusieurs Physiciens très dignes de foi, au nombre des quels il suffit de nommer Humboldt, ont observé que les tremblemens de terre, des orages considérables, l'aurore boréale etc. causent des perturbations considérables dans la direction de l'aiguille aimantée, surtout quant à la déclinaison.

Il est presque inutile d'ajouter que des causes locales, telles par ex: que le voisinage d'une montagne qui contient beaucoup de fer ou de deutoxide de fer, ou même des pierres d'aimant, causent des perturbations dans la déclinaison et l'inclinaison de l'aiguille aimantée; ce à quoi les voyageurs, sur mer comme sur terre, doivent être très attentifs, lorsqu'ils veulent assigner la direction de l'aiguille aimantée ou diriger un vaisseau sur les indications de cette aiguille.

Telles sont à peu près les données que nous avons sur le Magnétisme. Voyons à présent ce que l'on a fait pour en découvrir la cause.

Mde. de L. Cela m'intéressera vivement.

Mr. de P. Il est clair que déclinaison et l'inclinaison de l'aiguille aimantée ont leur source dans le

globe terrestre même; et cette vertu qu'il a de produire ces deux phénomènes, qui proprement ne sont qu'un seul phénomène que nous partageons au moyen de nos instrumens, est ce que l'on nomme le *Magnétisme de la Terre.* Cette vertu s'étend autour du globe à toutes les hauteurs à la quelle l'homme est parvenu. Biot et Gay-Lussac ont observé dans le ballon aérostadique, à une hauteur de 3500 Toises, que l'influence du magnétisme terrestre sur l'aiguille aimantée, est la même qu'à la surface de la terre.

On a imaginé nombre d'hypothèses pour expliquer les phénomènes magnétiques. La première de toutes consiste à considérer le globe terrestre lui-même comme un aimant énorme qui agit sur le fer et sur nos petits individus d'aimants naturels et artificiels. Mais vous sentez qu'on n'explique rien par là. La question sur la nature de l'aimant ne gagne pas à adopter un aimant de plus que ceux que nous avons sous la main.

La seconde hypothèse consiste à admettre un aimant naturel dans l'intérieur de la terre à qui l'on attribue les mêmes effets qu'on attribuoit précédemment à la terre elle-même, et l'on a voué bien des travaux à la déterminaison des pôles de cet aimant caché.

Mr. de G. Cette hypothèse ne nous mènera pas plus loin que la première.

Le Comte C. Assurément par rapport à la nature du magnétisme. Mais si ces efforts réussissent, on trouvera la loi des variations si énigmatiques de l'aiguille aimantée et sur tout celle qui règle les déclinaisons si importantes à la Navigation.

Mr. de P. Cette hypothèse n'a pas réussi à cet égard, et le célèbre Halley, ayant fait sa carte des déclinaisons sur les données que son grand voyage lui avoit fournies, imagina une nouvelle hypothèse qui consiste à admettre deux aimants de force inégale dans l'intérieur de la terre, dont les axes se croisent sous un certain angle et sont dans différents plans. Et comme il connoissoit déja les variations de la déclinaison, il imagina que le globe terrestre est composé de deux globes l'un dans l'autre, séparés par une couche concentrique de fluide, dans le quel le petit globe nage, et que le globe creux ou l'écorce de la terre contient un des deux aimants, et l'intérieur l'autre. Il assigna enfin à ces deux globes une part inégale à la rotation diurne pour expliquer les variations observées dans la déclinaison.

Mr. de L. Le grand Halley eut mieux fait d'avouer son ignorance que de nous donner une hypothèse forgée uniquement sur le besoin d'expliquer.

Mr. de P. Et qui, qui plus est, n'explique pas. Au reste, mon Général, soyez plus indulgent; songez que du tems de Halley il n'existoit qu'un Newton, et que de nos jours nous avons vu cette vielle hypothèse reparoitre et avoir même quelque succès.

Mayer, l'Astronome, a livré dans un mémoire lu en 1762 à la Société de Göttingen, mais non publié, une hypothèse plus simple, qui consiste a admettre un aimant presque infiniment petit, comparé au diamètre de la terre, placé à la petite distance de 120 milles d'Allemagne du centre de la terre et dont il détermina la

position excentrique plus particulièrement. Cet aimant, ou plutôt les pôles magnétiques que Mayer suppose, ont un mouvement progressiv qui éloigne leur centre du centre de la terre d'environ $\frac{1}{1000}$ du rayon du globe annuellement. Cette hypothèse explique très heureusement la déclinaison même successive sur un très grand nombre de points de la surface du globe. L'illustre Biot, sans avoir connoissance du mémoire de Mayer, a imaginé depuis la même hypothèse, surtout d'après les observations de Humboldt; ce qui lui donne beaucoup de vraisemblance, et je crois que, si l'on pouvoit admettre deux pôles magnétiques fixes dans l'intérieur de la terre, ils auroient une position telle que celle qu'on a calculée pour cette hypothèse.

Mr. de T. Mais comment produit-on le mouvement de cet aimant terrestre qui doit expliquer les variations de l'aiguille aimantée?

Mr. de P. Ce qu'on a dit à cet égard n'a aucune vraisemblance et ne mérite pas d'être répété.

Je ne finirois pas si je voulois seulement vous indiquer les travaux de beaucoup de Mathématiciens célèbres sur cette matière, qui n'ont tous servi qu'à prouver que l'on a traité ce sujet trop mathématiquement, en négligeant totalement le côté physique et chimique que le magnétisme nous offre. L'ensemble des phénomènes de l'aiguille aimantée, les rapports du magnétisme à l'électricité, sur les quels on avoit déja appuyé depuis longtems, et surtout les variations diurnes de l'aiguille et les variations accidentelles produites par des causes connues et inconnues, m'avoient déja per-

suadé depuis bien des années que le calcul ne nous découvriroit ni la nature du magnétisme, ni les règles de la déclinaison et même que ces règles n'existent pas du tout. Je l'avois déja annoncé en 1809 et en 1815 et invité les Physiciens à considérer le magnétisme du côté chimique, comme je l'avois fait pour l'Électricité. L'idée que je me faisois alors de la nature du magnétisme consiste dans les thèses suivantes.

1) Il existe deux substances impondérables que je désigne par + M et — M, analogues aux + E et — E, pour les quels nous ne connoissons que trois isolateurs, le fer, le cobalt et le Nikel, qui mettent + M et — M en séparation ou distribution.

2) Ces deux impondérables se développent dans l'intérieur de la terre par un procès chimique, qui est vraisemblablement le même que celui qui produit les volcans et les tremblemens de terre, phénomènes que j'ai expliqués avec toutes leurs variations, par les lois de la Mécanique, de la Physique et de la Chimie.

3) Comme les procès chimiques qui produisent ces grands phénomènes ont encore lieu, et comme les matières nécessaires à ces procès sont non seulement disposées irrégulièrement dans l'intérieur de la terre, mais aussi se consument successivement à certains points et entrent en activité à d'autres points, il ne peut exister de régularité dans les phénomènes de la boussole et de l'atguille d'inclinaison ni par rapport aux lieux ni par rapport aux tems; et il existe vraisemblablement plusieurs paires de pôles magnétiques dans l'intérieur de la terre qui peuvent en produire une seule paire par la coïncidence de leur action à la surface du globe ou plu-

sieurs par leur éloignement; de même que tout aimant naturel a plusieurs pôles particuliers, dont les pôles principaux sont un effet de la réunion de plusieurs de ces pôles particuliers, effet qu'on favorise singulièrement par l'armature.

4) Comme ces deux impondérables n'ont que les trois métaux nommés pour isolateurs, ils s'échappent des pôles magnétiques, traversent la croute du globe et parcourrent, chacun de son côté notre atmosphère pour se neutraliser aux points que nous regardons comme formants l'équateur magnétique. Nos petits aimants en font de même et sont entrainés dans ces deux grands courants.

5) Ces courans des impondérables magnétiques étant des produits d'un procès chimique, d'autres procès chimiques et électriques peuvent avoir influence sur leurs directions et sur l'intensité de leurs forces. Les orages, la foudre, tous les changemens brusques et violents dans de notables parties de l'atmosphère, exerceront donc cette influence pour le tems de leur durée. Les aurores boréales, que je range également au nombre des phénomènes chimiques de l'atmosphère, ont un pareil effet.

6) Enfin l'action du soleil développant, soit par elle-même, soit par la chaleur qu'elle excite, à la partie éclairée de la surface de la terre, des procès chimiques à la vérité d'une foible intensité, mais innombrables et embrassant une moitié entière du globe, doit produire dans la succession du jour à la nuit les petites variations diurnes qu'offre l'aiguille aimantée; car le maximum et le minimum se rapportent précisément aux momens où

l'action de la lumière et de la chaleur qu'elle excite est la plus grande et la plus petite.

Mr. de L. Monsieur le Comte! Que dites-vous à cela?

Le Comte C. Que cette hypothèse s'accorde parfaitement avec tout le peu que je sais de Physique et de Chimie, et que, si elle se réalise par de nouvelles observations, elle jettera beaucoup de jour peu les phénomènes magnétiques. Seulement je ne vois pas encore ce que le + M et le — M, considérés comme substances, peuvent être.

Mr. de P. Nous sommes peut-être à la veille de l'apprendre par la grande découverte d'Oersted, Professeur a Copenhague, sur les rapports du magnétisme à l'Électricité, découverte que l'auteur publia le 21. Juillet 1820.

Mr. de L. Donnez nous vîte cette grande découverte. Ces traits de lumière, qui dévoilent de nouveaux rapports entre les phénomènes de différentes classes, qui lient ensemble différentes parties de l'étude de la Nature, sont ce que j'admire le plus.

Mr. de P. Permettez moi de remettre à demain cet objet infiniment intéressant. Son examen prolongeroit notre soirée beaucoup trop.

QUATREVINGT DEUXIÈME ENTRETIEN.

Mde. *de L.* J'ai tout autant d'impatience que mon mari d'apprendre à connoitre les nouvelles rélations entre le Magnétisme et l'Électricité. Cette soirée sera une fête pour moi.

Le Comte C. Pour nous tous. Car on a longtems soubçonné une rélation intime entre ces deux genres de phénomènes, sans pouvoir la trouver. Ce sera un grand pas dans la Science de la nature.

Mr. de P. Nous avons déja des travaux nombreux sur ce sujet. Voici les principaux, qui suffiront pour vous donner une idée claire et juste de la chose.

Imaginez une pile de Volta de très grande surface et un fil de métal d'une espèce quelconque, de cuivre, de laiton, d'argent ou de fer, qui joigne les deux extrémités de la pile. Vous savez qu'en cet état ni la pile, ni ce conducteur, ne donnent à l'électromètre aucun signe d'électricité. Et cependant c'est dans cet état que la pile exerce son influence sur le magnétisme. L'appareil d'Oersted étoit composé de 20 auges de cuivre de 12 pouces en carré, dans chacun des quels plon-

geoit une plaque de zink après qu'on avoit rempli les auges d'acide sulfurique délayé de 60 parties d'eau. Le conducteur métallique qui joint les deux pôles est recourbé de sorte que son milieu offre une partie droite et parallèle à la pile. Supposez l'appareil placé de sorte que cette partie du conducteur se trouve dans la direction du méridien magnétique et placez sous cette partie droite du conducteur, à 12 ou 15 lignes au dessous, une aiguille aimantée, qui a sa direction naturelle dans le méridien magnétique, et vous verrez que cette aiguille abandonne sa position naturelle et dévie de 45 degrés à l'Ouest par son pôle qui se trouve du côté d'où vient l'électricité négative de la pile.

Mde. de L. Ne voudriez-vous pas, monsieur de P., nous dessiner cet appareil; je crois que nous le comprendrions mieux.

Mr. de P. Je suis charmé, madame, que vous-même me demandiez un dessein. Prenons le crayon. AB (fig. 62) représente la pile conposée des 20 auges; GD est le fil de métal, l'une et l'autre placés dans le méridien magnétique. L'extrémité A de la pile fournit — E l'autre B fournit + E. NS est l'aiguille aimantée avec son centre C dans sa position naturelle. Dès qu'on abaisse le conducteur DG jusqu'à 12 à 15 lignes au dessus d'elle, alors le pôle N qui est du côté d'où vient — E dévie à l'Ouest et l'aiguille prend la position qu'indique la ligne ponctuée. L'effet diminue lorsqu'on élève le conducteur à une plus grande hauteur, de même lorsqu'on ne le place pas précisément au dessus de l'aiguille, mais un peu de côté; et ce qu'il y a

de bien remarquable, c'est que le mouvement de l'aiguille a lieu toujours du même côté, soit que le conducteur se trouve à droite, soit qu'il se trouve à gauche de l'aiguille.

Si l'on place le conducteur au dessous de l'aiguille aimantée, le mouvement se fait dans le sens opposé; le pôle qui correspond à l'électricité négative de la pile dévie vers l'Est.

Si l'on place le conducteur de sorte qu'il fasse un angle droit avec la direction naturelle de l'aiguille aimantée, celle-ci ne se meut dans aucun sens, que le conducteur se trouve au dessus ou au dessous d'elle.

Si enfin l'on place le conducteur à côté de l'aiguille aimantée et dans le même plan horizontal qu'elle, le pôle qui correspond à — E de la pile s'abaisse, si le conducteur est à l'Ouest de l'aiguille, et s'élève si le conducteur est à l'Est.

Tous ces phénomènes ont encore lieu lorsqu'on interpose entre le conducteur et l'aiguille du papier, du bois, des métaux non susceptibles de magnétisme, du verre, de la résine, de la brique, des pierres, de l'eau etc.

Tels sont les résultats des expériences d'Oerstedt, qui assurent l'immortalité à leur auteur. Pictet et de la Rive, Professeurs à Cenève, repétèrent déja au mois d'Aoust de la même année ces grandes expériences et ajoutèrent aux faits découverts par Oersted les faits suivants :

Lorsqu'on place le conducteur dans une position verticale les mêmes effets ont lieu, si l'on ammène l'ai-

guille alternativement dans différentes positions des ses poles, rélativement à l'électricité positive ou négative de la pile.

Tous ces effets ont lieu avec la même énergie dans l'air raréfié par l'action de la pompe pneumatique.

La masse des aiguilles aimantées ne cause aucune différence; les aiguilles lourdes se meuvent au moins avec autant de facilité que les aiguilles légères.

Arago, membre de l'Académie des Sciences de Paris, annonça le 25 septembre de la même année que le conducteur de l'appareil d'Oersted attire la limaille de fer comme l'aimant et excite par conséquent la vertu magnétique dans le fer, et qu'il avoit même réussi à donner quelque magnétisme à une aiguille à coudre par la simple action de ce conducteur; mais que cet effet n'a pas lieu sur d'autre limaille ni sur de la sciure de bois.

Ampère avoit en même tems fait des expériences très instructives sur l'attraction et la répulsion que deux de ces conducteurs, dont l'un est suspendu et mobile, exercent l'un sur l'autre et trouvé la clé des expériences d'Oersted.

La réunion de ces deux illustres Physiciens ammena la découverte la plus importante pour le moment, la méthode de changer très facilement tout fil de fer ou d'acier en aimant par l'action de la pile.

Mr. de L. Donnez nous vîte cette méthode. Tout ce que nous venons d'apprendre sur les rélations du magnétisme à l'électricité me semble miraculeux.

Mr. de P. On contourne tout simplement la partie du milieu du conducteur, qui réunit les deux pôles de la pile, en spirale, comme les pas de vis, et on pose un fil de fer ou d'acier dans cette spirale. Au bout d'une minute ou deux l'opération est faite. On retire ce fil de fer; on le suspend par son milieu à un fil de cocon de soye, et l'on observe aisément qu'il est attiré par un morceau de fer non aimanté, et que, si on présente à chacun de ses bouts les pôles d'une aiguille aimantée, ces bouts en sont attirés ou repoussés, comme cela a lieu entre deux aiguilles aimantées.

Mais ce qu'il est très important de savoir, c'est que cette aimantation du fer ou de l'acier a encore lieu lors que qu'on place ce fil dans un tube de papier, de carte ou de verre, de sorte qu'il ne touche pas le conducteur de la pile.

Mde de L. Mais comment cela est-il possible, l'électricité de la pile ne pouvant traverser le verre?

Mr. de P. Permettez moi de remettre cette réflexion à un autre moment pour ajouter une nouvelle surprise que je destine à monsieur de T. Vous savez, monsieur, par expérience, que nous avons deux espèces de vis rélativement à la direction des pas ou des filets. Dans les unes, et ce sont les plus ordinaires, le filet avance de droite à gauche et dans les autres il va de gauche à droite. Eh bien! Si l'on contourne le même conducteur dans une de ses parties d'une manière et dans l'autre de l'autre, et qu'on mette dans chacune un fil de fer, on aura deux aimants à la fois, mais les pôles de l'un auront une situation opposée à celle des pôles de l'autre.

Mr. de R. Cela est incroyable!

Mr. de T. Ainsi la direction des courants électriques autour du fil, à qui l'on veut donner la vertu magnétique, détermine la position des pôles de l'aimant qui se forme. Assurément cette expérience doit être un trait de lumière dans l'obscurité de ces phénomènes surprenants.

Mr. de P. Que notre étonnement ne nous fasse pas oublier une autre découverte dans le même champ, que nous devons à Erman. Cet excellent Physicien a renversé la question qui nous occupe à présent. On avoit observé les effets de l'Electricité sur la vertu magnétique; lui a observé ceux du magnétisme sur l'électricité de la pile. Je prends le crayon; voici son appareil. AB (fig. 63) est nn gobelet de cuivre, argent ou platine, placé dans un morceau de carton EF, découpé à cet effet et dont vous voyez le plan dans la seconde figure (fig. 64). Ce carton est à son milieu de forme circulaire DG et a un trou assez grand pour recevoir le gobelet AB. Ce cercle de carton a deux bandes ED et GF, chacune d'environ 7 pouces de longueur. On le suspend au moyen de quatre fils de métal op, op à un seul fil de métal extrêmement fin pq, de sorte qu'il puisse se mouvoir horizontalement avec la plus grande facilité.

Le jeune de L. C'est une espèce de balance de torsion.

Mr. de P. Assurement. Mettez à présent au fond du gobelet un verre de montre et sur ce verre un cylindre C de Zink; ce verre sert à isoler le cylindre de Zink dans le gobelet. On fixe à présent à la partie

supérieure du Zink un fil de métal quelconque abcdfge qui touche parfaitement la surface extérieure du gobelet par son bout e.

L'appareil ainsi préparé, l'on observe, comme cela est facile à prévoir, que toutes les positions horizontales lui sont indifférentes, et qu'il se tient de lui-même à celle qu'on lui donne en tournant le fils de métal pq sur son point de suspension. Supposons, pour nous orienter, que nous l'ayons placé dans la position du Sud au Nord, et versons à présent dans le gobelet de l'acide sulfurique délayé de 60 parties d'eau, et nous aurons l'élément de la pile de Volta, c. à. d. l'oxidation du Zink, qui produira les deux électricités, dont la négative s'écoulera le long de abcd et la positive le long de egf; elles se réunissent et se neutralisent au milieu de df.

Voilà l'appareil placé et chargé. Approchons à présent le pôle Nord d'un fort aimant du bout F de cette balance de torsion, et nous verrons sur le champ ce bout marcher à l'Ouest, que le pôle de l'aimant soit à l'Est ou l'Ouest de F. Si on présente le pôle Sud de l'aimant à ce point F, soit du côte de l'Est, soit du côté de l'Ouest, le point F se tournera à l'Est. Si l'on suit ces mouvemens avec l'aimant, on peut faire faire à la balance de torsion un tour entier et plus. Le bout opposé E de la balance, soumis de la même manière à l'action de l'aimant, se tournera de même, mais dans les sens opposés. Enfin si l'on place le pôle de l'aimant sous le bras FG ou ED, entre F et f, ou entre E et d, la balance se mettra de nouveau en mouvement, mais dans le sens opposé à ceux qui avoient lieu sous

les mêmes conditions. La direction sera vers l'Est si elle étoit auparavant vers l'Ouest.

Mr. de R. Vraiment! il ne faut plus s'étonner de rien. Au reste ces phénomènes d'Erman fournissent un accord parfait avec ceux d'Oersted et prouvent bien la réciprocité des éffets du magnétisme et de l'Electricité. Mais que dit la théorie à tout cela?

Mr. de P. Beaucoup, eu égard au court espace de tems dans le quel on a fait les découvertes que je viens de vous décrire. Car depuis la publication des expériences d'Oersted jusqu'à celles d'Erman il s'est écoulé à peine 6 mois, et la théorie a marché du même pas avec les expériences. On avoit depuis longtems observé certaines analogies entre l'Electricité et le Magnétisme, analogies qui sautent aux yeux et avoient déja engagé quelques Physiciens à admettre l'identité de ces deux genres de phénomènes. Mais on s'étoit eu vain efforcé de donner de la polarité à des aiguilles chargées d'électricité de même qu'à construire des piles électriques permanentes. Le seule expérience qui paroissoit indiquer une rélation intime entre le Magnétisme et l'Electricité, consiste en ce que, lorsqu'on décharge une batterie électrique au travers d'une barre de fer, c. à d. perpendiculairement à sa longueur, cette barre devenoit magnétique. Mais comme on connoissoit déja alors des moyens purement mécaniques d'aimanter une barre de fer, sans y employer un autre aimant, on attribuoit cet effet de l'électricité au trémoussement causé par la violence de la décharge.

Mde. de L. Je m'étonne qu'on puisse faire des ai-

ments sans d'autres aimants et sans Electricité. En quoi consistent ces moyens?

Mr. de P. Ce sont des moyens purement mécaniques, tels que le frottement, le choc, des vibrations, et puis ..... rien du tout.

Mde. de L. Comment? rien du tout? Est-ce là aussi un moyen de faire un aimant?

Mr. de P. Oui, madame, au pied de la lettre. Ce rien du tout consiste à placer la barre ou le fil de fer qu'on veut aimanter dans une situation parallèle à l'axe de l'aimant de la terre, c. à. d. parallèle en même tems à la position de la boussole et de l'aiguille d'inclinaison, sans au reste y toucher, sans le frotter ni le frapper, ni le faire vibrer, ni l'électriser. En très peu de tems ce fer est un aimant, foible à la vérité, mais qui a ses deux pôles aussi bien que le plus fort aimant. Placé dans la position que j'ai eu l'honneur de vous décrire, si on frappe le morceau de fer, il deviendra sur le champ un aimant et plus énergique que si on ne l'avoit pas frappé; de même si on le frotte sur sa longueur et dans le même sens avec un autre morceau de fer. Si l'on saisit un fil de fer par un de ses bouts et qu'on le fasse vibrer dans le sens de l'aiguille aimantée en courbant l'autre bout, le fil de fer devient également un aimant.

Mde. de L. Tout cela est bien curieux et doit intéresser monsieur de T. qui voit sa bonne amie, la Mécanique, enfanter ces prodiges.

Mr. de T. Je crains fort que la Mécanique n'en ait pas seule l'honneur.

Mr. de P. En effet: car si l'on place le bâton ou le fil de fer dans une situation parallèle à l'équateur magnétique ou perpendiculaire au plan du méridien magnétique, la Mécanique, n'est plus en état de le magnétiser, mais même un aimant, fait de la manière décrite, devient un simple morceau de fer, si on le choque, ou le frotte ou le fait vibrer dans cette dernière position; et si c'est un aimant plus fort qu'on traite de cette manière, il perd de sa vertu par chacune de ces opérations. C'est donc au Magnétisme de la Terre que nous devons les aimants faits de la sorte et l'on se persuade aisément que ces opérations mécaniques ne favorisent l'aimantation qu'en tant qu'elles opèrent des vibrations dans les particules du fer qui donnent lieu au grand courant magnétique de mettre en état de distribution le + M et le — M combinés dans ce métal. Il en est de même d'un autre procédé, qui consiste à chauffer jusqu'au rouge une barre de fer et à la tremper subitement et dans une direction verticale, ou mieux encore, dans une direction parallèle à l'axe magnétique la Terre dans l'eau froide. Le réfroidissement subit produit les vibrations nécessaires à l'aimantation.

Le Comte C. Mais à quoi attribuerons-nous l'aimantation causée par la décharge d'une batterie électrique autravers d'une barre de fer dans le sens de sa largeur? Sera-ce à l'Electricité ou à la Mécanique?

Mr. de P. Peut-être à l'une et l'autre; mais ce qu'il y a de très sur, c'est que ce phénomène range dans la classe de ceux que je viens de décrire. Le Physicien écossois Scoresby à n'aguères prouvé que, lorsque

la barre de fer se trouve dans une position parallèle à l'axe de l'aimant terrestre, elle obtient un plus grand degré de vertu magnétique que dans toute autre, et que lorsqu'elle est dans une position parallèle à l'Equateur magnétique, la décharge électrique ne lui communique point du tout cette vertu.

Mais ce qui prouve bien que c'est le Magnétisme de la Terre qui produit tous ces effets, c'est la position des pôles de ces aimants artificiels; car leur pôle-sud est constamment celui dont le bout se tourne vers le pole magnétique boréal de la terre et le pôle-nord vers le pôle austral.

Mde. de L. Vous paroissez, monsieur de P., oublier la promesse que vous avez faite à monsieur de R., de nous instruire des progrès que la théorie a faits par la découverte d'Oersted.

Mr. de P. Pardon, Madame; j'ai dû vous ofrir les faits que je viens de décrire, pour vous faire sentir que les phénomènes magnétiques produits par l'électricité de la pile n'ont rien de commun avec ceux-là. Dans le phénomène d'Oersted on place, à la vérité, le conducteur de la pile dans la direction du méridien magnétique; mais c'est uniquement pour lui donner une direction parallèle à celle de l'aiguille aimantée; car le phénomène d'Erman, l'inverse de celui d'Oersted, a lieu dans quelque position que se trouve le levier de sa balance de torsion et l'aimant qui le fait mouvoir.

Voici en abrégé la théorie d'Ampère.

Lorsque les deux extrémités de la pile de Volta

sont jointes par un conducteur commun, il s'établit non seulement un courant de + E et un de — E dans ce conducteur, mais ces deux courans existent également dans la pile, et l'on doit se représenter l'un, le positif, comme commençant en A (fig. 62) à l'extrémité négative de la pile et prolongé le long de la pile vers l'extrémité positive B, et d'ici le long du conducteur, et l'autre (le négatif) comme commençant à l'extrémité positive B et faisant sa course dans le sens opposé au premier.

Imaginez deux appareils comme celui d'Oersted, mais dont l'un a son conducteur placé parallèlement à celui de l'autre et près de lui, mais de sorte que, suspendu sur des pointes très fines, il puisse s'avancer ou s'éloigner du conducteur fixe D G. Si les courants électriques du conducteur fixe et ceux du conducteur mobile se meuvent dans le même sens, alors le conducteur mobile s'approche du conducteur fixe; mais si les courants se meuvent en sens contraire (ce qu'on effectue en retournant l'une des deux piles), alors le conducteur mobile s'éloigne du conducteur fixe.

Lors qu'on dispose le conducteur mobile de sorte qu'il puisse se tourner horizontalement sur un axe et qu'on fait passer sur sa longueur les courants électriques, de même que sur celle d'un conducteur fixe, alors le conducteur mobile se tourne et prend une direction telle que ses courans soient parallèles à ceux du conducteur fixe.

Si, au lieu du conducteur mobile de cette expérience, on emploie une aiguille aimantée, sans la mettre en communication avec une pile de Volta, l'aiguille

obéit à l'action des courants électriques, ce qui est prouvé non seulement par l'expérience d'Oersted, mais encore par une autre expérience d'Ampère, par la quelle il fait voir qu'une aiguille aimantée, placée dans une position où elle est soustraite à l'influence du magnétisme terrestre, se place dans la direction du conducteur qui porte les courans électriques.

Le Comte B. Dans quelle position l'aiguille aimantée peut-elle se soustraire à l'influence du magnétisme terrestre?

Mr. de P. Dans celle où l'axe autour du quel elle se tourne, est dans le plan du méridien magnétique et paralléle à la direction de l'inclinaison, et où par-conséquent la droite, qui joint les deux pôles de l'aiguille, fait toujours un angle droit avec la direction de l'inclinaison lorsque l'aiguille se tourne. Car alors le magnétisme de la terre agit sur les deux branches de l'aiguille aimantée avec la même force et ne sollicite par conséquent pas l'aiguille à se placer dans une certaine position plutôt que dans une autre.

Ampère avoit conclu de ses expériences et de celles d'Oersted que le fluide magnétique de l'aiguille aimantée se meut circulairement autour de l'aiguille, de sorte que ses directions sont perpendiculaires à la ligne tirée d'un pôle à l'autre, en quelque sorte comme des filets de vis très serrés, ou comme un fil qu'on tourneroit autour de l'aiguille.*) En effet cette hypothèse

*) Oersted avoit déja admis ce mouvement spiral comme principe des phénomènes qu'il avoit observés.

seule peut expliquer les phénomènes de l'influence du conducteur de la pile sur l'aiguille aimantée dans toutes les positions de celui-ci que je vous ai nommées. Et c'est sur ce principe que Ampére prédit qu'on changeroit une aiguille d'acier en aiguille aimantée par l'action du courant électrique conduit en spirale autour de l'aiguille.

Mr. de L. Cette prédiction me charme.

Mr. de P. Ampère conlut de tous ces faits que le courant magnétique de l'aimant est le même que le courant électrique du conducteur qui joint les extrémités de la pile; et voici le raisonnement sur le quel il appuie cette partie de sa théorie:

On savoit déja depuis longtems que le Magnétisme et l'Electricité offrent, chacun dans sa sphère, des phénomènes d'attraction et de répulsion tout-a-fait analogues à ceux de l'autre; les nouvelles découvertes prouvent que l'électricité agit sur le magnétisme et le magnétisme sur l'électricité, comme l'électricïté sur l'électricité et le magnétisme sur le magnétisme. Donc l'Electricité et le Magnétisme, sont, quant à la substance, homogènes, *le fluide électrique le méme que le fluide Magnétique.*

Mr. de L. Voilà une superbe déconverte! Mais ne seroit-elle un pas peu hazardéé?

Mr. de P. Ampère provoque en ceci à l'électricité galvanique. Volta prouva non seulement que les E. de la pile se comportent entre eux précisément comme les E. de la machine électrique, mais en outre que + E ou — E de la pile agissent sur † E ou — E de la

machine, et à l'inverse, comme le + E ou — E de la machine sur eux-mêmes, et conclut de là avec tous les Physiciens que les phénomènes de la machine électrique et de la pile sont identiques, et Ampère prétend par là qu'il a le droit de faire la même conclusion pour les phénomènes électriques et magnétiques.

Mr. de G. Et je ne vois pas ce qui pourroit l'en empêcher.

Mr. de P. Une bagatelle, à ce que je crois. Volte (et d'autres Physiciens après lui) ne s'est pas contenté de la preuve citée pour l'identité des phénomènes de la pile et de l'électricité par frottement; mais on a prouvé en outre que les conducteurs et les isolateurs de l'électricité par frottement sont aussi ceux de l'électricité de la pile; et nous avons de plus trouvé que l'origine des deux électricités est la même, c. à. d. l'oxidation de substances oxidables. Or il est bien prouvé que le Magnétisme n'a que trois isolateurs, le fer, le cobalt et le nikel, tous les autres métaux et tous les corps connus, l'air, la résine, le verre etc. lui servant de conducteurs, tandis que l'Electricité reconnoit le fer, le cobalt et le nikel comme de très bons conducteurs, et le verre, la résine, l'air etc. comme ses plus forts isolateurs. Le Magnétisme en outre n'offre aucun des phénomènes chimiquas que l'Electricité produit.

Ampère applique sa théorie au Magnétisme de la terre. Il admet que les masses, dont notre globe est composé, forment une pile voltaïque, fermée par ses

deux bouts, et que le courant électrique va de l'Ouest à l'Est, ou plutôt perpendiculairement à la direction de l'aiguille d'inclinaison, et parconséquent parallèle au courant magnétique qui circule autour de l'aiguille aimantée; ce qui fait que cette aiguille, abandonnée à elle-même, ne se tient en repos que dans la position que nous nommons la direction magnétique, conformément aux expériences que je vous ai décrites tout-à-l'heure.

Mr. de V. J'admire la grande sagacité de l'auteur de cette hypothèse; mais l'hypothèse me semble plus que hazardée.

Mde. de L. En effet il me paroit très difficile de concevoir un courant qui, faisant sa révolution autour d'un certain axe, peut prendre les positions nécessaires pour produire les inclinaisons et les déclinaisons que l'aiguille aimantée nous offre sous différentes latitudes, du Pôle magnétique jusqu'à l'Equateur.

Enfin le célèbre auteur de cette hypothèse admet, pour les irrégularités des phénomènes magnétiques, que la pile de Volta n'agit pas seulement par le contact des corps hétérogènes (en France on est encore voltaïcien à cet égard) mais que les procès chimiques dans l'intérieur de la Terre développent aussi l'électricité à la quelle on doit ces anomalies. La postérité, mieux instruite que nous, jugera du mérite du système d'Ampère; pour nous, nous nous contenterons d'honorer la grande sagacité de son auteur, sans souscrire en tout point à ce système.

Mde. de L. Que faites-vous, monsieur de R.? Vous êtes tout rêveur?

Mr. de R. Le sublime Volta vit-il encore?

Mr. de P. Assurément, au gré de tous les Physiciens.

Mr. de R. Eh bien! Tous les Physiciens vivants devroient se réunir pour offrir à leur Patriarche une couronne d'or en recompense de l'invention de la *pile* qui non seulement a répandu tant de lumière sur les les phénomènes électriques et la Chimie, mais aussi a dévoilé le secret du Magnétisme, secret qui, sans cette invention divine, nous seroit resté éternellement caché.

Mr. de P. J'y contribuerai volontiers pour ma part, et croyez que tous les Physiciens ont été charmés que Volta soit encore témoin de ce surcroit de gloire que la nouvelle découverte d'Oersted lui décerne.

Je ne puis terminer plus dignement la série des phénomènes du Magnétisme, et en même tems toute la Physique théorique, que par cette effusion de l'enthousiasme de Monsieur de R.

Si vous jettez un coup-d'oeil général sur la science que nous avons traitée, vous verrez que les corps

se partagent en deux grandes classes, celle de la *matière pondérable* et celle de la *matière impondérable*, dont la première a pour caractère principal la pesanteur et l'autre la radiation. Elles ressortent toutes deux du tribunal de l'affinité qui, seule, sait les réunir et les fait agir réciproquement l'une sur l'autre. C'est à ces actions réciproques que nous devons tous les phénomènes qui ne sont pas purement mécaniques; et comme vous avez eu plus d'une fois l'occasion de voir que la Mécanique s'allie à la Chimie, vous jugerez aisément qu'il existe un lien général, un accord parfait, entre tous les genres de phénomènes et entre toutes les branches de notre science.

En fait d'inpondérables nous connoissons le calorique et les luminiques, qui nous offrent les phénomènes, infiniment variés et souvent si surprenants, de la chaleur, de la lumière, des couleurs et de l'Electricité. Ce sont eux qui, par la magie des changemens de forme, composent et décomposent les corps, favorisent ou combattent leurs affinités et offrent, à l'esprit aussi bien qu'à l'oeil, mille prestiges que la Science seule peut dévoiler et comprendre. Leur empire s'étend sur tous les règnes de la Nature; ce sont eux qui impriment le mouvement aux atômes de la matière brute, commandent les phénomènes de notre atmosphère, ordonnent la structure infiniment délicate des cristaux, produisent et arrêtent les fermentations, et donnent la vie aux plantes et aux animaux.

J'ai tâché de vous conduire, madame et vous messieurs, jusqu'aux limites de notre Science dans chacune de ses branches, ne m'arrêtant que là où l'hypo-

thèse légitime nous abandonne, et j'aurai rempli mon but, si l'esquisse que je vous ai tracée de l'étude de la Nature, en vous offrant la suite des progrès de l'esprit humain dans la Physique, vous persuade que, plus nous avançons dans cette carrière, plus elle augmente d'étendue. Cette étude est comme une surface circulaire, partagée en différents champs par autant de rayons, et du centre de la quelle nous sommes partis; plus nous avançons vers la circonférence infiniment éloignée de ce cercle immense, plus nous voyons chaque champ s'élargir et provoquer notre zèle et notre sagacité. Mais gardons nous, occupés de nouvelles recherches, de supposer dans cette surface circulaire des centres particuliers, c. à. d. d'imaginer des hypothèses qui ne partent pas du centre général; ce qui nous méneroit infailliblement à l'erreur ou a l'obscurité. Les fastes de la Physique ne nous en offrent que trop d'exemples. Abstenons nous de même de croire qu'il soit possible d'avancer dans un de ces champs sans avoir cultivé tous les autres. Les sept grands chapitres, dont la Physique théorique se compose, sont comme les sept champs de l'image prismatique. Nulle part des limites decidées; partout des nuances imperceptibles d'une couleur a l'autre. et, là comme ici, ce n'est que de la réunion complette de tous ces champs colorés que nait la lumière pure. Toute hypothèse, qui ne dérive pas de l'acord de toutes les lois naturelles, n'est pas vraie, comme toute lumière n'est pas pure qui ne contient pas toutes les couleurs dans leurs justes proportions.

Mde. de L. J'ai souvent autre fois entendu par-

ler de l'accord sublime qui règne dans toutes les opérations de la Nature, de l'immensité de ses productions et de l'intelligence infinie du Créateur; mais ce n'est qu'a présent que je sens toute la force de ces expressions.

Mr. de G. Non, madame. Permettez moi de vous dire que ni vous, ni nous tous, ni même l'ami excellent qui nous a initiés dans l'étude de la Nature, n'en pouvons encore sentir toute la force. Chaque génération ajoutera à ce sentiment sublime en proportion des progrès qu'elle fera, et l'homme n'atteindra jamais la dernière hauteur à la qu'elle il peut s'élever. Dieu puissant! Intelligence suprême! Père de tous les êtres doués de sentiment! Dispose nos coeurs à regarder la Nature comme ton temple. Fais de notre étude une admiration toujours renouvellée et toujours croissante, de la connoisance de tes oeuvres et de tes bienfaits une adoration continue et une reconnoissance sans bornes que le mortel ne pourra jamais t'offrir qu'imparfaitement.

Le Comte C. L'histoire naturelle nous offre un nombre infini d'objets qui ravissent l'imagination et nous font admirer le Créateur. Mais cette admiration est comme celle de l'enfant ou du sauvage à l'aspect de mille choses qu'il ne comprend pas. La Physique, au contraire, nous introduit dans le sanctuaire de la Nature, où la Divinité nous révèle les lois simples et immuables qu'Elle a données à la matière, nous fait entrevoir l'immense variété des applications de ces lois à notre bien-être. La Physique met l'homme à sa

vraie place. Les progrès qu'il a faits nous rappellent sa dignité ; les progrès infiniment supérieurs, qu'il a encore à faire, nous font sentir la foiblesse de sa vue, et le tableau entier de la nature lui prêche hautement sa dépendance du Créateur.

PHYSIQUE APPLIQUÉE.

PHYSIQUE APPLIQUÉE.

QUATREVINGT TREIZIÈME ENTRETIEN.

INTRODUCTION.

Mr. *de P.* Nous avons terminé la Physique théorique. Là nous nous trouvions dans le laboratoire du Phycien et du Chimiste, occupés à découvrir par la voie des expériences les lois de la Nature, ces lois immuables qui président à tous les phénomènes de la matière. A présent nous quittons ce laboratoire étroit pour le laboratoire immense de la Nature où nous ne marcherons qu'à l'aide de l'observation, les expériences nous étant ici impossibles, soit à cause de l'immensité des masses et des distances, soit par ce qu'il n'est pas au pouvoir de l'homme de répéter les phénomènes, les causes particulières étant si peu à sa disposition que souvent il ne les connoit pas.

Mde. de L. Que je suis charmée que nous entrions enfin sur le domaine propre de la Nature! C'est un vrai Sanctuaire, où la Divinité opère immédiate-

ment ces prodiges toujours renouvellés que l'oeil vulgaire ne voit pas, que l'oreille de l'homme ordinaire n'entent pas, mais où la Science ose pénétrer.

Mr. de P. Oui, madame, cette seconde partie de la Physique vous offrira les fruits de la première. C'est elle qui unit le Physicien le plus étroitement avec la Nature, qui l'oriente partout, sur quelque point de la terre où il se trouve, dans quelque contrée du Ciel où son imagination le transporte. Là, où l'ignorance ne voit que des énigmes ou même des objets de terreur, le Physicien se trouve comme chez lui. Entouré de montagnes ou de l'Océan, dans la région de la foudre ou près d'un volcan en éruption, il observe, médite, calcule, avec un calme, une pénétration, qui annonce en lui le Roi de la Nature. Le seul mouvement de son âme est l'adoration de l'Etre suprême à qui il doit non seulement ces merveilles mais aussi son entendement qui ose en tenter l'explication.

Mais tout en nous livrant d'avance au plaisir dont nous jouïrons, n'oublions pas que la Physique théorique est le parvis de ce sanctuaire, que c'est elle qui nous donne la règle, la compas, la balance, le coup-d'oeil même, pour mesurer les dimensions, saisir les proportions et concevoir l'ensemble de l'édifice majestueux de la Nature.

Mr. de V. Vous disiez tout à l'heure, monsieur de P., que les expériences nous abandonneront dans cette nouvelle partie de la Physique. Sur quoi reposeront donc les vérités que vous allez nous offrir?

Mr. de P. Aussi ne vous offrirai-je que des hy-

pothèses, la vérité physique ne pouvant, comme je vous l'ai dit dans notre premier entretien, naitre que des expériences. Mais le Physicien base ces hypothèses sur les vérités qu'il a découvertes dans la Théorie et leur donne par là un degré de vraisemblance qui satisfait l'esprit le plus scrupuleux.

Mr. de L. Ainsi nous sommes hors de la sphère de la certitude physique. Cela est fâcheux. Je ne déprime sûrement pas l'hypotèse; mais je voudrois qu'elle ne parût que rarement et au défaut de la vérité physique. Je doute que je puisse trouver de la satisfaction à une science qui ne se compose que d'hypothèses.

Mr. de P. Etes-vous, Général, satisfait de l'Astronomie?

Mr. de L. L'Astronomie n'a rien de commun avec l'hypothèse. Là tout est calculé avec une précision qui ne laisse rien à désirer.

Mr. de P. Mais vous avouerez pourtant que le calcul n'est pas de la Physique, que l'Astronomie ne peut pas être un simple amas de formules algébriques, et qu'il lui faut non seulement l'observation physique pour baser le calcul, mais aussi une loi sur la quelle l'application se fasse. Eh bien cette loi, d'après la quelle nous calculons les masses, les distances, les mouvemens des corps célestes, c'est la loi de la gravitation, la loi de l'inverse du carré des distances. Et cette loi, la connoissons-nous autrement que par l'observation? Pouvons-nous arrêter une planète dans son orbite ou lui donner seulement une moindre vitesse ou une autre direction, pour observer les suites de ce

changement? Et cela seroit cependant nécessaire pour élever la loi de Newton à la dignité d'une verité théorique. Les phénomènes de la gravitation à la surface de la terre ne nous ont appris que l'accélération des corps tombants d'une très petite hauteur, et j'aurai occasion de vous dire à la suite que les expériences faites avec le pendule à de grandes hauteurs au dessus du niveau de la mer pour observer les effets de la gravitation, n'ont pas fourni les résultats qu'on en attendoit d'après la loi de Newton.

Le Comte C. Cela ne m'étonne pas peu.

Mr. de P. Et cependant nous croyons à cette loi; l'esprit humain est satisfait des preuves que l'Astronomie en a fournies dans l'accord absolu et jamais démenti de cette loi avec le mouvement des astres. Ainsi vous voyez, Genéral, que l'analogie seule peut suffire à l'entendement humain, et l'hypothèse est réputée pour vraie, lorsqu'elle explique le phénomène dans toutes ses parties, sans heurter une seule loi de la Nature. Cet accord parfait de l'explication avec le phénomène saitsfait notre esprit par tout où la preuve complette est impossible.

Mde. de L. Quant à moi, je me contenterai de l'hypothèse. Il me suffit d'entrevoir comment la Nature agit, sûre d'ailleurs que nous ne la comprendrons jamais en entier.

Mr. de P. Entrons donc en matière et désignons d'abord en grand les objets que nous aurons à traiter. Nous commencerons par notre terre, le sol qui nous a vus naitre, qui nous nourrit, qui nous offre les premiers objets d'instruction. Nous avons beaucoup de

connoissances détachées sur notre globe et les phénomènes qu'il nous offre. Nous allons les rassembler, les lier entre elles et tâcher de remplir les lacunes, pour faire de ces connoissances un corps de science à part sous le titre de *Physique de la Terre*, où notre globe sera considéré en quelque sorte comme un individu sous tous ses rapports, excepté ceux qui tiennent à l'Astronomie. De là nous nous élèverons aux Astres, au nombre des quels nous devons compter notre Terre elle-même, mais que nous compterions à peine, que même nous n'apercevrions peut-être pas, si elle n'étoit notre demeure, le siège de notre existence physique et morale.

Le Comte C. Le siège de notre existence physique et morale! Cela me rappelle l'histoire civile, qui attire d'ordinaire bien plus que l'histoire de la Nature. J'ai lû l'histoire de l'homme; j'ai dû l'étudier pour mon état. Là les scènes où nous voyons si souvent l'innocence opprimée et le crime triomphant, navrent notre âme et déchirent notre coeur. Là règnent le désordre, la discordance, l'instabilité dans ce tissu de petitesses, de folies et de superstitions. L'histoire de la nature nous offre un spectacle bien différent: ici tout est grand, tout est dans une harmonie et dans un ordre merveilleux, partout on n'aperçoit que des vérités éternelles et des lois immuables; ses tableaux sublimes élèvent notre esprit et n'affligent jamais notre âme; toutes ses pages excitent l'intérêt du vrai philosophe et commandent son admination. *)

*) Ce passage est copié d'un excellent auteur très moderne sur la Géognosie.

Mr. de P. Cette opinion, monsieur le Comte, vous est commune avec tous les Physiciens et Naturalistes; cependant j'ose dire qu'elle est erronnée, et c'est précisément la Géognosie (la connoissance de la structure intérieure et extérieure de notre globe) qui nous en fournit les plus fortes preuves. Nulle part nous ne trouverons de l'harmonie ou de la symmétrie dans la distribution des masses; jettez un corps-d'oeil sur la carte du globe, et vous y verrez les continents et les isles dipersés sur l'océan comme des lambeaux déchirés, sans aucun ordre, ni pour la position géographique, ni même pour l'équilibre. Nous aurons bientôt l'occasion de nous convaincre que la figure même de la terre en grand n'est nullement régulière; et les chaines de montagnes traversent les continens sous toutes les directions et avec la plus grande irrégularité imaginable. Les couches de rochers, de grès et de terres, qui composent l'écorce de notre globe, n'offrent également pas cette symmétrie intérieure, que l'on a supposée longtems et que bien des Naturalistes supposent encore; nous y trouvons au contraire tout autant d'exeptions aux systèmes que l'on a imaginés que d'exemples cités pour le système. Et cela doit être ainsi en vertu d'une loi de la Nature toute aussi générale que les autres, *la loi de la variété.* La Nature agit, il est vrai, constament selon les lois immuables de la Physique, mais avec la plus grande variété et liberté, qui ne se laisse pas circonscrire dans les limites étroites d'une symmétrie mesquine. Ce n'est pas un jardin construit au cordeau comme ceux du despote Louis XIV, où l'on voit le tout lorsque l'on en a vu petite partie, mais un

parc immense où chaque pas nous découvre un nouveau site, une nouvelle beauté. Ce n'est que dans l'organisation animale que la Nature s'est assujettie à une certaine symmétrie, par ce qu'ici la liberté et la volonté de l'individu reproduisent la variété par le mouvement et prouvent si bien la liberté de la Nature que nous ne pouvons regarder ici la symmétrie que comme un effet de la loi du beau. Si les masses immobiles de nos montagnes étoient assujetties à la symmétrie, elles n'offriroient qu'un aspect hideux, ne réveilleroient que l'idée d'une éternelle mort. Le manque de symmétrie dans la nature vivante, dans ces corps toujours actifs, toujours en mouvement, donneroit par contre l'idée du désordre, idée qui répugne à celle d'un esprit qui anime ces corps. L'irrégularité vivifie la Nature morte; la symmétrie met de l'ordre dans la nature vivante.

Tournez la vue vers le ciel et vous y découvrirez au premier coup-d'oeil le même principe. La voûte azurée ressemble-t-elle à la coupole de St Pierre de Rome divisée en compartiments réguliers, ornés de rosettes égales et semblables? Rien moins que cela. Tout y est varié; ici un amas d'étoiles entassées pour ainsi dire les uns près des autres; là une bande immense et irrégulière de lumière douce (la voye lactée) qui se compose de la lumière de millions de soleils; plus loin un champ presque aride, mais où quelques étoiles de la première grandeur brillent d'un éclat qui obscurcit presque celui des autres. Si nous considérons notre système planétaire, nous y trouvons un nombre impaire de planètes et plus de 200 comètes qui toutes diffé-

rent par leur grandeur, par leur distance au soleil, par leur vîtesse, par la couleur de leur lumière et même par la nature de leur masse; et, pour surcroit d'irégularité, les unes n'ont point de satellites, les autres en ont plusieurs, et Saturne en outre nous offre un anneau énigmatique que nous ne trouvons nulle part dans l'univers connu.

Ainsi consolez vous, mon cher Comte, des irrégularités qu'offre l'histoire de l'homme. L'histoire de la nature physique nous les offre également, par ce que la régularité n'est et ne peut être que l'appanage d'un être borné dans ses productions; nos batimens sont symmétriques par raison de notre foiblesse; tout ce que nous faisons est petit et ne peut avoir d'attrait que par la régularité. Ce que l'Etre suprême fait est grand et n'a pas besoin de ce petit secours pour pour plaire et commander à notre imagination. Si les pages de l'histoire civile sont couvertes de petitesses, de folies, de désordres, de superstitions, de crimes et de malheurs, n'oubliez pas que l'histoire de l'homme, si elle existoit, cette histoire qui observe le particulier dans sa famille avec ses proches et ses amis, nous offriroit un amas de vertus et de bonheur qui surpasseroit infiniment les maux dont l'histoire civile se plait, pour ainsi dire, à gonfler ses annales.

Mde. de L. Je suis impatiente de savoir quels sont les objets que vous traiterez dans Physique de la Terre. Veuillez, monsieur de P., nous les nommer.

Mr. de P. Volontiers, madame, quoique ce ne soit pas ma manière dans nos entretiens; mais votre

voeu est ma loi. D'abord nous considèrerons notre notre Terre en entier rélativement à sa figure, à sa grandeur et aux phénomènes généraux de sa pesanteur. De là nous examinerons sa surface, mais d'une manière générale qui ne fera que nous orienter pour les considérations particulières qui suivront. Cet examen concernera la distribution des continents et des mers, la position des chaines de montagnes, les volcans si terribles par leurs ravages, les cavernes que la Nature a creusées sous nos pieds.

Ces connoissances générales nous étant données, nous entrerons dans la considération particulière des grandes masses qui forment la surface de notre globe, des phénomènes que nous offrent les montagnes et les volcans, des eaux des sources, des fleuves et des lacs et de l'océan. Puis nous nous élèverons dans l'atmosphère pour y observer les météores de toute espèce, en rechercher la cause ou l'origine et leurs rélations avec les eaux de la mer et des continents

Ayant ainsi parcouru et expliqué autant que possible tout ce que la surface de la terre nous offre, nous tâcherons de pénétrer dans son intérieur. Pour cet effet nous accompagnerons le Géognoste dans ses courses sur les montagnes et dans les vallées, dans les cavernes et dans les mines, afin d'apprendre de lui à connoitre la nature des rochers qui composent l'écorce de notre globe et leur position rélative, les suites de ces différentes masses entassées les unes sur les autres, leur gisement, leur inclinaison, la direction des couches vers différentes plages, leurs crevasses et leur structure particulière.

Enfin nous sortirons de la Physique qui décrit et explique les phénomènes actuels de la Terre, pour nous jetter tout entier dans le domaine absolu de l'imagination, en essayant d'esquisser sur les connoissances que nous avons puisées dans la Géognosie les traits d'un tableau plus attrayant que tous les précédents, celui des opérations gigantesques qui ont produit les masses dont l'écorce de la Terre est composée, les montagnes qui s'élèvent à sa surface, les vallées qui la sillonnent, les cavernes sur les abymes des quelles le continent est comme voûté, l'océan qui couvre les deux tiers du globe, et l'atmosphère qui l'enveloppe de toutes parts. Nous tâcherons d'expliquer comment il a pu se faire que les lois immuables, éternelles de la Physique et de la Chimie, qui tendent toujours à reproduire les mêmes élémens et une uniformité parfaite dans les phénomènes, ont cependant produit cette variété infinie des masses de notre Terre avec cette irrégularité qui fait l'admiration et souvent le désespoir du Physicien. Munis de tout ce que la Physique théorique et la Physique de la Terre nous ont fourni, nous ouvrirons les archives du tems, nous lirons ces documens antiques, inaltérables, que la Nature a posés et nous a entr'ouverts dans le sein des montagnes et de l'océan, comme pour nous inviter à faire ces recherches aussi grandes que curieuses.

Demain nous entrons en matière.

Physique de la terre.

Quatrevingt quatorzième entretien.

Mr. *de P.* La Terre est ronde, sphérique. Cette idée a été celle des plus grands Philosophes de l'Antiquité et de nos tems; et si la Philosophie du moyen âge, imitatrice servile de celle d'Aristote, s'est écartée en ce point des préceptes de son maitre, pour adopte l'opinion de quelques autres Philosophes, tels que Leucippe et Démocrite, que la terre est un disque immense; si cette Philosophie a séduit le Pape Alexandre VI à donner aux Portugais tout ce qu'ils découvriroient à l'Est et aux Espagnols tout ce qu'ils découvriroient à l'Ouest, c'est qu'il manqueroit une absurdité à une Philosophie qui les réunit toutes, qui vouloit même amalgamer les dogmes de notre Religion avec les opinions d'un Philosophe qui ne connoissoit pas le Judaïsme et qui vivoit 350 ans avant Jésus-Christ.

Je n'appuierai pas sur toutes les preuves de la figure sphérique de la Terre, telles que la figure circulaire de l'horizon apparent sur la surface de la mer, la vue des mâts des vaisseaux éloignés avant qu'on en voie

le corps, la figure circulaire de l'ombre de la terre sur la lune dans les éclipses de ce satellite de la Terre, les les voyages autour du monde dans toutes sortes de directions et dont nous avons déja plus de dix. Vous connoissez ces preuves dès votre enfance. Je me permettrai seulement d'en ajouter une à la quelle on a fait peu d'attention. Les voyages nombreux, faits sur mer et sur terre, nous ont fourni par des mesures terrestres et célestes les distances d'une infinité de points de la surface de la terre. Or nous ne pouvons dessiner ces points sous leurs vraies distances rélatives que sur une surface sphérique; ce qui nous a fourni le globe terrestre en petit. Si donc notre Terre n'avoit pas sensiblement cette figure, il est clair que ce dessein seroit impossible.

Mais toutes ces preuves le cèdent en force à celle que nous tirons de la loi de la gravitation. On prouve facilement que l'Océan, comme masse fluide et en vertu de la gravitation mutuelle de ses parties, ne peut prendre qu'une surface sphérique, dans la supposition que la terre fut immue; et nous verrons bientôt quel changement cette figure subit par la rotation. Or comme les pics les plus élevés des continents ne sont qu'à une très petite hauteur au dessus du niveau de la mer, comparée à la grandeur du rayon de l'océan, nous en inférons à juste titre que la figure de la terre entière est la sphérique et que les petites inégalités, que nous offrent les montagnes et les vallées, ne sont qu'accidentelles et ne dérogent point à cette figure.

La sphéricité de la Terre étant connue, l'on put

tenter la solution d'un grand problème, celui de mesurer la grandeur de la terre.

Mr. de R. Oui, ce problème est grand et fait honneur à l'esprit humain; car la terre doit paroitre et paroit à la vue bornée de l'homme, comme une masse immense, dont elle n'aperçoit et n'apercevra jamais les limites.

Mr. de P. Et cependant sa solution est extrèmement simple et n'exige que de très médiocres connoissances en Géométrie. Prenons le crayon. Soit ABH (Fig. 65) une coupe quelconque de la Terre qui passe par son centre C, et imaginons deux observateurs, l'un en A, l'autre en B, et que chacun d'eux observe précisément au même tems une étoile fixe quelconque E. Or comme toutes les étoiles fixes sont à une distance de la terre qu'on peut regarder comme infinie, les directions Ae et Aé, sous les quelles chacune d'elles paroit aux deux observateurs, pourront être regardées comme parfaitement parallèles entre elles et à une troisième droite CE que nous imaginons tirée du centre de la Terre à l'étoile observée. Supposons les deux rayons de la Terre CA et CB prolongés jusqu'en D et F, les directions AD et BF seront données; ce sont les lignes d'aplomb aux points A et B. Si donc chaque observateur a un instrument, au moyen du quel il puisse mesurer des angles avec exactitude, il est clair qu'on aura la mesure des angles DAe et DAé et parconséquent leur somme, que nous voulons supposer de 5 degrés. Or la Géometrie prouve très facilement que cette somme est précisé-

ment égale à l'angle ABC contenu entre les points d'observation A et B et le centre C de la terre. Cet angle sera donc de 5 degrés dans notre supposition. Si maintenant on mesure à la toise l'arc AB compris entre les deux points A et B, on saura la longueur d'un arc de la circonférence de la Terre qui équivaut à 5 degrés. Supposons cette longueur être de 285300 T, alors il nous sera facile de trouver la circonférence entière au moyen de la simple proportion suivante:

5 degrés : 360 degrés = 285300 Tois : 20·541600 Toises

dont le quatrième terme, calculé sur les trois premiers, nous fournit la grandeur cherchée. Cette circonférence nous donnera au moyen d'une autre proportion la longueur du diamètre de la Terre égal à environ 6·369000 toises. Tel est le résultat dû au célèbre Picard, qui mesura un degré du méridien entre Amiens et Malvoisine et fixe sa longueur à 57060 toises. Il avoit été précédé dans ce travail par Snellius, à qui nous devons la loi de la réfraction et par Muschenbroeck qui rectifia le travail de Snellius. Les anciens même avoient tenté la solution de ce problème, et il est presque inconcevable que Posidonius, qui n'avoit que de grossiers instrumens, ait trouvé la vraie longueur du degré jusqu'à quelques toises près; car il la fixe à 57083 toises. La vérité est que la distance des lieux d'observation, Rhode et Alexandrie, n'a jamais été mesurée mais qu'on l'estimoit à 5000 stades grecs d'après les cartes très imparfaites qu'on avoit alors, et que c'est parconséquent au hazard qu'on doit cette exactitude apparente.

Mde. de L. Il seroit fort heureux que le hazard nous servit toujours si bien.

Mr. de P. Cela ne seroit guères utile en Physique, par ce que nous ne pourrions pas nous fier à ces résultats. Vous allez, madame, sentir cela dans la solution du problème difficile que je vais avoir l'honneur de vous présenter.

Ce qui a été dit plus haut sur la sphéricité de la Terre, ne peut être qu'un grossier aperçu; car notre globe pourroit avoir une figure à la vérité ronde, mais qui différeroit cependant assez considérablement de la sphérique. La Physique de la Terre doit assigner à ce corps sa vraie figure.

Mde. de L. Mais pourquoi doute-t-on de la sphéricité de notre globe? Cette figure me paroit si parfaite et si naturelle.

Mr. de P. Par ce que l'Astronomie nous a appris que la Terre a un mouvement de révolution sur son axe, qui produit parconséquent à chaque point de la surface, à l'exception des pôles, une force centrifuge qui a son maximum à l'équateur, et qui élèveroit là la mer à une grande hauteur au dessus du continent. Or comme cette élévation n'a pas lieu, Newton en a conclu que le continent lui-même a participé aux effets de cette force centrifuge et s'est élevé en même tems que l'océan. Mais cela ne peut avoir eu lieu que dans la supposition que le continent a été lui-même fluide; et ce génie, aussi hardi que modeste, posa en fait que la masse entière de notre globe a été autrefois fluide, et cherche dans les lois de la Mécanique de combien les régions de l'équateur doivent être élevées au dessus des pôles.

Mr. de R. Newton seul pouvoit concevoir une aussi grande idée. Mais pourrons-nous, nous autres, comprendre quelque chose à cette Mécanique?

Mr. de P. Voici du moins la marche des idées de ce grand homme. La force centrifuge étant opposée à la pesanteur et la diminuant pour ainsi dire, il fallut d'abord trouver pour l'une et l'autre des expressions en nombres telles qu'on put les compare entre elles. Pour la pesanteur Newton prit la hauteur de la chûte d'un corps dans une seconde et pour la force centrifuge le chemin qu'un corps, animé par elle, feroit dans le même tems; ce chemin est le sinus versus de l'arc décrit dans ce tems.

Mde. de L. Qu'est-ce que le sinus versus?

Mr. de P. Prenons le crayon. Soit A B E F (Fig. 66) un cercle de révolution, par ex: l'équateur de la terre et supposons que le chemin que le point A fait dans une seconde soit l'arc A B. Si un corps quelconque au point A n'avoit pas de pesanteur, il s'en iroit dans la direction de la tangente A D et s'éloigneroit parconséquent du centre C. La grandeur de cet éloignement, et par conséquent l'expression de la force centrifuge, est B D. Vous comprenez, que connoissant la circonférence de la Terre (par les mesures de Picard) et la durée du jour exprimée en secondes, Newton a pu calculer la ligne B D pour le tems d'une seconde et l'a trouvée égale à un peu plus de $7\frac{1}{2}$ lignes. S'il avoit connu la chûte des corps dans une seconde sous l'équateur il eut eu d'abord l'expression de la pesanteur. Mais alors on n'avoit d'expériences sûres sur cette chûte (par le pendule)

que pour la latitude de Paris. Cela força Newton de transporter en quelque sorte le siège de son problème à Paris et de calculer la force centrifuge pour ce point là du globe, qu'il trouva être un peu plus que $3\frac{1}{4}$ lignes. Or la chûte d'un corps à Paris est de 2174 lignes dans une seconde. Donc, en additionnant le premier de ces nombres au second, on a $2177\frac{1}{4}$ pour l'expression de la pesanteur absolue à Paris et par conséquent aussi aux pôles. Or nous avons vu que la force centrifuge à l'équateur est $7\frac{1}{2}$. Donc cette force est à la pesanteur comme $7\frac{1}{2}$ à $2177\frac{1}{4}$, c. à. d. comme 1 à 289. Ainsi la force centrifuge à l'équateur est $\frac{1}{289}$ de la pesanteur.

Pour appliquer ces données au problème, qui consiste à trouver le rapport du diamètre de l'équateur à l'axe de la Terre, Newton se représente la Terre comme un sphéroïde fluide ADBE (fig. 67) dont AB est le diamètre de l'équateur, DE l'axe, et considère deux colonnes ou filets de ce fluide, comme DC et CB, qui doivent se faire équilibre. Si la rotation de la terre n'avoit pas lieu, ces deux filets auroient la même longueur et le corps seroit sphérique. Mais la rotation diminue la pesanteur du filet CB; il doit donc être plus long que le filet CD pour lui faire équilibre. Et Newton trouve par un calcul très ingénieux que la proportion de la longueur de ces deux filets, en vertu de la proportion trouvée entre la force centrifuge et la pesanteur, doit être 230 à 229. Ainsi la Terre doit être un sphéroïde applati aux pôles et l'applatissement est $\frac{1}{230}$ du diamètre de l'équateur.

Mde. de L. Je crois vous avoir compris et je m'é-

tonne de la simplicité de cette théorie; mais je ne sens pas moins combien il a du être difficile de l'inventer.

Mr. de P. Je dois au reste vous observer que Newton a supposé dans sa théorie que notre globe est composé, de la circonférence au centre, entièrement de matiéres homogènes et que nous prouverons a la suite que cela n'est pas, les matières de l'intérieur étant beaucoup plus denses que celles de la surface; ce qui doit produire quelque changement dans la proportion du diamètre de l'équateur à l'axe de notre sphéroïde.

Mr. de L. A quoi nous en tiendrons-nous donc?

Mr. de P. Nous avons encore plusieurs autres méthodes pour trouver cette proportion. Voyons ce qu'elles nous diront. L'une consiste à mesurer deux ou plusieurs degrés sur le même méridien, et à les comparer entre eux; car si notre Terre est un sphéroïde aplati aux pôles, les degrés près des pôles seront plus grands que ceux qui sont près de l'équateur.

Mde. de L. Je ne conçois pas cela. Il me semble qu'un degré est un degré.

Mr. de P. Voyons si je pourrai vous rendre la chose sensible. Soit la courbe AB (fig. 68) un quart de méridien d'un sphéroïde aplati, AC le rayon de l'équateur, BC la moitié de l'axe, C le centre. Partageons la courbe en très petites parties égales comme, ab, bc, de, ef etc. Tirons à présent de b une droite perpendiculaire à l'élément de la courbe en ce point; le point o, où il coupera le rayon AC, pourra être considéré comme le centre de l'arc ab, et bo ou ao comme le rayon de courbure. De même nous tirons une

droite au point c, perpendiculaire à l'élément de la courbe en ce point. Cette droite coupera en p le prolongement de la droite bo, et p sera le centre de l'arc bc et cp le rayon de courbure. Nous répétons l'opération et trouvons de la même manière les centres q, r, s etc. et les rayons dq, er, fs etc. des arcs cd, de, ef etc.

Le jeune de L. Il me paroit que tous ces centres forment une nouvelle courbe au moyen de la quelle on peut dessiner la courbe AB. Car si l'on avoit une lame courbée comme aopqrstuv, et qu'on fixât un fil en v qui se plie sur cette lame jusques en a, une pointe fixée au bout a de ce fil dessineroit la courbe AB en déployant le fil jusques en B.

Mr. de P. Cela est fort juste et les Mathématiciens connoissent et emploient quelques fois ces courbes génératrices. Considérons à présent ces petits arcs rélativement aux angles aux quels ils correspondent. L'arc ab correspond à l'angle o et l'arc bc à l'angle p. Or comme ces deux arcs sont égaux et le rayon bp ou cp plus grand que le rayon bo, il est clair que si ab est un arc d'un degré, l'arc bc aura moins d'un degré. Si donc bc doit représenter un arc d'un degré, il faudra l'augmenter. Si nous comparons les arcs bc et cd, nous trouverons le même résultat, parce que le rayon cq ou dq est plus grand que cp. Ainsi, si l'arc bc représentoit un degré, l'arc cd représentera moins d'un degré, et il faudra allonger cd pour le faire égal à un arc d'un degré. Le même raisonnement a lieu pour tous les arcs suivants. Égaux entre enx, ils ont tous moins de degrés que leur prédécesseur, et si l'on veut leur don-

ner la valeur d'un degré, ils deviendront de plus en plus grands en avançant vers le Pôle B.

Mde. de L. A présent je conçois que ce n'est que dans un cercle que tous les degrés sont égaux et qu'ils peuvent différer considérablement l'un de l'autre dans toute autre courbe.

Mr. de P. Quand le diamètre de l'équateur et l'axe d'un sphéroïde ne diffèrent que peu, comme cela a lieu pour notre terre, cette différence est petite, surtout lorsque les degrés mesurés sont près l'un de l'autre ou ne sont pas placés sous des latitudes fort différentes. Aussi les premières mesures que l'on fit à ce sujet (ce fut en France en 1718) furent contraires à la théorie de Newton, que l'Académie de Paris rejetta par cette raison, prétendant d'après ces mesures que la terre est allongée aux pôles.

Cependant on sentit quelques années après que, la théorie de Newton étant fondée sur des principes incontestables, il dut s'être glissé quelques erreurs dans ces mesures faites par les deux Cassini, et l'Académie résolut de faire mesurer par ses plus illustres membres de nouveaux degrés, l'un tout près de l'équateur à Quito, l'autre le plus près possible du pôle-nord, à Tornea en Lapponie, et envoya à Quito Bouguer, La Condamine, don Ulloa, Godin etc. et à Tornea Maupertuis, Clairaut, Camus etc. Le résultat de cette belle entreprise, qui dura depuis 1735 jusqu'en 1744, fut que le degré de Quito mesure 56753 toises et celui de Tornea 57437 toises. Ainsi la théorie de Newton sortit de ce combat d'opinions, pleinement justifiée, et

l'aplatissement de la Terre fut décrété par tous les Savans de l'Europe.

Mr. de R. Vive le grand Newton! Non, jamais on ne cessera d'admirer son génie, tant qu'il y aura des hommes capables de l'apprécier.

Mde. de L. Et des femmes, ne vous déplaise.

Mr. de P. Depuis cette époque brillante on a mesuré plusieurs degrés; les plus illustres Géomètres y ont donné tous leurs soins. La Caille en France et au cap de bonne espérance, Boscowich en Italie, Delambre, Méchain, Borda, Arago et Biot depuis Dunkerque jusqu'à la petite île de Formentera, Swanenberg en Lapponie, Mudge en Angleterre etc., tous ont trouvé des résultats qui confirment la théorie de l'applatissement. En ce moment deux nouvelles mesures s'effectuent par les Astronomes Schumacher de Stockholm et Struve de Dorpat.

Mr. de G. Mais à quoi bon multiplier ces mesures de degrés, puisque l'aplatissement est déja prouvé et décrété?

Mr. de P. Il s'agit d'un côté de trouver le vrai rapport de l'axe au diamètre de l'équateur, et d'un autre de savoir si la surface de la Terre a assez de régularité pour qu'on puisse lui assigner une courbure constante. Car lorsqu'on compare tous les degrés mesurés avec celui de Quito pour fixer le rapport cherché de l'équateur à l'axe de la Terre, on trouve que les résultats diffèrent considérablement. Les extrêmes sont les applatissemens que fournissent les mesures en Italie et au Cap de bonne espérance, comparés à celle de Quito. Le premier des deux est $\frac{1}{324}$ et l'autre est $\frac{1}{169}$. Et même

si l'on compare le degré de Picard avec celui de Laponie par Maupertuis *), on a pour l'applatissement $\frac{1}{145}$. Les résultats moyens se rapprochent du résultat théorique de Clairaut, de sorte que l'on peut et doit admettre que l'applatissement est environ $\frac{1}{310}$.

Mr. de T. Mais quelle est donc, après tant de mesures, la vraie figure de la Terre?

Mr. de P. On suppose que la courbure des méridiens est une ellipse (l'ovale des jardiniers) et l'on nomme notre sphéroïde un sphéroïde elliptique ou un ellipsoïde. Mais cette courbure n'est rien moins que régulière; c'est ce qu'attestent toutes ces différentes mesures des degrés, dont les résultats devroient s'accorder dans la détermination de l'aplatissement, si l'ellipsoïde étoit régulier.

Mr. de T. J'avoue que je ne conçois pas cette irrégularité. Car si le globe terrestre a été autrefois liquide et a pris par l'effet de la rotation une figure elliptique, pourquoi cette figure n'est-elle pas régulière? Car nous avons ici un effet mécanique tout simple.

Mr. de P. Pas si simple, la Chimie ayant été très active dans cette opération; et si nous considérons que les continents, se trouvant placés très irrégulièrement dans l'Océan, forment des masses beaucoup plus denses que l'eau, et si nous prouvons à la suite que notre globe

*) Au reste ce degré, mesuré depuis par des Savans suédois, s'est trouvé égal à 57193 toises et par conséquent de 244 t. plus petit. On n'a pas encore trouvé en quoi les observations ou les calculs de Maupertuis peuvent avoir été fautifs.

contient des cavernes immenses, vous sentez que la masse entière ne peut pas être homogène.

Mr. de T. Quel sera donc l'effet de ce défaut d'homogéneité?

Mr. de P. Cet effet est double, apparent et réel. D'un côté vous sentez que le pendule et le niveau, qui sont les bases de toutes les observations nécessaires a la mesure des degrés, deviennent fautifs par l'hétérogénéité des masses. Vous savez déja que les montagnes font dévier le pendule de la verticale; une caverne aussi grande que le Chimborasso, sous terre et placée d'un côté du pendule ou d'un niveau, produira également une déviation, et par conséquent une faute dans l'observation. D'un autre côté il est facile de voir que, si quelque part il se trouve de ces immenses cavernes, et ailleurs une masse considérable de matières tres denses, l'équilibre ne peut plus subsister avec la régularité de la figure; là le niveau s'élèvera, ici il s'abaissera.

Mr. de T. Voila bien des incertitudes.

Mr. de P. Je vous les ai fait connoitre pour que vous sentiez bien clairement que même le Mathématicien, en dépit de toute l'exactitude de ses instrumens, de tous les soins qu'il met à ses observations et de la finesse de ses calculs, ne peut que s'approcher de la vérité, si ses données ne sont pas sûres. Mais passons à deux autres méthodes dont on s'est servi pour déterminer la figure de la terre.

La première n'exige qu'un pendule qui aille pendant 24 heures. Il est prouvé en Mécanique que la force de la pesanteur est en rsison directe du carré du

nombre des oscillations du pendule dans un tems donné, et que la longueur du rayon de l'équateur est à celle de la moitié de l'axe en proportion inverse de la pesanteur. Ainsi la proportion du diamètre à l'axe sera en raison inverse du carré des nombres d'oscillations que le même pendule fait dans le même tems, par ex dans un jour sous l'équateur et sous le pôle. Il ne s'agit donc que d'observer ce nombre d'oscillations dans ces deux points. Cette observation a été faite sous l'équateur avec le pendule à secondes et ce nombre s'est trouvé égal à 86105 dans la durée d'un jour. Sous le pôle elle a été jusqu'ici impossible, par ce qu'aucun voyageur n'a encore pu atteindre ce point de la terre. Mais on s'est tiré d'affaire de la manière suivante: Newton avoit déja découvert dans sa sublime Mécanique la loi de l'accroissement du nombre des vibrations du pendule lorsqu'on avance de l'équateur au pôle. Or comme l'on connoissoit le nombre des oscillations que le pendule à secondes fait à Paris dans un jour, qui est égal à 86400, et la latitude de Paris, qui est de 84 degr. 50 min., on peut calculer le nombre d'oscillations que le même pendule feroit au pôle, et ce nombre est 86571. Or, comme le nombre des oscillations à l'équateur s'est trouvé de 86105, il est clair que le rapport du diamètre de l'équateur à l'axe de la terre est celui de ces deux nombres, qui se réduit au rapport de 184 à 183. Ainsi, d'après les données du pendule, l'applatissement est de $\frac{1}{184}$ du diamètre de l'équateur.

Le Comte C. Voilà un nouveau résultat, mais qui, à ce que je crois, mérite le moins de confiance, puisque comme vous nous l'avez dit, les observations du pen-

dule sur différents points du globe sont un peu sujettes à caution.

Mr. de P. Assurément, et d'autant plus qu'ici, comme dans la théorie de Newton, on n'a pas égard aux inégalités de densité des masses; mais au moins ce résultat prouve-t-il encore l'aplatissement. Enfin La Place, ce génie supérieur qui sait appliquer le calcul à tout, a déduit des inégalités du mouvement de la lune que la Terre doit être un sphéroïde aplati et que l'aplatissement doit être $\frac{1}{305}$.

Le Comte C. A quoi doit-on donc s'en tenir?

Mr. de P. Les Physiciens françois font l'aplatissement égal à $\frac{1}{309}$ et calculent les dimensions de la terre sur cette proportion. Voici la table de ces dimensions.

	mètres	T.
Rayon de l'équateur . . .	6376986	3·277062
Demi-axe terrestre	6356324	3·266444
Différence ou aplatissement	20662	10618
Rayon moyen ou à 45° de latitude	6366745	3·271799
Degré du méridien à 45° de latit.	111119	57102
Mille d'Allemagne ou géographique, de 15 au degré		$3806\frac{4}{5}$
Lieue de France de 25 au degré		2280
	myr. carrés	M. carrés
Surface du globe, environ .	5.100000	9·293650
	myr. cubes	M. cubes
Volume du sphéroïde . . .	1079·235800	2662·631320

Je vous ai nommé les principaux Savans qui ont travaillé à déterminer la figure de la Terre et ses dimensions; mais je ne dois pas oublier le Mathématicien

françois Richer, qui le premier fit des expériences à ce sujet. C'est lui qui trouva que le pendule, qui à Paris battoit les secondes, ne les battoit plus à Cayenne, à 5 degrés de l'équateur, mais alloit plus lentement; par quoi il fut prouvé que la pesanteur est moindre près de l'équateur qu'au pôle. Il trouva de plus que ce pendule dut être racourci de $1\frac{1}{4}$ de ligne pour le forcer à battre les secondes. Ce qui est conforme à la théorie du pendule qui nous dit que le pendule le plus court va le plus vîte. Cette expérience importante devint une preuve pour la théorie de l'aplatissement du pôle ou de l'élévation de l'équateur par la force centrifuge.

Mr. de V. J'ai écouté avec beaucoup d'attention et d'intérêt tout ce qui a été dit touchant l'aplatissement. Mais je ne sais encore à quoi m'en tenir sur la régularité de l'ellipsoïde que nous habitons.

Mr. de P. Les mesures des degrés du méridien nous forcent à admettre que, quoique en général on puisse regarder notre Terre comme un ellipsoïde, sa courbure a nombre d'inégalités, des élévations et des affaissemens considérables, déduction faite des montagnes et des vallées que la vue simple nous offre. Tel est le dernier résultat de la théorie et de l'observation. Passons à présent à d'autres considérations.

Mde de L. Ce soir encore? J'imagine que ma pauvre tête est bien assez chargée pour aujourd'hui de la grandeur et de la figure de la Terre.

Mr. de P. Pardonnez, madame, mon indiscrétion; je m'étois complettement oublié dans ces discussions, qui doivent assurément vous avoir fatiguée.

Quatrevingt quinzième entretien.

Mr. *de P.* Nous avons appris à connoitre la figure de notre globe et ses principales dimensions. Passons à présent à la considération de la pesanteur. Il a du d'abord paroitre important de constater sur notre Terre la loi de la gravitation que Newton a découverte par la marche des planètes. Le seul Physicien, qui, à ce qui je sache, s'est occupé de cet objet, est La Condamine pendant son séjour au Pérou pour la mesure du degré du méridien à Quito. Il s'éleva à différentes hauteurs et y observa le nombre des oscillations de son pendule. Ses points d'observation sont: Para, au bord de la mer, au confluent du fleuve des Tocantins avec celui des Amazones; Quito à 1506 toises au dessus de la mer; la montagne ou plutôt le volcan Pichincha à 2498 toises au dessus de la mer. Le pendule faisoit à Para 98770 vibrations dans un jour, à Quito 98740 et au sommet du Pichincha 98720.

Vous voyez que ces observations prouvent que, plus on s'élève au dessus de la mer, plus la pesanteur diminue; mais je n'ai trouvé nulle part qu'on aitfait le

calcul nécessaire pour savoir si ces diminutions de la pesanteur cadrent avec la loi de Newton. J'ai fait ces calculs et trouvé des résultats dignes, à ce que je crois, de l'attention des Physiciens. J'ai d'abord calculé par la simple théorie, en raison des distances de ces trois points du centre de la Terre, quelle devroit être la pesanteur absolue à ces trois points et déduit la diminution que la force centrifuge doit causer. Le résultat est que, si nous représentons la gravitation à Para (à la hauteur de la mer) par le nombre 10·000000, elle sera exprimée à Quito par le nombre 9·986827 et au sommet du Pichincha par le nombre 9·978665. Puis je calculai les mêmes pesanteurs d'après les observations du pendule et trouvai, toujours en faisant la pesanteur à Para égale à 10·000000, celle à Quito égale à 9·993921 et celle au sommet du Pichincha égale à 9·989802.

Ces deux résultats de la théorie et de l'expérience diffèrent très sensiblement l'un de l'autre, et ces différences ne peuvent être nullement attribués à une erreur d'observation, La Condamine ayant dûment eu égard aux effets de la chaleur sur son pendule, et nous assurant qu'il a répété chacune de ses opérations neuf fois et que la plus grande différence dans les nombres observés d'oscillations n'a été que jusqu'à trois sur plus de 98000. En comparant les différences de pesanteur du bord de la mer à Quito et au sommet du Pichincha, ces différences indiquées par le pendule ne sont pas tout-à-fait la moitié aussi grandes que celles que la théorie fournit.

La cause de cette erreur énorme doit se trouver dans l'attraction de la masse qui, à Quito et au sommet

du Pichincha, se trouve entre les points d'observation. Il est vrai que de règle on regarde les masses de nos plus grandes montagnes comme presque infiniment petites, comparées à celle de notre globe entier, et cela à juste titre; mais si on réfléchit que la gravitation de la Terre agit sur le pendule à Para comme siégeant au centre, et par conséquent à une distance de 3·277062 toises et la masse du Pichincha à environ $\frac{1}{2000}$ de cette distance, on concevra que cette petite distance produit une compensation sensible et que dans de pareils calculs il faut considérer l'ellipsoïde de la Terre et la montagne comme deux masses à part, dont chacune attire par elle-même le pendule en raison directe de sa grandeur et inverse du carré de sa distance au pendule.

Mr. de T. Cela est frappant; car si le rapport des distances est de 1 à 2000, celui des forces attractives sera de 1 à 4·000000, et la masse de la montagne agira sur le pendule quatre millions de fois plus qu'une masse égale placée au centre de la Terre.

Mr. de P. Curieux de voir si cette attraction de la montagne compenseroit la différence des résultats que la théorie et l'observation nous ont fournis, j'ai calculé la grandeur que devroient avoir les masses sous Quito (de l'horizon de cette ville jusqu'au niveau de la mer) et sous le Pichincha (du sommet à la mer et du sommet à l'horizon de Quito) et j'ai été extraordinairement frappé du résultat de ces calculs. Car cette attraction ne compense pas la différence des résultats, et il s'est trouvé que sous Quito, entre Quito et le niveau de la mer, il doit exister une masse de plus de 67 mille mil-

lions de toises cubes dont la pesanteur est absolument nulle, ainsi une caverne de cette grandeur, c. à. d. de $1\frac{2}{10}$ de mille géographique cube. Je dis entre l'horizon de Quito et de la mer; car si cette caverne se trouve au dessous de la mer, sa grandeur augmentera en raison du carré des distances au sommet de Quito.

Mr. de R. Ainsi le pendule, qui a déja servi à à tant de choses au Physique, sert encore à découvrir des cavernes, et l'observation aidée du calcul nous fait pénétrer non seulement dans la voûte azurée mais aussi dans les entrailles de la Terre.

Mr. de P. J'ajoute à cela que dans quelques jours nous reviendrons à cette caverne et que je vous en indiquerai l'origine.

Le Comte C. Il seroit très utile pour la connoissance de notre globe que plusieurs Physiciens répétassent les observations de la Condamine sur divers points où il se trouve des montagnes considérables, et appliquassent vos calculs à ces observations.

Mr. de P. Puisque nous nous trouvons à présent comme dans l'intérieur de la terre, examinons en théorie quelle loi la pesanteur doit suivre dans cet intérieur.

Le jeune de L. Il me semble que la réponse à cette question est simple. La pesanteur doit augmenter de la circonférence au centre selon la loi du carré inverse des distances.

Mr. de P. Qu'en pensez-vous, messieurs?

Mr. de V. Il résulteroit de là que la pesanteur au centre de la Terre seroit infiniment grande; ce que j'aurois peine à croire.

Mr. de R. Cette conclusion ne me forceroit pas d'abandonner le système du grand Newton. Monsieur de P. ne nous a-t-il pas prouvé qu'une très petite boule élastique peut opposer au choc une résistance infinie?

Mr. de P. Mais qui nous forceroit d'abandonner ce système? Le grand Newton lui-même nous a prouvé, et nommément en vertu de sa loi de gravitation, que la pesanteur au centre de la terre doit être absolument nulle. Vous concevrez cela aisément, si vous considérez que la pesanteur ne réside pas dans le centre de la Terre, mais qu'elle est l'effet de la gravitation de toutes les molécules du sphéroïde les unes vers les autres et que le centre n'est que le point où toutes ces attractions se contrebalancent, et qu'ainsi une molécule, placée à ce point, est attirée également en tout sens et ne pèse par conséquent d'aucun côté. Newton a fait plus; il a prouvé que, en avançant de la circonférence du sphéroïde vers le centre, la pesanteur diminue et est en raison de la distance au centre. Ainsi la pesanteur augmente en progression arithmétique, c. à. d. comme la suite naturelle des nombres, du centre à la circonférence de la Terre; et comme elle diminue au de là, il est clair que c'est immédiatement à la surface de la Terre que la pesanteur est à son maximum.

Mr. de R. Je ne m'étois pas attendu à ce résultat.

Mr. de P. Pour prouver cette loi de l'accroissement de la pesanteur du centre vers la circonférence, Newton a du démontrer un autre théorème qui vous paroitra bien plus surprenant; c'est que si l'on s'ima-

gine une sphère creuse, dont l'enveloppe ait une épaisseur quelconque, et si l'on suppose un corps dans ce vide, il n'aura aucune pesanteur et s'y tiendra en équilibre, en quelque point que ce soit. Si ceux qui supposent un gros aimant nageant dans l'intérieur du globe, pour expliquer les phénomènes du magnétisme, connoissoient ce théorème de Newton, ils n'auroient pas besoin d'imaginer un fluide pour porter cet aimant; il se soutiendroit par la gravitation dans le vide parfait tout aussi bien que dans le fluide le plus dense.

Au reste tous ces théorèmes de la pesanteur dans l'intérieur de la Terre ne sont vrais qu'en tant qu'on suppose que les matières dont notre globe est composé ont la même densité, ou bien que la densité de ces matières, si elle est inégale, est disposée symmétriquement. Or nous avons sujet de croire que ni l'un ni l'autre n'est tout-à-fait vrai et que parconséquent ces vérités de théorie ne sont pas applicables à la rigueur.

Mde. de L. Ce sont donc des considérations de pure curiosité.

Mr. de P. Pas absolument. Car, quoique nous ne soyons pas en droit d'assurer par ex: que la pesanteur diminue de la circonférence au centre précisément en raison de la distance au centre, cependant nous nous trouvons en quelque sorte orientés par cette loi; et lorsque nous aurons des données sûres concernant la pesanteur spécifique des masses et leur distribution, il nous sera possible de déduire la vraie loi des diminutions de la pesanteur.

Si les questions sur la grandeur et la figure de la

Terre sont hardies, celle qui nous reste à examiner sur sa pesanteur spécifique, ne l'est sûrement pas moins, ou plutôt l'est bien davantage.

Mde. de L. Je suis curieuse d'apprendre à connoitre la balance à la quelle vous suppendrez notre ellipsoïde et dans quel océan vous le plongerez pour résoudre ce problème.

Mr. de P. La Physique se tire d'affaire sans cet océan et a imaginé deux moyens d'atteindre ce but. Je vais avoir l'honneur de vous en donner au moins une idée, devant supprimer les détails du calcul. Ils consistent tous deux à comparer les phénomènes dans les quels le globe terrestre agit en raison de son attraction, et par conséquent de sa masse, avec des phénomènes semblables produits par des corps dont la masse est connue. Or les masses sont, comme vous savez, madame, composées des volumes et des densités. Si donc nous avons une expression numérique pour l'attraction de la terre sur un corps quelconque, et une autre expression numérique pour l'attraction d'une masse de volume et de densité connues sur le même corps, il nous sera possible de calculer la densité de l'ellipsoïde terrestre dont nous connoissons le volume.

L'attraction des montagnes sur le pendule nous fournit l'un de ces moyens. Bouguer et La Condamine avoient déja observé que le Chimboraço faisoit dévier leur pendule de $7\frac{1}{2}$ secondes; mais ils n'employèrent pas ce fait à la solution de notre problème, par ce qu'il n'est guères possible de fixer avec quelque sureté la pesanteur spécifique de ce colosse. Le célè-

bre Astronome anglois Maskelyne y employa le Séhallien, montagne d'Ecosse propre à cet objet, dont il fixa la pesanteur spécifique à $2\frac{1}{2}$ de celle de l'eau distillée, par la connoissance des rochers qui composent cette montagne. Il mit en outre tout le soin imaginable à déterminer avec la plus grande exactitude la déviation de son pendule occasionnée par cette masse; il fit à cet effet 168 observations sur 43 étoiles à chaque côté de la montagne; car ce n'est que par l'observation d'étoiles fixes que l'on peut déterminer cette déviation. Le résultat moyen de ces 168 observations fournit $5\frac{83}{100}$ secondes. Ainsi le Sehallien exerce une attraction sur le pendule, qui le fait sortir de $5\frac{83}{100}$ secondes de la verticale, et il ne faut plus qu'appliquer la géometrie et le calcul pour trouver dans quel rapport cette attraction est au poids du pendule qui n'est autre chose que l'attraction de la Terre. Cela étant fait, on calcule cette attraction du Séhallien pour le cas où cette montagne auroit le même volume que le globe terreste, et l'on trouve qu'une masse aussi grosse que la terre et de même densité que le Séhallien attireroit le pendule ou tout autre corps avec une force égale à $\frac{5}{9}$ de la pesanteur ou de l'attraction que la Terre exerce. Voilà le résultat principal. Or la densité ou pesanteur spécifique du Séhallien ayant été fixée à $2\frac{1}{2}$, la pesanteur spécifique de la Terre se trouve être $4\frac{1}{2}$, ou $4\frac{1}{2}$ fois aussi grande que celle de l'eau distillée.

Mr. de R. Cette solution du grand problème est admirable.

Mr. de P. Cependant on ne peut la regarder comme

exacte, par deux raisons. D'abord il est difficile, pour ne pas dire impossible, de déterminer la pesanteur spécifique d'une montagne, par ce qu'on n'en voit guères que l'extérieur. En effet le Physicien anglois John Playfair a trouvé par des observations postérieures que celle du Sehallieu doit être évaluée à environ $2\frac{3}{5}$, au lieu de $2\frac{1}{2}$; ce qui donne $4\frac{7}{10}$ pour la pesanteur spécifique de la Terre. D'un autre côté il est extrêmement difficile de mesurer des angles à des fractions de seconde près, et l'on n'est pas sûr que la moyenne d'un grand nombre d'observations soit la vraie.

Le second mode de solution me paroit plus sûr que le premier, parce qu'il se fonde sur les données de la balance de torsion et n'employe que des masses de grandeur et de densité parfaitement connues. Mais je désespère presque pouvoir vous en donner une idée claire, à raison des difficultés qu'offre l'observation et de l'analyse compliquée qui fournit le résultat.

Mde. de L. Prenez courage. J'aime la balance de torsion et je ferai mon possible pour vous suivre.

Mr. de P. Voyons. Vous connoissez donc la balance de torsion et savez déja que John Mitschel, qui eut le premier l'idée de l'employer à la solution de notre problème, la légua au célèbre Cavendish, qui fit les expériences et les calculs. Vous vous souvenez en outre que le levier de la balance avoit 6 pieds de longueur, qu'il portoit à chacun de ses bouts une *boule* de plomb de 2 pouces de diamètre, et qu'au moyen d'un autre levier, placé au dessus de la balance, on pouvoit approcher de ces boules deux autres *masses* sphériques de

plomb de 8 pouces de diamètre, dont l'attraction sur les boules fait avancer celles-ci et force par là le levier à se tourner et le fil d'argent, au quel il est suspendu, à se tordre.

Au moyen de cet appareil on peut mesurer deux choses, l'angle ou l'arc que parcourt le levier en vertu de cette attraction et le tems que durent les oscillations causées par ce mouvement; car vous concevez que cette marche du levier avec ses boules produit des oscillations. Ces oscillations sont très lentes; chacune d'elles dure plus de 7 minutes et leur nombre est très considérable. Soit pour gagner du tems, soit crainte qu'il n'arrivat quelques secousses dans le batiment pendant la durée des expériences, Cawendish n'attendit pas la fin de ces oscillations, mais mesura la grandeur et la durée d'une oscillation d'après l'observation de trois vibrations consécutives. Lorsque les centres des deux masses de 8 pouces de diamètre se trouvèrent à une distance de $8\frac{85}{100}$ pouces des centres des boules suspendues au levier de la balance, alors les oscillations commencèrent; leur durée se trouva être de 7 min. 6 sec. et leur grandeur de $1\frac{72}{1000}$ ligne.

Ces deux grandeurs étant données, on peut trouver de deux manières la force d'attraction des masses exercée sur les boules. D'abord on compare les oscillations de la balance de torsion à celles d'un pendule qui fait des oscillations extrêmement petites, et l'on trouve ainsi la valeur de cette attraction exprimée par une fraction dont le poids des *boules* est l'unité. Cette valeur est donc parfaitement connue, et se trouve égale à $\frac{1}{48 \cdot 51 \cdot 1819}$ du poids de la boule. Dans un de nos en-

tretiens précédents sur la gravitation j'ai eu l'occasion de vous parler de cette attraction, et je dis qu'elle étoit à peu près $\frac{1}{50.000000}$, parce qu'alors il étoit inutile de nommer cette valeur au juste.

L'autre manière de trouver la grandeur de cette attraction consiste à considérer les *masses* comme de petites planètes qui attirent les *boules* et à comparer cette attraction à celle que la terre exerce sur les mêmes *boules*, par le théorème général que la force d'attraction est en raison directe des masses et inverse du carré des distances. Mais vous sentez que pour obtenir cette valeur il ne faut pas seulement connoitre le rayon et le volume du globe terrestre, mais aussi sa densité pour en calculer la masse. Ainsi cette expression de l'attraction des *masses* de plomb sur les *boules* du levier contiendra la densité de la Terre, mais comme une inconnue, et j'ai déja eu l'honneur de vous dire que le Mathématicien calcule avec les inconnues comme avec des grandeurs connues.

Ayant donc ces deux valeurs de l'attraction que les masses exercent sur les boules, et ces deux valeurs, quelque différentes que soient leurs expressions, devant être égales, on en fait une équation, au moyen de la quelle on trouve la valeur de l'inconnue, qui est la densité de la Terre que nous cherchons.

Mde. de L. Je ne comprends pas cela. Qu'est-ce qu'une équation?

Mr. de P. Je ne puis mieux expliquer la chose que par un exemple. Supposez, madame, qu'on vous donnât le problème suivant à résoudre: Trouver un

nombre qui, multiplié par 4, soit égal à la somme de 15 et 9 divisée par 2. Vous direz: je nomme x le nombre encore inconnu que je cherche et j'ai 4 fois x est égal à la somme de 15 et 9 divisée par 2. Voilà une équation, l'expression de l'égalité de deux grandeurs, composées chacune de plusieurs nombres dont l'un est inconnu; et le but de la solution de l'équation est de trouver la valeur du nombre inconnu. Ici vous trouverez cette valeur très facilement. Vous direz: 15 et 9 font 24; cette somme divisée par 2 donne 12. Donc x pris 4 fois doit être égal à 12; et vous trouverez la valeur de x en divisant 12 par 4; ce qui donne 3 pour cette valeur. Cette équation est une des plus simples; la solution des problèmes mène souvent à des équations extrêmement compliquées, et l'art de les résoudre se nomme *l'Analyse*, mais il est des cas où cet art est en défaut, où tous les stratagèmes de l'Analyse ne suffisent pas pour trouver la valeur de l'inconnue.

Mde. de L. Cela est fâcheux.

Mr. de P. Assurément; cependant on se tire ordinairement d'affaire par des méthodes qui donnent une valeur approchée au défaut de la vraie et l'on peut toujours fixer les limites jusqu'où peut aller l'erreur, en sorte que si l'on est forcée de commettre une faute, on sait de combien elle peut être. — Mais revenons à notre problème de la densité de la terre. L'équation dont je parlai tout-à-l'heure étant donnée, on trouve la densité de la terre en résolvant cette équation, et le résultat est que cette densité est $5\frac{48}{100}$ de celle de l'eau. C'est le résultat moyen de 22 expériences que Cawen-

dish a faites et calculées à part. La plus grande différence entre ces 22 résultats ne fait que $\frac{1}{26}$ du tout, ensorte qu'il est très probable que ce résultat ne diffère que de $\frac{1}{52}$ du vrai. Ainsi, d'après les expériences de Cawendisch, la densité de notre globe entier peut varier de $5\frac{37}{100}$ à $5\frac{48}{100}$. Ordinairement on la suppose égale à $5\frac{1}{2}$ pour avoir un nombre plus simple.

Mde. de L. Ce travail de Cawendisch est bien beau, et fait preuve d'une très grande sagacité.

Mr. de P. Vous l'admireriez encore davantage, si je vous avois instruit de plusieurs circonstances qui sont comme autant de difficultés à vaincre. Telle est par ex: la masse du levier, celle des barres de métal aux quelles les *masses* de plomb sont suspendues, et même la masse de la caisse ou petite chambre dans la quelle l'appareil est enfermé, qui toutes exercent une attraction qu'il faut faire entrer en ligne de compte; car je vous ai présenté le problème dans sa plus grande simplicité, comme si l'on n'eut eu à faire qu'aux boules et aux masses de plomb.

Le Comte C. Quelque confiance que mérite ce résultat comme résultat théorique, il me semble cependant qu'il s'accorde très peu avec ce que l'observation des minéraux, dont la terre est composée, nous apprend. Car, à l'exception des métaux, les matières fossiles ont une pesanteur spécifique bien moindre que celle de la Terre d'après ces expériences.

Mr. de P. Assurément, et cette comparaison nous fournit un nouveau résultat bien important. Nous con-

noissons les minéraux qui composent l'écorce de notre globe jusqu'à une profondeur au plus de 150 toises au dessus du niveau de la mer et à peuprès à 2000 toises au dessous; et si nous prenons la moyenne des densités des grandes masses de roches, que nous connoissons, pour la densité de l'écorce solide de notre globe, cette densité sera environ $2\frac{65}{100}$ de celle de l'eau, et parconséquent moins de la moitié de celle que nous avons trouvée pour le globe entier. Si vous ajoutez à cela que l'Océan fait la plus grande partie de cette écorce, vous trouverez que cette pesanteur spécifique est encore beaucoup plus grande que la vraie. Quelle conclusion tirerons-nous de là?

Mr. de L. Quant à moi, j'adhère à la théorie.

Mr. de P. Moi de même; car la théorie est bien fondée et nous ne savons pas ce que notre globe contient à 200, à 2000, à 20000 toises de profondeur. Mais comme il n'est pas moins sûr que la pesanteur spécifique moyenne des grandes masses de roches, qui composent nos montagnes et le continent jusqu'à 150 toises au dessous du niveau de la mer, n'ont que la pesanteur spécifique indiquée, nous devons en conclure que l'écorce de notre globe diffère essentiellement du reste de sa masse, et que par conséquent notre globe terrestre n'est pas homogène.

Cette vérité est reconnue de tous les Physiciens d'aujourd'hui. Mais vouloir en inférer que la pesanteur spécifique de notre globe va en augmentant de la circonférence vers le centre dans une certaine progression, et en tirer des conclusions pour le rapport du diamètre

à l'axe de la Terre, c'est ce qui me semble sentir un peu trop le Mathématicien, qui veut trouver par tout une loi et tout soumettre à son calcul. Quelque petite que soit la portion du globe dont nous connoissons les élémens, nous trouvons cependant que la Nature déjoue de pareilles prétentions. Car le basalt, la plus pesante de toutes les substances connues qui forment la croute de notre globe, à l'exception des métaux, se trouve précisément au dessus des autres qui sont plus légères, et n'est ordinairement couvert que de terres de transport nées des débris d'autres masses chariées par l'océan.

Mr. de G. Mais dites nous, mon cher ami, d'où ces anomalies proviennent.

Mr. de P. De ce que c'est la Chimie qui a assigné aux masses de minéraux la place qu'ils occupent sur notre globe et que la Chimie ne se soucie guères de la pesanteur spécifique des matières qu'elle travaille.

Terminons cet entretien par la réflexion générale que notre globe n'est pas un corps régulier ou seulement symmétrique, ni par rapport à sa figure, ni par rapport à la nature des masses dont il est composé.

Mde. de L. Je ne suis pas fachée que ce soit votre dernier mot pour aujourd'hui. Car les objets que vous avez traités se soir veulent être digérés.

Mr. de P. J'ai mérité surement ce léger reproche, n'ayant pas présenté ces objets avec toute la charté que vous attendiez peut-être; mais je dois alléguer pour

excuse qu'ils sont très difficiles à traiter de la manière qui convient à nos entretiens. Au reste ma consolation est que je puis vous assurer, madame, que les objets que je vous présenterai dorénavant, n'offriront pas tant de difficultés. J'espère au contraire que vous les trouverez très faciles à saisir.

Quatrevingt seizième entretien.

Mr. *de P.* Quittons les sublimes régions de la Mécanique de notre Terre pour le domaine modeste de la Géographie où nous nous retracerons les principaux traits qui composent le tableau de la surface du globe. Le Géographe a calculé la partie solide de cette surface de la manière suivante:

L'Europe contient environ	171834 milles géogr. carrés
L'Asie	641093
L'Afrique	531638
L'Amérique	572110
La nouvelle Hollande . .	143000
Toutes les isles ensemble .	1·000000 *)
	3·059675

Or comme la surface entière du globe est évaluée à 9·289376 milles géographiques carrés, il est clair que la terre ferme, les isles y comprises, ne fait pas le tiers de cette surface. Cette masse solide, sous quelque point de vue que nous la considérions, est distribuée avec la plus grande irrégularité. Sous le point de vue

*) Cette proportion des isles ne me paroit pas juste.

de la longitude nous trouvons sur une moitié du globe quatre continents, qui embrassent une étendue de 1·487565 milles carrés, sur l'autre moitié l'Amérique seule qui n'a que 572110 milles carrés, et les isles sont distribuées à peu près dans le même défaut de proportion. Cette même terre ferme offre sous le point de vue de la latitude une distribution encore plus inégale; car l'hémisphère septentrional a à lui les trois quarts de tout le continent.

Mr. de T. Ce coup-d'oeil sur la carte du globe me semble prouver pour l'irrégularité de la figure elliptique. Car ce défaut de symmétrie dans la distribution de la terre ferme doit produire un défaut d'equilibre qui ne peut être compensé que par une irrégularité dans la figure de la Terre. Et nous devons en conclure que la surface de l'ellipsoïde doit s'élever sensiblement partout où les mers sont très profondes.

Mr. de P. Et cela d'environ 1600 toises là où l'océan a 1000 toises de profondeur. Cette conséquence seroit parfaitement vraie et d'une aplication générale, si la Nature n'avoit pas employé au second moyen de rétablir l'équilibre, les grandes cavernes qui se trouvent sous les continents.

La carte géographique nous offre la position des montagnes. Jettons y un coup-d'oeil rapide. Commençons par l'Asie qui fut le berceau du genre humain. La chaine de *l'Ural* sépare cette partie du monde de l'Europe, s'étend du Nord au Sud depuis la nouvelle Zemble jusqu'à la mer caspienne et jette à ses extrémités deux grands rameaux dont l'un s'étend à l'Ouest et

forme les montagnes de la Norvège; un second s'étend à l'Est et se perd dans le Turkestan. Voyez ici le *Thibet*; c'est un grand plateau sur le quel s'élèvent les plus hautes montagnes de la Terre. Un de ses rameaux s'étend vers le Sud et se partage entre les deux presqu'isles de l'Inde jusqu'aux isles de Ceylon et de Java; un autre vers l'Est jusqu'à la Chine et se courbe ensuite dans une direction méridionale jusqu'aux Philippines; un troisième vers l'Ouest au travers de la grande Bucharie jusqu'en Perse. Ici, dans la partie septentrionale de l'Asie, se trouve le *Boghdo* qui est comme la souche d'un grand nombre de branches qui s'étendent sous toutes les directions, dont la plus célèbre est l'Altaï, dont les rameaux couvrent toute la Sibérie. Enfin nous trouvons au Sud le *Caucase* qui joint la mer caspienne à la mer noire. Une de ses branches s'étend dans la direction de Sud-Est jusqu'en Perse et l'autre traverse l'Asie mineure et atteint la pointe de l'Arabie.

En Europe, entre la Moldawie et la Walachie se trouvent les *Carpathes*, qui sillonnent la Transylvanie et la Hongrie; un de leurs rameaux, les Sudètes, traverse l'Autriche et la Bohème. Les *Alpes*, qui forment, pour ainsi dire, la Suisse, la haute Italie et le Tyrol, jettent des rameaux dans la Carynthie, le Frioul et l'Istrie, une branche autravers de l'Italie (les Appenins), et une autre en France, les Voges, qui s'étendent jusqu'à la forêt noire où elles se joignent au Harz qui couvre comme d'une broderie la plus grande partie de l'Allemagne. Les *Pyrennées*, qui forment la barrière entre la France et l'Espagne semblent n'appartenir qu'à

ce Royaume-ci, dans le quel elles se ramifient dans toutes sortes de directions.

En Afrique nous voyons le grand et le petit *Atlas*, fameux dans l'Antiquité, border la mer méditérannée et aboutir à une double chaine de montagnes qui commence au Sud du Delta, traverse la haute Egypte et l'Ethiopie pour se joindre à la chaine énorme des *montagnes de la lune* dont elle n'est qu'une des nombreuses branches qui traversent l'Afrique dans différents sens, mais dont nous ne connoissons que les extrêmités qui arrivent à la mer.

En Amérique nous avons la chaine immense des *Andes* qui, placées à l'Ouest de cette partie du monde, la traversent sur toute sa longueur du nord au sud. De plusieurs points de cette chaine partent trois nouvelles chaines dans l'Amérique méridionale (les *Cordillères*) qui s'étendent à l'Est parallèlement à l'équateur, et renferment des plaines énormes qui se terminent d'un côté aux Andes et de l'autre à la mer atlantique. L'Amérique septentrionale est moins montueuse, mais a cependant plusieurs rameaux des Andes, parmi les quels se distinguent la montagne d'Elie, le Buen-Tiempo et le Duida par leur grande hauteur, et les *montagnes bleues* de la Jamaïque.

On a imaginé différents systèmes dans les quels on vouloit ranger les chaines de montagnes par rapport à leurs directions. Mais j'avoue que je les trouve tous ridicules. Le plus drôle de ces systèmes est celui qui fait des montagnes le squelette du la Terre et veut y trouver une ressemblance avec celui du corps humain.

Mr. de R. Les Andes feront apparemment l'épine du dos; mais malheureusement elle a essuié une grande fracture à l'isthme de Panama.

Le Comte C. Ses côtes du côté de l'Est seront les cordillères, les Pyrennées, le caucase, l'Altai etc.

Mr. de G. Les côtes du côté de l'Ouest ont apparemment fait naufrage dans la mer pacifique et leurs débris ont été jettés sur le Japon et la Chine, et se retrouvent encore dans l'archipel indien.

Mr. de L. Point du tout. Je revendique ces soi-disants débris pour la bosse du Thibet à qui ils appartiennent de droit.

Le jeune de L. Que ferez-vous, messieurs des Alpes, du Boghdo et de tant d'antres masses de ce genre?

Mde de L. Finissons ces plaisanteries. Il est clair que la Nature n'a pas consulté ces inventeurs de systèmes lors de la distribution des montagnes sur la surface de la Terre. Dites nous, monsieur de P., quelque chose de raisonnable.

Mr. de P. Eh bien! considérons les volcans comme un genre de montagnes particulier, si dignes de notre attention à tous égards. L'Europe et l'Amérique en ont le plus grand nombre, quoique l'Asie et l'Afrique n'en soient pas absolument dépourvues; et nous connoissons encore trop peu la nouvelle Hollande pour savoir si elle en contient.

De tous les volcans le plus connu et le plus instructif quoi qu'un des plus petits, est le *Vésuve.* Sa hau-

teur a varié par les éruptions. En 1776 elle étoit de 615 toises et en 1805 Gay-Lussac la trouva n'être plus que de 584. La cîme s'écroula lors de l'éruption de 1794. Son crater est à présent oblique; son côté méridional est de 546 pieds ou 91 toises plus bas que le septentrional. Son diamètre est de 270 toises et sa masse isolée s'élève au dessus de la plaine de Naples qu'il a formée, qu'il a gagnée sur la mer par sestorrens de lave et ses cendres, dont il est lui-même composé en entier. Ses éruptions se répètent presque annuellement; mais les trois plus terribles sont: celle de l'an 79 de l'ère chrétienne, qui détruisit les ville de Pompeji et de Herculanum et couta la vie au célèbre Naturaliste romain Pline; celle de 1631 qui couvrit de laves tous les villages de ses alentours et fit périr plus de la moitié de leurs habitans; celle de 1794 si bien décrite par Hamilton et d'autres, qui ne fut guères moins funeste, non seulement par les torrens de lave et une quantité immense de cendres, mais sur tout par un déluge d'eau qui fit plus de ravages que le feu. Une des éruptions les plus instructives pour la Physique de la Terre est celle de 1538 qui produisit le Monte nuovo. Cette petite montagne s'éleva en 48 heures du sein du lac Lucrin, près de la Solfatara, jusqu'à une hauteur de 72 toises au dessus de sa base, et livre une image en miniature de la formation du Vésuve lui-même.

L'Etna, le plus proche voisin du Vésuve, offre une masse bien plus imposante. Sa cîme s'élève à 1713 toises au dessus du niveau de la mer et est couverte de de neiges éternelles, malgré les feux vulcaniques qu'il recèle dans son sein. Ses éruptions sont aussi bien plus

terribles, surtout par les tremblemens de terre dont elles sont accompagnées. Celle de 1693, par exemple, détruisit en trois jours 16 villes et couta la vie à plus de 90000 habitans. Son crater a près de 600 toises de diamètre. En outre il porte sur ses flancs plus de 40 petits craters qui livrent des laves pendant les éruptions et d'ailleurs forment de petits cônes fermés.

Les *isles de Lipari*, au nord de la Sicile sont autant de petits volcans, dont l'un, le Stromboli, est toujours en activité; c'est une éruption continue mais foible.

Mais c'est au Nord de l'Europe, tout près des glaces polaires, là où le froid rend le pays presque inhabitable, que se trouve la plus grande masse de volcans que nous connoissions. Toute l'Islande et la Grönlande peuvent être considérées comme un seul volcan à plusieurs bouches, dont *l'Hécla* en Islande paroit être la plus considérable, non par son élévation qui n'est que de 520 toises et est surpassée de 200 toises par celle du Snoefials-Jeküll, qui a cessé d'être actif. Vers le milieu de cette isle se trouve une grande plaine, le plus terrible volcan que l'on connoisse. En 1783, le 1. de Juin, commença une éruption qui ne se termina qu'en Aoust, et s'annonça par des tremblemens de terre toujours croissants. Quelques jours après parurent trois grandes colonnes de feu isolées qui, s'agrandissant petit à petit, se réunirent et formèrent une seule colonne d'une grosseur immense. Des cendres et des sables volcaniques, des pierres ponces et d'autres pierres furent lancées de tout côté, et une pluie abondante mêlée d'acide sulfurique, commença à dévaster

la plaine. Le Scapta, fleuve considérable qui se perdoit dans un bas-fond de 200 toises de profondeur et 4 milles de longueur, cessa le 11 Juin de couler; et deux jours après ce goufre offrit un nouveau volcan, la plus terrible des bouches à feu. Il en sortit non un torrent, mais une mer de lave qui augmenta jusqu'au 16 d'Aoust, se répandit dans toute les directions et inonda toute cette vaste plaine jusqu'à 140 toises de profondeur. Cette mer de lave étoit encore brûlante à la fin de Novembre. Enfermée dans la grande plaine entre des montagnes, elle s'ouvrit enfin un passage à travers des rochers qu'elle roula dans une autre plaine où elle se répandit avec une violence dont les plus terribles innondations des fleuves ne peuvent donner qu'une foible idée. Ce dût être comme le saut du Niagara, mais un saut de lave brûlante.

Mde. de L. Quel horrible phénomène!

Mr. de P. Dix sept terres considérables *), les églises, les habitations et une grande partie des habitans ont été la proye des laves et quatre terres celle des eaux. Trois fleuves considérables et huit petits ont disparu; leurs lits sont à sec. La même éruption forma à 16 milles de l'Islande une nouvelle isle volcanique, à un endroit où la mer a 800 toises de profondeur. En Fevrier 1784 elle vomissoit encore des flammes. La hauteur de cette isle au dessus de la mer n'a pas été mesurée mais on la compare à celle d'une autre mon-

*) Dans le Nord les terres sont, quant à leur étendue, comparables à de petits Duchés.

tagne assez considérable, nommée Esiann; sa circonférence est d'un demi mille.

L'Europe contient en outre quantité de volcans éteints, dont on ne sait pas l'époque de leur dernière éruption. L'Allemagne en offre plusieurs dans les environs de Andernach, Bonn, Bingen, Cassel etc., et l'on peut dire que tout ce terrain est volcanique. Mais ceux d'Auvergne sont les plus remarquables. Le *mont d'or*, qui s'élève à $942\frac{1}{2}$ toises au dessus du niveau de la mer, le *Puy de dôme* qui a $735\frac{2}{3}$ toises de hauteur, et toutes les nombreuses élévations coniques qui sont dans ses environs, sont des volcans éteints. Des courans de lave et quantité d'autres productions volcaniques qu'on retrouve dans ces contrées, prouvent l'origine de ces montagnes, qui au reste n'ont pas toutes livré des éruptions formelles. Plusieurs, telles que le Puy de dôme, n'ont été que soulevées par les feux volcaniques, sans s'être ouverts. La masse de ce Puy est un granite qui a subi des changemens par la chaleur et a reçu le nom de Domite par le célèbre Géognoste allemand Baron de Buch à qui nous devons presque toutes nos connoissances sur ces volcans éteints.

Mde. de L. Veuillez me dire, monsieur de P., ce que c'est qu'un *Géognoste.*

Mr. de P. C'est un Naturaliste qui s'occupe de la connoissance des masses de rochers et de terres qui forment l'écorce de notre globe, quant à leur nature, leur gisement, leur superposition et leur distribution dans différentes contrées, et l'on nomme *Géognosie* cette partie importante de l'histoire naturelle. Nous en

viendrons bientôt à l'ébauche de cette Science qui fait partie de la Physique de la Terre.

L'Asie, a à proportion de sa grandeur, moins de volcans que l'Europe. Les grouppes d'isles qui bordent la côte orientale de cette partie du monde, les Moluques, les Philippines, les isles du Japon, en contiennent plusieurs dont la plûpart au reste sont éteints. Le *Kamtschatka*, sur la presqu'isle de ce nom, est le plus considérable de tous. Ses éruptions se répètent annuellement deux ou trois fois et couvrent les environs de cendres souvent jusqu'a 75 lieues à la ronde.

Nous ne connoissons jusqu'à présent en Afrique aucun volcan à l'exception du Pic de Teyde sur l'isle de Ténériffe. Par contre on doit le compter au nombre des plus considérables. Sa hauteur est d'environ 2000 toises au dessus du niveau de la mer. Sa dernière éruption eut lieu en 1798 et dura deux mois. On le vit lancer d'énormes quartiers de pierre jusqu'à 4000 pieds au dessus de sa bouche, qui cette fois n'étoit qu'une ouverture dans le flanc. Son vrai crater, le sommet, n'a pas vomi depuis plusieurs siècles. Ce volcan offre les plus grands disparates. Sa cime et ses alentours, jusqu'à 3 milles géographiques carrés, sont un désert affreux couvert de laves, de pierres et de cendres, où la Nature n'offre à l'oeil attristé rien de vivant, tandis que le pied de ce volcan est orné de la végétation la plus brillante. Là croissent le laurier, le banane, le palmier et toutes les plantes équinoxiales. Le sommet a presque la chaleur de l'eau bouillante et exhale des vapeurs d'acide sulfureux, tandis que l'air qui l'environne a presque la température de la glace.

Mr. de R. Le pic de Teyde est donc proprement toujours en éruption.

Mr. de P. Assurément, si vous voulez nommer éruption cette exhalaison de vapeurs sulfureuses. Au moins peut-on dire qu'il est toujours actif.

L'Amérique nous offre dans la partie des Andes qui avoisine l'équateur les plus hautes cimes volcaniques. Cette contrée entière, qui comprend le Chimboraço, l'Antisana, le Cotopaxi, le Pichincha, le Tonguragua, le Nevado del Attas, nommé autrefois Capa-Urku ou le Roi des montagnes, paroit être un seul et immense volcan dont ces montagnes gigantesques ne sont que les bouches. Le Capa-Urcu surpassoit autrefois le Chimboraço en hauteur; de là son nom; aujourd'hui il est de plus de 600 toises moins élevé. Il a perdu ce surcroit de hauteur par une éruption qui eut lieu dans le seizième siècle et dura 7 ans. La tradition des Péruviens rapporte que pendant tout ce tems le volcan vomit tant de cendres que le soleil en étoit obscurci.

Mr. de R. Tout paroit être gigantesque en Amérique.

Mr. de P. Comparez en effet cet écroulement de la cime du Capa-Urku avec celle du Vésuve en 1794 qui a tant étonné les Européens, et vous trouverez que la hauteur des masses écroulées, dans la supposition que le Capa-Urku n'ait eu que la hauteur du Chimboraço, sont dans le rapport de 600 à 30 ou de 20 à 1, et par conséquent les masses écroulées elles-mêmes dans celui 8000 à 1, en sorte que la partie du Capa-Urku qui a disparu, égale au moins la masse entière du Vésuve. Le Co-

topaxi est un des plus violents des volcans encore actifs. Lors de sa dernière éruption Humboldt entendit ses mugissemens intérieurs au port de Huayaquil, à 52 lieues du volcan, et La Condamine trouva, lors de son voyage au Pérou pour la mesure du degré, des pierres de 8 à 9 pieds de diamètre que le Cotopaxi avoit lancées jusqu'a trois lieues de distance. Le Tonguragua n'est pas moins terrible. C'est lui dont l'éruption de 1797 causa ces affreux tremblemens de terre qui détruisirent Lima et bouleversèrent tout le Pérou.

L'Amérique septentrionale offre deux grands volcans éteints sur sa côte nord-ouest, le mont Elie et le Buen-Tiempo, et plusieurs autres petits aux environs de Mexico, dont le plus remarquable est le Jorullo qui se forma en 1759 au milieu d'une plaine couverte de plantations, dont le terrain au reste étoit déja volcanique. L'éruption, qui produisit ce volcan, dévasta cette plaine à plus d'une lieue à la ronde, tant par les pierres et la cendre qu'elle vomit que par des milliers de petites excroissances et de 6 cônes, dont le plus haut est le Jorullo, qui, selon Humboldt, s'élève à plus de 250 toises au dessus de la plaine dont les sources sont depuis très chaudes et imprégnées de gaz hydrogène sulfuré. Ce volcan a continué ses éruptions pendant plusieurs années consécutives, mais à présent il n'émet plus, de même que les autres cônes, que de la fumée et des vapeurs épaisses qui s'élèvent à quelques toises de hauteur.

Une observation importante, que nous devons à La Condamine et confirmée par Humboldt, est que les grands volcans d'Amérique ne vomissent plus de laves,

mais seulement des eaux chaudes, bourbeuses et puantes, de la pierre ponce et d'autres scories vulcaniques. Ces eaux ravagent au reste, plus que les laves, les vallées et les plaines qu'elles submergent et où elles forment souvent des lacs considérables qui infectent l'air; et ce qui rend ces éruptions aqueuses bien remarquables pour le Physicien, c'est qu'elles vomissent quelques fois des poissons, frais mais bouillis par la chaleur de ces eaux.

Mr. de G. Il manquoit encore cette singularité à tous les phénomènes étonnants des volcans.

Mr. de P. Passons à présent de cette considération des montagnes à celle d'un objet tout opposé, à celle des *cavernes* que nous retrouvons près de la surface de notre globe. Presque toutes les contrées de la terre connues en contiennent, les pays de montagnes et les pays plats, et il seroit bien plus difficile d'imaginer ici un système de distribution que pour les montagnes, d'autant plus que nous ne connoissons peut-être pas la dixième partie de ces cavernes.

Deux cavernes furent fameuses dans l'Antiquité, le labyrinthe de Crète et la grotte de Trophonius. Le *labyrinthe* a son entrée au pied du mont Ida; elle conduit par plusieurs corridors courbés à droite et à gauche et de haut en bas à deux grandes salles. Le plus long de ces deux corridors à 1200 pas. Quelques uns sont si affaissés qu'on ne peut y passer que sur le ventre. Les parois de ces corridors et de ces salles sont perpendiculaires et composées de pierres régulièrement tassées; ce qui a fait naitre l'opinion que cette caverne

a été faite de main d'homme, opinion qui, au reste, n'a nulle vraisemblance.

La *grotte de Trophonius*, en Livadie (l'ancienne Achaïe) sous une montagne entre la mer et un lac, rendoit des oracles. Ce que l'on sait d'elle aujourd'hui c'est qu'elle est composée d'une quarantaine des corridors dans les quels s'écoule une partie du lac.

Mde. de L. Je ne vois rien de bien merveilleux à ces cavernes.

Mr. de P. Aussi n'est-ce que le respect pour l'Antiquité qui m'a engagé à les nommer. Veuillez m'accompagner dans la promenade souterreine que nous allons faire et promettez moi, madame, de ne pas vous effrayer des dangers que vous allez courir.

Mr. de L. Je vous réponds du courage de ma femme, pourvû que vous ne la fassiez pas sortir de sa chambre.

Mr. de P. Commençons par une caverne qui se recommande par son nom, qui n'a rien d'effrayant. C'est la la *grotte des demoiselles*, dans les Cévennes, salle immense qui est environ la moitié aussi grande que la ville de Ganges qui l'avoisine. Sa hauteur ou profondeur n'a pas encore été mesurée; mais lorsqu'on se place sur la plus haute éminence qu'on peut atteindre, la lumière d'un flambeau n'en peut pas éclairer la voute assez pour la rendre visible. Cette grotte est admirable, moins encore par sa grandeur que par les stalactites merveilleuses qu'elle renferme.

Mde. de L. Qu'est-ce qu'une stalactite?

Mr. de P. C'est une pierre calclaire que la Na-

ture forme encore tous les jours dans les cavernes, dont le dessus et les flancs sont de pierre à chaux. L'eau de pluie ou de neige fondue, qui tombe sur l'extérieur de ces cavernes, se filtre au travers de la pierre, en dissout une partie et tombe à l'intérieur lentement, goutte à goutte, et adhère en partie à la voûte ou aux côtés du rocher. Cette eau chargée de chaux s'évapore et laisse au point où elle se trouvoit pendant l'évaporation le précipité calcaire cristallisé qu'on nomme stalactite. Nous reviendrons encore aujourd'hui sur la formation curieuse de cette pierre. Considérons à présent les masses qu'elle forme et qui sont souvent aussi admirables par la finesse du travail qu'étonnantes par leur grandeur. La grotte des demoiselles contient, par exemple, des pyramides formées ainsi, qu'on ne peut comparer qu'à des tours d'église, des colonnes que quatre hommes ne peuvent embrasser et dont la hauteur se perd dans l'obscurité du dôme de la grotte, des masses énormes qui descendent obliquement d'une hauteur dont on n'aperçoit pas le sommet et qui, étant toujours mouillées, offrent à l'imagination l'aspect d'une chûte d'eau. Une autre de ces concrétions présente une statue ou plutôt un grouppe qui a la ressemblance la plus frappante avec la statue d'une mère et de deux enfans. Près de là se trouve un autel ovale de trois pieds de hauteur, porté sur des marches passablement régulières avec un disque également ovale couvert de concrétions très déliées, qui ressemblent à des feuilles d'artichaut.

Mr. de R. Combien de siècles n'a-t-il pas fallu pour produire goutte à goutte ces masses gigantesques

de pierre! Quelle antiquité cette grotte ne doit-elle pas avoir!

Mr. de P. La *grotte de Muggendorf*, dans la principauté de Bayreuth en Allemagne.....

Le Comte C. Je l'ai visitée avec beaucoup de plaisir. Elle n'offre pas, à la vérité les masses imposantes de la grotte des demoiselles, quoi qu'elle contienne de grands morceaux de stalactite suspendus à sa voûte qui ressemblent à des rideaux, et à un de ses côtés une masse comme en l'air, en forme de chaire d'église, de plus de 500 pieds cubes. Mais elle est remarquable par un grand nombre de colonnes minces dont les unes s'élèvent du fond, les autres s'abaissent du faîte et dont quelques unes qui, croissant précisément l'une au dessous de l'autre, se sont réunies par cet accroissement et joignent les points les plus élevés avec le fond. Lorsqu'on frappe ces colonnes elles rendent des sons agréables et très variés à raison de leur hauteur et de leur épaisseur. Cette grotte est en outre tapissée sur presque toute sa surface de stalactites travaillées avec une finesse admirable; c'est sur tout le cas d'une petite chambre, dans la quelle on ne peut entrer qu'en se couchant sur le ventre, qui est décorée de mille petites choses à qui on a donné les noms de melons brodés, de craiche de Saint-Jesus etc. et dont quelques unes ont l'air d'être faites de filigrain. La chaire de la grotte principale est également ornée de cette manière et surtout de petits cônes qui donnent à cette chaire tout à fait un aspect gothique.

Mde. de L. Trouve-t-on toujours dans ces grot-

tes les masses gigantesques réunies à du travail aussi délié?

Mr. de P. Presque toujours. La *caverne de la Berquilla* en Espagne, dans la province de Murcie, qu'on ne connoit que depuis 1803, réunit toutes ces beautés. Son entrée, de 12 pieds de largeur et de 5 de hauteur, conduit à une chambre, au milieu de la quelle se trouve un gros pilier de stalactite qui semble porter le plafond. Cette chambre n'est que l'antichambre de plusieurs grandes salles qui se trouvent à droite et à gauche et surtout au dessous jusqu'à une profondeur de près de 400 toises. Don Juan Sanchèz Cineros, qui a découvert cette caverne et qui y a marché dans la même direction jusqu'à plus de 660 toises, n'a pas pu atteindre la fin de ces salles. Elles sont remplies de toutes sortes de figures, les unes d'une grandeur gigantesque, d'autres de la plus grande finesse, des cônes énormes suspendus aux plafonds, des rideaux, des colonnes, une table autour de la quelle l'imagination se plait à voir des moines assis, des reliefs charmants, des ornemens en forme de feuilles macérées qui semblent formées de fil d'argent, des protubérances qui ressemblent à des cristaux, etc.

La grotte *d'Antiparos,* qui est du genre de celle des demoiselles, a été découverte par Nointel, Ambassadeur françois à Constantinople en 1673, qui y fit faire la service divin au jour de Noël sur une masse de stalactite qui a un peu la forme d'un autel et qu'il fit consacrer à cet effet. La grotte n'a que 300 pieds de diamètre et 80 pieds de hauteur, mais est à une profon-

deur de 1000 pieds sous terre. On y arrive par un conduit très escarpé et inégal au moyen d'une corde fixée à l'entrée, et à la quelle il faut en quelque sorte se suspendre.

Mde. de L. Quel danger! Se suspendre à une corde, qui, si elle rompt vous laisse tomber dans un précipice de 1000 pieds de profondeur!

Mr. de P. Assurément; mais cela n'empêche pas les voyageurs de le visiter. D'autres grottes se distinguent par des masses de stalactites d'autres formes. Telle est le *Schulerloch* en Bavière, qui offre dans son ensemble l'aspect frappant d'une église dans le style gothique avec ses piliers et ses voûtes pointues; la *grotte de Slain* dans l'Ecosse septentrionale, qui contient plusieurs énormes colonnes cannelées, formées par quantité de petites colonnes qui, en croissant l'une fort près de l'autre, se sont réunies en une seule.

Je ne finirois pas, si je voulois vous dépeindre toutes les cavernes ou grottes dont la stalactite en orne l'intérieur. Le mieux est, madame et messieurs, de faire travailler votre imagination et de vous représenter en idée une de ces grottes presque immenses avec ses masses imposantes en forme de clocher, de grosses colonnes unies ou canelées, de voûtes gothiques, de rideaux suspendus au plafond, de chûtes d'eau et de chaires sortant des flances de la caverne, et des milliers de petites décorations et protubérances travaillées comme par l'art de l'orfèvre. Ajoutez le vernis brillant qui couvre toutes ces surfaces par

l'eau qui y tombe et, éclairé par des flambeaux dont la lumière réflêchie offre le spectacle de la plus singulière et de la plus imposante illumination. Ajoutez enfin le murmure des gouttes tombantes, toutes pour chaque point en tems égaux et pour différents points en différents tems et à différentes hauteurs, et vous concevrez que l'effet de ces grottes mérite bien la peine qu'on se donne et quelques dangers aux quels on s'expose, pour se procurer cette jouïssance.

Mde. de L. Je conçois toutes ces beautés, assurément. Mais j'avoue que je préfère en entendre le récit au plaisir de me suspendre à des cordes ou de ramper sur le ventre pour entrer dans ces cabinets de raretés souterraines, d'autant plus que l'humidité qui y règne me donneroit la fièvre.

Mr. de P. Eh bien! continuons notre voyage idéal. Nous voilà arrivés en Angleterre dans le comté de Derbyshire, à l'entrée de la *caverne de Carleton.* Ses dimensions sont jusqu'à présent encore inconnues. On y a pénétré jusqu'à une distance de 2700 pieds au travers d'un lac sur le quel on s'embarque à son entrée. La salle principale a comme celle du Schulerloch la forme d'une église gothique décorée par la stalactique. Ce qui empêche de pénétrer plus loin, c'est un fleuve souterrain qui se précipite avec fracas dans un goufre immense où il se perd entièrement.

Mde. de L. Ainsi il y a des fleuves sous terre!

Mr. de P. Oui, madame, et la *caverne d'Adels-*

berg, à 6 milles géographiques de Triest, en offre deux dont l'un coule à l'entrée, du dehors au dedans, jusqu'à une distance considérable, s'enfonce en terre, reparoit au jour près de Planina, se perd de nouveau sous terre et reparoit en suite; c'est le fleuve Laibach. Le second, qui se trouve bien plus avant dans la caverne, la traverse toute entière, et est surmonté de deux ponts de stalactite voûtés, dont l'un a plus de 80 toises de hauteur au dessus de l'eau, et ces deux ponts se trouvent à plus d'une lieue de distance l'un de l'autre.

Mr. de R. A plus d'une lieue! Et quelle grandeur aura donc la caverne?

Mr. de P. On ne l'a jamais pu mesurer; car cet antre terrible est plein de labyrinthes et semé d'écueils dangereux, qui arrêtent le voyageur le plus hardi.

La côte occidentale de la Norvège offre la *caverne de Dolsteen* qui a la singularité de s'étendre très avant sous la mer, dont on entend le mugissement au dessus de sa tête. Vous vous ferez une idée de l'étendue de cette caverne, lorsque je vous dirai que deux pasteurs des environs, qui la visitèrent en 1750, usèrent deux chandelles l'une après l'autre pendant ce voyage sous-maritime pour l'allée et le retour; ce qui fait, dans la supposition qu'une chandelle n'ait duré que 6 heures et que les pasteurs n'ayent fait qu'un pied de chemin par seconde, une distance de 3600 toises depuis l'entrée de la caverne jusqu'au point où ils sont parvenus. Ils furent arrêtés dans ce voyage singulier par une pente très roide sur la quelle ils ne voulurent pas se hazarder.

Pour se faire une idée de la profondeur de ce goufre ils y firent rouler une pierre, dont ils entendirent le son pendant une minute entière. En admettant un angle de 45 degrés pour la pente, le calcul donne presque 4000 pieds pour la profondeur verticale. Les paysans des environs croient que cette caverne s'étend jusqu'en Ecosse.

Mr. de R. Bon voyage à ceux qui voudront examiner si cela est vrai. Je ne suis pas de la partie.

Le Comte C. Elle seroit assez plaisante; la distance n'est que d'environ 200 lieues, et la Diplomatie n'auroit pas peu à faire pour tracer dans ce pays sous-marin la frontière entre l'Ecosse et la Norvège, et nous verrions peut-être les deux puissances se battre sur mer et sous mer pour la ligne de démarcation.

Mr. de P. En attendant faisons un petit trajet sur terre jusqu'à Friedericshalle dans le district de Racke vis-à-vis l'isle d'Ageroe. Là, sur la cime d'un rocher, se trouvent trois trous d'environ 4 pieds de circonférence, dont deux n'ont qu'une petite profondeur. Mais le troisième est tellement profond qu'une pierre, qu'on y laisse tomber, n'est entendue qu'après $1\frac{1}{2}$ minute. Le calcul, fondé sur la loi de la chûte des corps et de la vîtesse du son, donne presque 40000 pieds pour cette profondeur.

Mr. de G. Ne nous direz-nous rien, mon cher ami, de la fameuse *grotte de Fingal*?

Mr. de P. Pas grand chose. Elle se trouve sur la très petite isle de Staffa à l'Ouest de l'Ecosse, qui n'est composée entièrement que de basalt. Cette grotte est

une espèce de gallerie horizontale qui s'étend jusqu'à 371 pieds dans l'intérieur. L'entrée a 53 pieds de largeur et 117 de hauteur. Mais la grotte se rétrécit de sorte qu'à son fond elle n'a plus que 20 pieds de largeur et 70 de hauteur. Le plafond est composé de grands débris de basalt irrégulièrement entassés; le plancher est la mer, sur les ondes de la quelle on fait la tournée de la grotte en bâteau.

Mde. de L. Dites nous, monsieur de P., ce que c'est que le basalt.

Mr. de P. C'est une pierre qui se distingue de toutes les autres par la régularité de ses formes, étant composée entièrement de pilastres prismatiques à plusieurs nombres de faces, qui se joignent parfaitement et forment par là comme une seule masse. Ces prismes, qui ont de quelques pouces jusqu'à 4 à 5 pieds de diamètre et souvent plus de 100 pieds de hauteur, offrent l'idée d'une cristallisation gigantesque. Nous avons des masses énormes de basalt; le pic de Teyde, par ex:, de même que les trois archipels des Canaries, des Açores et du Cap-verd, est presque entièrement composé de basalt, et la petite isle de Staffa ne feroit pas parade parmi ces grandes masses, si elle n'étoit remarquable par la grotte dont nous parlons, dont l'aspect contraste si singulièrement avec l'irrégularité des autres grottes et offre au voyageur une promenade sur l'eau qui a quelque chose d'agréable par cette régularité et d'imposant par les grandes masses de débris du même basalt suspendues irrégulierement au dessus de sa tête.

Mr. de R. Voilà donc de grandes masses régulières que la Nature a produites.

Mr. de P. Vous vous tromperiez si vous preniez le basalt pour une vraie cristallisation; il n'en a que l'apparence, et je vous expliquerai un jour comment la Nature a fait sortir du sein même de l'irrégularité ces masses symmétriques. Faisons à présent une tournée dans un autre genre de cavernes, de celles qui contiennent des ossemens d'animaux, dont les races n'existent plus et dont l'histoire naturelle ne connoit aujourd'hui que des races analogues. La plus importante est celle de *Gailenreuth* en Franconie. Le rocher calcaire qui l'entoure, incruste une quantité d'ossemens de différens animaux qui appartienent à des races très ressemblantes à l'ours blanc et au tigre. Le creux de la caverne en étoit autrefois parsemé; mais les voyageurs les ont enlevés petit à petit.

Le Comte C. J'ai vu dans le Cabinet du professeur Esper à Erlangen la tête d'un ours blanc trouvée dans cette caverne. Elle étoit si bien conservée qu'il ne lui manquoit que deux dents et ses dimensions étoient telles que l'ours, au quel elle a appartenu, devoit avoir 18 pieds de longueur, à compter du museau jusqu'au bout de l'épine; ce qui fait plus du double de la grandeur des ours blancs d'aujourd'hui.

Mr. de P. Cette caverne, qui est par-ci, par-là ornée de stalactite, a six chambres connues et peut-être plusieurs inconnues. On y trouve partout de ces os fossiles dans les parois, et plus on s'y enfonce, plus on aperçoit une odeur de cadavre qui dans la sixième est

presque insupportable. Là on trouve une couche de 5 à 6 pieds d'épaisseur d'un terreau noir et puant, qui ne peut-être autre chose que les débris de la chair de quantité d'animaux morts dans cette sixième chambre.

Mr. de G. La mort de ces animaux ne peut donc pas être de très vieille date.

Mr. de P. Pourquoi pas? Elle peut reculer à plusieurs milliers d'années. Cette caverne n'a qu'une entrée et pas d'issue; les passages d'une chambre à l'autre sont étroits; ainsi l'air ne s'y renouvelle qu'avec une extrême lenteur et uniquement par l'absorption du gaz oxigène causée par la pourriture dans cette sixième chambre.

Du reste il faut bien distinguer ces ossemens fossiles des os pétrifiés. Ceux-là ne le sont pas; ils contiennent même encore de la gélatine et ne sont qu'incrustés dans la roche calcaire, où ils se sont conservés presque sans changement.

Le jeune de L. Cela m'étonne. Il me semble que tout doit changer par la vieillesse.

Mr. de P. On s'est étonné bien davantage de trouver des crapauds vivants au milieu d'un bloc de marbre, où ils étoient parfaitement enfermés, où ils faisoient comme le noyeau d'un moule de cette pierre.

Mde. de L. J'avoue que je n'y comprends rien.

Mr. de P. Le crapaud est un amphibie qui passe l'hyver sous l'eau, endormi; ceux qu'on a trouvés ainsi, dormoient encore; mais ils s'éveillèrent dès qu'ils se trouvèrent à l'air et moururent quelques heures après.

Il faut supposer que lors de la formation du marbre, qui leur a servir de dortoir pendant tant de siècles, ils furent surpris sous l'eau et moulés par la pierre qui se formoit. Soustraits par là à l'influence de l'air, ils restèrent dans cet état sans respiration et sans transpiration.

Mr. de V. Bien dommage que ces bons viellards de crapauds, qui ont passé si longtems dans cette agréable solitude, ne nous ayent pas donné des nouvelles de ce qui se passoit du tems où ils vivoient encore dans le monde.

Mr. de P. Terminons notre voyage souterrain par la visite de la *grotte de Pétersberg* près de Mastricht. Sa masse est composée d'une fine pierre de sable, dans la quelle on trouve quantité de fragmens pétrifiés d'animaux marins et terrestres, dont la plûpart ne se retrouvent plus parmi les races connues aujourd'hui. Le morceau le plus remarquable est une tête de Crocodile, de 4 pieds de longueur sur $2\frac{1}{2}$ de largeur, incrustée dans le rocher et dont la mâchoire inférieure seule est pétrifiée. Ce trésor fossile fut découvert en 1770 par le Naturaliste Hofmann, et a passé par la guerre de révolution au musée de Paris. Cette caverne, du reste, est immense; sa partie antérieure a une demie lieue de profondeur et est, avec ses magnifiques voûtes, l'ouvrage de la Nature. Mais de là on arrive par plusieurs corridors dans quantité d'autres espaces très vastes, creusés par la main de l'homme et dans les quels on a ménagé des piliers presque sans nombre, qui portent les voûtes élevées de cet édifice souterrain. C'est un laby-

rinthe immense, où l'ouvrier, qui y travaille encore aujourd'hui, a peine à s'orienter.

Mde. de L. Mais pourquoi bâtit-on ce dédale obscur? Est-ce peut-être pour y fouiller des ossemens et des coquillages du monde primitif?

Mr. de P. Non, madame. Le but de ces travaux est très ordinaire et très prosaïque. C'est une carrière, et les pierres de taille, qu'on en exploite, se transportent au loin sur la Meuse, qui coule à peu de distance de la caverne.

Toutes les cavernes que je viens de vous décrire, celle de Fingal exceptée, se trouvent dans des rochers de chaux ou de sable. On a voulu expliquer leur origine par l'action des eaux de pluie et de neige, qui, traversant ces rochers, en entrainent une partie, comme on le voit dans la formation de la stalactique. Mais cette opinion est erronnée; car outre que les rochers sabloneux résistent à cette action et que l'on ne découvre point de cavernes au dessus de celles où la stalactique se dépose, la construction de toutes les cavernes de ce genre en indique une autre origine. Les parois naturelles de ces grottes sont de règle des arcs plus ou moins courbés, qui forment une espèce de voûte gothique. Elles offrent quantité de débris, dont quelques-uns encombrent l'intérieur, d'autres sont suspendus ou encoignés entre les parois; on y voit des crevasses plus ou moins grandes et sous toute sorte de directions, dont les unes servent de passage et d'autres sont pleines de décombres. Tout cela annonce non un effet lent du tems, mais une force subite et

violente, une explosion dont la cause s'est trouvée dans le lieu même et qui a agi du dedans au dehors. La Géologie, ou l'histoire de la formation de l'écorce de notre globe, nous instruira plus amplement là-dessus.

Mde. de L. Mais ne pourriez-vous pas nous dire déja à présent comment se fait la stalactique?

Le Comte C. J'avoue que je ne comprends pas cette formation; car l'eau de pluie ou de neige ne dissout pas la pierre à chaux.

Mr. de P. Une seule observation nous donnera la clé de ce secret: Les grottes ornées de stalactites ne se trouvent que dans des roches calcaires dont la surface extérieure est couverte de terre végétale et de plantes. Sous les rochers nuds point de stalactique. Vous voilà sur la piste, monsieur le Botaniste. Veuillez vous donner la peine de nous expliquer la chose.

Le Comte C. Voyons si je me tirerai d'affaire. Que font ici les plantes et le humus? Les plantes et leurs racines pourrissent et forment la terre végétale; cette pourriture produit de l'acide carbonique. Les eaux de pluie absorbent cet acide, qui devient par là capable de dissoudre le carbonate de chaux du rocher. Cette eau imprégnée d'acide carbonique se fait jour au travers des pores du rocher et dissout, chemin faisant, de ce carbonate. La dissolution arrive à la surface intérieure de la grotte, tombe en gouttes et s'évapore; et je conçois que, si le rocher a quelques gerçures, l'eau carbonatée prendra ce chemin de préférence et établira à son issue les plus grandes masses de stalactite, les rideaux, les chaires d'église, les clochers etc.

Mr. de P. Cette explication est très juste et s'étend également à la couleur des stalactites, qui varie selon les lieux et surtout selon les saisons, depuis le blanc de l'albâtre jusqu'au jaune et au brun le plus foncé; la couleur la plus ordinaire est un jaune pâle un peu sale. Ces couleurs sont proprement la matière colorante de la terre végétale, qui se filtre plus ou moins, à raison de la plus ou moins grande porosité du rocher, et surtout en raison de l'épaisseur de la couche végétale et de la quantité de l'eau qu'elle reçoit du ciel. Dans la saison des pluies, ou lors de la fonte des neiges, l'eau carbonatée se charge davantage de cette matière colorante que dans les autres saisons; ce qui produit des couches concentriques de différentes nuances. En effet, lorsqu'on casse une colonne de stalactique, on voit la coupe composée de cercles clairs et foncés; ce qui donne à ces colonnes l'air de troncs d'arbre.

La température des grottes souterraines est un autre objet digne de notre attention. Dans les grottes séches elle se tient à 8 ou 9 degrés R. pendant toute l'année, par ce que la masse de rochers qui les couvre ne permet pas à l'air de transmettre sa température variable d'une saison à l'autre, les pierres étant de faibles conducteurs de la chaleur. Les grottes humides par contre ont toutes une chaleur moindre que celle des grottes séches; souvent même il s'y forme de la glace, et ce qu'il y a d'étonnant, c'est que cette formation de glace n'a pas lieu en hyver, mais en été, lorsque l'atmosphère au dehors a 20 à 25 degrés de chaleur. La *grotte de Besançon*, qui a environ 370 pieds de diamètre, offre en été quantité de glaçons suspendus et de pyra-

mides de glace, qui ressemblent assez à des stalactites transparents, et celle de *Scelice* dans les Carpathes, livre précisément pendant la canicule, tant de glace que c'est un objet de commerce, dont l'exploitation va, année commune, à 600 chariots attelés de 4 chevaux, ce qui fait plus de 24000 quintaux.

La *Glacière de Fondeurle* en Dauphiné n'est pas moins remarquable. C'est une grotte irrégulière, ornée de stalactites calcaires. Le sol est couvert de glace, au travers de la quelle s'élèvent plusieurs stalactites calcaires en forme de cônes. On y trouve en outre quantité de stalactites de glace suspendues à la voûte, dont plusieurs s'abaissent en forme de colonnes jusques au petit lac glacé. Toute cette glace est d'une transparence parfaite; les cônes et les colonnes sont creux et ornés à leur intérieur d'une infinité de cristaux déliés. Lorsqu'on place des bougies dans ces creux, il en résulte une illumination éblouïssante, qui semble tenir du prestige, à raison des couleurs prismatiques que la lumière répand sur tous les points de la grotte.

Mde. de L. C'est un palais magique, comme ceux dont nous lisons les descriptions dans les contes de mille et une nuits.

Mr. de L. A présent, monsieur le Professeur, ne blâmez plus le luxe que je me permets, de boire toujours mon eau à la glace, puisque la Nature elle-même fait des glacières au milieu de l'été.

Mr. de P. Je m'attendois bien à cette sortie contre mes principes de diète, et, pour vous en témoigner ma reconnoissance, je vous prie de nous expliquer le phénomène qui vous sert de justification.

Mr. de L. (aprés voir médité quelque tems). Ma foi je n'y comprends rien. Tout ce que je vois c'est que cela tient à l'évaporation. Mais il faut être sorcier pour faire geler en été et pas en hyver. J'imagine que messieurs les Diplomates se tireront mieux d'affaire que moi.

Mr. de V. Comme la glace de la grotte Scélice est un objet de commerce, la Diplomatie abandonne ce problème à monsieur le Financier.

Mr. de R. Qui récuse cet honneur et le décerne à madame de L.

Mde. de L. C'est bien à une frilleuse comme moi de me mêler de glace! Point du tout. C'est un objet de Physique, qui parconséquent est du ressort de monsieur de P., que nous prions tous de ne pas mettre notre patience à une trop rude épreuve.

Mr. de P. Notre Général a très bien dit que ce phénomène est un produit de l'évaporation, qui, ayant lieu sur une grande surface et dans un espace entouré de foibles conducteurs de la chaleur, absorbera facilement 9 ou 10 degrés de chaleur pour ammener la température de cet espace à zéro ou à quelques degrés au dessous. Mais l'air de cet espace se sature bientôt d'humidité et, l'évaporation cessant par là, la température remonteroit bientôt à la température générale des grottes séches, si cette humidité ne se perdoit pas. Mais où peut-elle se perdre autre part que dans l'atmosphère? A la rigueur cette perte peut avoir lieu tout simplement à l'entrée de la grotte, et en effet les grottes humides sont toutes

un peu plus froides que les grottes séches, et nous obtiendrons un plus grand réfroidissement si la grotte a quelque fente ou crevasse dans sa partie postérieure; ce qui causera un foible courant d'air. L'air extérieur enlèvera donc l'humidité d'autant plus parfaitement qu'il sera plus sec, c. à. d. dans la saison la plus chaude de l'année, qui est en même tems celle où la végétation a la plus grande énergie et produit parconséquent le plus de gaz oxigène. Aussi ne douté-je pas que les habitans des environs de la grotte de Scélice ne soient frustrés en grande partie de leur commerce de glace, lorsque l'été est pluvieux et humide. Dommage que nous n'ayons pas des détails là-dessus.

Le jeune de L. Cette explication, qui me plait fort, suppose au reste une certaine proportion de l'ouverture de la caverne ou du courant d'air à la quantité de l'évaporation. Car si l'air chaud pénètre trop abondamment, il réchauffera l'air intérieur; et s'il pénètre en trop petite quantité, il n'absorbera pas assez d'humidité.

Mr. de P. Fort juste. Aussi les grottes qui fournissent de la glace sont-elles rares; je ne connois que les trois que je vous ai nommées. On a essayé d'expliquer notre phénomène d'une autre manière, par l'évaporation de l'eau à la surface extérieure du rocher qui couvre la glace.

Mr. de L. Cela est impossible; car comment le froid, causé par cette évaporation extérieure, pourroit il pénétrer au travers de cette masse de pierre? Il le fera d'autant moins que ce froid n'existe peut-être pas

du tout; car je doute que la température de la terre ou du rocher soit moindre que celle de l'air ambiant.

Mr. de P. Elle est toujours plus grande et c'est de la surface de la terre, échauffée par les rayons du soleil, que l'atmosphère puise sa chaleur.

Mr. de R. Mais si cette surface étoit couverte de bois?

Mr. de P. C'est le cas de la grotte de Besançon. Mais alors les rayons solaires pénètrent très peu jusqu'au sol, et l'humidité que l'évaporation produit ne se dissipe pas assez vîte pour produire du froid. En effet jamais on n'a vu la température d'une forêt être à zéro au milieu de l'été.

Le jeune de L. Et quel froid ne faudroit il pas à cette surface extérieure pour faire géler l'eau à cent pieds sous terre! Non ce n'est que dans un espace presque fermé que l'évaporation peut produire cet effet.

Mr. de P. Ce phénomène des glacières naturelles me rappelle une autre espèce de grottes, qui fournissent un vent continuel et froid. Il y en a beaucoup. Quelques unes, telles que celles de Terni et Narni et le Monte Eolo en Italie, sont devenues fameuses par ce que les possesseurs de ces grottes conduisent en été ce vent dans leurs appartemens pour les raffraichir. Ces grottes ont toutes une ouverture à la partie inférieure et une à la partie supérieure. La température naturelle des grottes étant de 8 à 9 degrés et celle de l'air extérieur à 20 degrés et plus, vous concevez que ces grottes sont proprement un poële négatif, forment

un courant d'air de haut en bas qui se rafraichira d'autant plus qu'il trouvera dans la grotte plus de surfaces qu'il touche à son passage, c. à. d. lorsque la grotte a bien des décombres et beaucoup de sinuosités. Comme de pareilles grottes sont en outre humides, le vent qui les traverse se charge de cette humidité, rafraichit par là la grotte elle-même; et comme il emporte une partie de cette humidité, qui s'évapore dans l'air sec de la chambre, vous concevrez que ce vent doit rafraichir doublement, d'abord par sa basse température et puis par cette évaporation. Le Monte testaceo près de Rome, composé des pots cassés de l'ancienne capitale du monde, est aussi une grotte éolienne, et doit l'être, à raison de l'immense quantité de surfaces que ces débris de poterie offrent à l'air qui parcourt ce dédale.

Le jeune de L. Ces soufflets naturels me plaisent et je parie que mon bon Papa, qui se plaint toujours du chaud, seroit charmé d'en avoir un à sa disposition.

Mr. de L. Sur tout en hyver, pour raffraichir les apartemens de votre mère.

Mr. de P. Que j'ai sûrement fatiguée ce soir par ce long entretien. Mais j'espère, madame, que vous me le pardonnez, n'ayant pas cru devoir interrompre l'esquisse du tableau que notre globe nous offre à son extérieur. Demain nous entrerons dans les détails et commencerons par les montagnes.

Quatrevingt dix septième entretien.

Mr. *de P.* La première idée qui vient à l'aspect d'une montagne, est de connoitre sa hauteur. Non seulement cela intéresse le voyageur qui veut en atteindre la cime, mais il importe beaucoup à la Physique de déterminer ces élévations, qui ont une grande influence sur le climat, la végétation et l'atmosphère, et offrent en outre des phénomènes à part, dignes de toute notre attention. Mais qu'est-ce que la hauteur d'une montagne? Est-ce son élévation au dessus de la plaine ou de la vallée qu'elle domine? Cette hauteur là est bonne à savoir pour l'habitant des environs et le voyageur qui veut monter sur la montagne. Mais elle n'est pas de grande utilité pour la Physique, par ce que la base d'où l'on part pour mesurer cette hauteur n'est pas quelque chose de fixe, qui puisse servir pour comparer les hauteurs des différentes montagnes éloignées les unes des autres. Le Physicien doit considérer les montagnes comme des excroissances qui s'élèvent au dessus du sphéroïde terrestre, et ne peut prendre pour la surface de ce sphéroïde que celle de l'océan. Ainsi c'est

du niveau de la mer que l'on doit calculer les hauteurs des montagnes, et vous sentez bien que ce problème n'est pas facile pour les montagnes éloignées des côtes. La Géométrie nous offre les moyens de niveller toute espèce de terrain, c. à. d. de mesurer ses élévations et ses creux; mais leur application est souvent difficile et toujours très longue. Il faut mesurer des bases, que l'on a souvent peine à trouver, avec une extrême exactitude; il faut prendre beaucoup d'angles au moins avec le même soin, et si la montagne à mesurer est très éloignée de la mer, c'est un travail presque sans fin. La Physique nous offre un moyen bien plus simple pour arriver au même but; c'est *le baromètre,* dont l'emploi est si facile que presque chaque voyageur court le monde, un baromètre à la main et que nous serons bientôt inondés de mesures de hauteurs dont le défaut d'exactitude ne pourra qu'embarasser.

Le Comte C. Dieu-merci ce coup de patte ne vise pas à moi; car quoique j'aie fait quelques fois le voyageur savant, je ne me suis jamais mêlé de mesures barométriques.

Mr. de P. Tant pis, monsieur le Comte; car l'exactitude de vos autres observations nous garantissent celle des observations barométriques que vous feriez.

Mde. de L. Quant à moi, qui ne voyage ni avec baromètre ni sans baromètre, je n'en suis pas moins curieuse de savoir comment on mesure la hauteur d'une montagne avec cet instrument, qui, à ce que je sais par vos leçons, ne mesure que la pression de l'air.

Mr. de V. Je crois me souvenir que monsieur de P. nous a promis autrefois le mot de cette énigme.

Mr. de P. Je ne l'ai pas oublié, et je vais vous tracer au moins la marche des idées des Physiciens dans ce travail, sans vous ennuier des calculs algébriques. Vous savez que l'air pèse sur lui-même et que par conséquent les couches inférieures de l'atmosphère sont plus denses et plus élastiques que les supérieures. Vous vous souvenez en outre de l'expérience de Pascal avec le baromètre, dans la plaine et sur une montagne; à mesure qu'on montoit, la colonne de mercure baissoit. Voilà les élémens de la mesure des hauteurs par le baromètre.

La première conséquence qu'on tire de ces prémisses est que la différence du poids de l'atmosphère à diverses hauteurs se trouve dans un certain rapport avec la différence des hauteurs du mercure dans le baromètre, et la partie principale du problème consiste à trouver ce rapport. Imaginons que l'atmosphère soit partagée sur sa hauteur en une infinité de couches d'égales épaisseurs; on trouve, en employant la loi de Mariotte, que les pressions des colonnes d'air au dessus de chacune de ces couches forment une progression géométrique qui diminue de bas en haut.

Mde. de L. Qu'est-ce qu'une progression géométrique?

Mr. de P. C'est une suite de nombres dont chacun est deux, trois, quatre etc. fois plus grand ou plus petit que le suivant. Ce nombre de fois se nomme *l'exposant* de la progression et peut-être une fraction aussi

bien qu'un nombre entier. Une progression géométrique, dont l'exposant est 2, peut-être représentée par la suite 1, 2, 4, 8, 16 etc. Une dont l'exposant est $\frac{1}{3}$ peut-être représentée par la suite 1, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{27}$ etc. Or la pression d'une colonne d'air sur la couche inférieure adjacente est l'expression de l'élasticité de cette couche; et cette élasticité est mesurée par la hauteur du mercure dans le tube du baromètre. D'où l'on a conclu que, si l'on partage la hauteur de l'atmosphère en parties égales, c. à. d. si l'on considère les colonnes d'air qui se trouvent au dessus d'un certain point comme faisant une progression arithmétique . . . . .

Mde. de L. Pardon, qu'est-ce qu'une progression arithmétique?

Mr. de P. C'est une suite de nombres dont chacun est d'une certaine quantité plus grand ou plus petit que son suivant. Telle est la suite naturelle des nombres 0, 1, 2, 3, 4, 5 etc.; telle la suite des nombres pairs 0, 2, 4, 6, 8 etc.; telle encore celle des nombres impairs 1, 3, 5, 7 etc.

Ainsi, si nous considérons les colonnes de l'atmosphère à toutes les hauteurs au dessus de la terre comme formant une progression arithmétique qui diminue de haut en bas, l'élasticité des couches correspondantes, ou bien les hauteurs du baromètre, formeront une progression géométrique qui diminue de bas en haut. Voilà en quoi consiste la rélation entre les hauteurs dans l'air et les hauteurs de la colonne de mercure dans le baromètre.

Mr. de T. Ainsi les colonnes de mercure dimi-

nuent bien plus rapidement que les hauteurs aux quelles on s'élève dans l'atmosphère n'augmentent.

Mr. de P. Assurément, par ce que, plus on s'élève, plus la colonne d'air qui pèse sur les couches inférieures est légère.

Vous jugez aisément qu'il est indifférent pour notre problème que l'on s'élève perpendiculairement dans l'air, comme par ex: au moyen du ballon, ou bien qu'on monte sur la pente d'une montagne, et que par-conséquent, si l'on peut mesurer la hauteur d'une colonne d'air prise du point inférieur de départ, on aura la hauteur d'une montagne dont le sommet correspond à cette hauteur de l'atmosphère.

Mr. de V. Ainsi le baromètre mesure proprement la hauteur d'une colonne d'air dont le point le plus élevé est au niveau du sommet de la montagne.

Mr. de P. Assurément, et voilà proprement le mot de l'énigme. Le reste est l'affaire du calcul. Mariotte fut le premier qui essaya ce calcul; il réussit mal; mais il a le mérite d'avoir mis sur la voye, et Halley, célèbre Astronome anglois et contemporain de Newton, réussit facilement en employant le calcul de l'infini, qui venoit, pour ainsi dire, de naitre.

Mr. de T. Qui est l'inventeur du calcul de l'infini que je ne connois pas, mais qui, à ce que l'on assure, fait des prodiges?

Mr. de P. Leibnitz en a disputé la gloire à Newton. Mais il est décidé que Newton est le premier inventeur et que Leibnitz l'a inventé une seconde fois avant que Newton l'eut publié.

Mr. de R. Ainsi Newton est le Prince des Mathématiciens comme il est celui des Physiciens! Quel génie!

Mr. de P. Plus on le connoit, plus on étudie ses ouvrages, et plus on l'admire. Mais revenons a nos mesures barométriques. Dans la formule de Halley on ne considère l'air atmosphérique que comme un fluide pesant et élastique; ce qui paroit devoir suffire. Mais ce fluide est sujet aux variations de température qui modifient sa pesanteur et son élasticité, et en outre, si même la température de l'air ne varioit pas de saison à saison, de jour à jour, d'heure à heure, elle est toujours plus haute dans les plaines et les vallées que sur les montagnes et vous concevez que cette diminution de la chaleur de l'air de bas en haut influe sur la densité et par conséquent sur la pression des différentes couches de l'atmosphère.

Bien plus, le mercure est lui-même sujet aux variations du thermomètre et devient par là une mesure incertaine, si l'on n'en tient pas compte; car il est évident que, une température plus élevée grossissant le volume de tous les corps, elle doit aussi allonger la colonne de mercure du baromètre et fournir par là un autre résultat qu'une température plus basse. De Luc fut le premier qui fit ces considérations et ajouta a la formule simple de Halley deux nouveaux membres qui tiennent compte de l'influence de la température sur l'air et sur le mercure.

Mde. de L. Voilà un travail bien compliqué.

Mr. de P. Armez vous de patience, madame; nous

ne sommes pas encore à la fin. La formule de Halley contient un nombre constant qu'on nomme en Arithmétique facteur, en Algèbre coefficient, qui multiplie tous les autres nombres variables de la formule. Ce nombre dépend du rapport de la densité de l'air qui presse les couches inférieures, à la densité du mercure qui mesure cette pression. Ces densités ont été déterminées par les Physiciens, surtout de nos jours, avec la plus grande précision pour toutes les températures; ce sont les pesanteurs spécifiques. Mais il falloit s'assurer, si ce nombre cadreroit en pratique, par ce que la pratique offre peut-être quelques circonstances qu'on ne peut pas cloturer dans la formule. Ramond, célèbre par ses travaux barométriques dans les Pyrennées, a fait ce travail, en comparant le résultat que donne la formule avec des mesures faites par la voye géométrique et a trouvé que le coefficient doit être un peu plus grand que celui que la théorie livre.

On a cru assez longtems que ces travaux avoient épuisé la théorie de la mesure barométrique des hauteurs. Mais non. L'immortel La Place nous a appris qu'il manque encore deux données à l'exactitude de cette théorie. Il nous rappelle que la pesanteur n'est pas la même sur toute la surface de la terre, qu'elle augmente de l'équateur au pôle et qu'on doit tenir compte de cette variation lorsque les mesures à prendre sont éloignées du 45me degré de latitude sous le quel Ramond a fixé son coefficient. Puis il nous rappelle encore que la pesanteur diminue par la rotation de la terre, lorsqu'on s'élève de la plaine et qu'il faut aussi tenir compte de cette diminution. Son génie cal-

culateur a su introduire ces deux circonstances dans la formule, qui par là est devénue assez compliquée. Enfin j'ai pris la liberté d'observer que l'attraction des montagnes, considerées comme masses à part, ne doit pas être oubliée, puis qu'elle agit sûrement sur le mercure du baromètre aussi bien que sur la masse du pendule; ce qui diminue l'effet de la diminution de la pesanteur.

Mde. de L. Diéu merci! je n'ai pas besoin de faire tous ces calculs.

Mr. de P. Ceux que la Place a ajoutés sont rarement nécessaires. Car si on les applique au Chimboraço, qui peut être regardé comme un extrême, aussi bien par rapport à sa latitude qu'à son élévation, la faute que l'on commet, en omettant les corrections de La Place, ne va qu'à 19 toises, c. à. d. à peu-près à $\frac{1}{178}$ de la hauteur de ce colosse au dessus de la mer, et si l'on en déduit son attraction sur le mercure du baromètre, la faute ne sera plus que de $16\frac{1}{4}$ toises ou $\frac{1}{205}$ du tout.

Au reste on se donne rarement la peine de calculer la formule de La Place. On a des tables basées sur cette formule, au moyen des quelles on abrège le calcul. Celles du célèbre Astronome Lindenau sont au nombre des premières; mais comme elles sont volumineuses, elles ont été remplacées par plusieurs autres, aussi exactes, dont les plus récentes et les plus courtes sont celles du Professeur Gauſs de Göttingen, émule de La Place pour les calculs astronomiques et celles de l'excellent Géognoste D'aubuisson. Disons à present un mot de l'application de ces calculs.

Pour mesurer les hauteurs par le baromètre, c. à. d. trouver l'élévation d'un point donné au dessus du niveau de la mer, avec toute l'exactitude dont ce procédé est susceptible, il faut avoir deux observateurs, qui, à commencer au bord de la mer la plus voisine, partagent le terrain entre la mer et la montagne à mesurer en différentes stations de 2, 3, 4 et jusqu'à 5 lieues de distance; plus les distances sont courtes et plus on peut espérer d'exactitude. Chacun des observateurs a, outre son baromètre muni d'un thermomètre et d'un pendule, une bonne montre pour faire les observations précisément au même tems à différentes stations. Ils conviennent de l'heure, et l'un des deux part pour la première station où il fait ses observations au moment convenu, tandis que l'autre fait en même tems les siennes au point de départ. Puis chacun d'eux part, l'un pour la seconde station, l'autre pour la première, et fait ses observations au tems convenu et ainsi de suite jusqu'à la fin. S'ils veulent donner à leurs résultats la plus grande exactitude possible, ils renouvellent au retour leurs observations aux mêmes points, calculent les données qu'ils ont recueillies à l'allée et au retour et donnent la moyenne du résultat comme le vrai résultat de toute leur opération. C'est ainsi que le Docteur d'Engelhardt et mon fils ont nivellé toute la ligne du Caucase entre la mer noire et la mer caspienne, longue de plus de 200 lieues et ont découvert le résultat important: que le niveau de la mer caspienne est de 52 toises moins élevé que celui de la mer noire. Leur premier nivellement avoit fourni $54\frac{1}{10}$ toises, le second $47\frac{6}{10}$ toises. Mais comme le second nivellement a eu

lieu sous des circonstances moins favorables de la part du tems, ils rapprochent la moyenne de ces deux résultats plus du premier que du second.

Mde. de L. Mais en quoi consistent les observations de messieurs les voyageurs barométriques?

Mr. de P. Ils placent leur baromètre, au point où l'observation doit se faire, bien perpendiculairement, ce à quoi sert le pendule. Puis ils observent le thermomètre qui est enchassé dans le baromètre et un autre thermomètre libre; le premier indique ou doit indiquer la température du mercure, le second celle de l'atmosphère. Ce n'est que quelques minutes après, lorsque le thermomètre libre cesse de monter ou baisser, que l'on observe le baromètre. On prend note de ces trois résultats, c. à. d. des deux températures et de la hauteur du baromètre. Alors on part pour la station suivante.

Mr. de G. Cette méthode de mesurer les hauteurs est assurément commode et expéditive. Mais jusqu'où va l'exactitude qu'elle comporte?

Mr. de P. On peut observer avec un baromètre muni d'un très bon vernier jusqu'à $\frac{1}{50}$ de ligne ou $\frac{1}{600}$ de pouce. Et cette petite différence équivaut, près de surface de la terre, à la pression de 18 pouces d'air, si le baromètre est à 28 pouces.

Mr. de T. Ainsi l'on peut mesurer toutes les hauteurs jusqu'à 18 pouces près, au moyen du baromètre! Je n'aurois pas imaginé que l'exactitude pût aller si loin.

Mr. de P. Pas tout-à-fait, et cette exactitude di-

minue en raison de la baisse du mercure dans le baromètre. Si par ex: on se trouve à une hauteur où le baromètre n'a que 14 pouces, s'il en a 28 sur le bord de la mer, alors $\frac{1}{50}$ de ligne correspond à une différence de hauteur de 36 pouces. Au reste l'on atteint rarement cette grande exactitude à cause des variations perpétuelles de l'atmosphère par le soleil, les nuages, les vents, la pluie etc., d'autant moins que la formule a le défaut de considérer la moyenne des températures observées aux extrêmes de la station, par ex: au pied et au sommet d'une montagne, comme le vrai milieu des températures de toutes les couches intermédiaires; ce qui n'est pas toujours vrai. Et voilà pourquoi Ramond a donné différentes règles tirées de ses observations touchant les différentes heures du jour et l'exposition des instrumens, règles que mon fils a augmentées de quelques unes. Au reste ces variations dans l'état de l'atmosphère ne causent pas des erreurs si considérables qu'on pourroit se l'imaginer. On cite par ex: que les mesures, géométrique et barométrique, du Montblanc n'offrent que 2 toises de différence sur 2261 toises et d'autres encore moins. Cependant l'harmonie des deux genres de mesures est beaucoup moindre dans celles du pic de Teyde. La mesure trigonométrique de Borda donne à cette montagne 1905 toises et la mesure barométrique, exécutée par ce grond Géomètre, et calculée d'après la formule de La Place, lui donne 1976 toises. D'un autre côté je dois dire aussi que l'illustre et malheureux La Peyrouse a, conjointement avec Lamanon, mesuré le pic barométriquement et a trouvé sa hauteur égale à 1902 toises; ce qui ne diffère que de

trois toises de la mesure géométrique, tandis que la mesure, également barométrique, de Cordier lui donne 1920 toises. On peut alléguer comme preuve de la justesse des mesures barométriques sur de grandes distances le nivellement entre la mer noire et la mer caspienne dont l'épreuve n'a livré que $6\frac{1}{2}$ toises de différence de niveau sur une distance de plus de 200 lieues partagée en 51 stations. On pourroit à peine espérer la même exactitude d'un nivellement géométrique.

Mr. de G. Avouez cependant, mon cher, que ces différences entre les mesures barométriques elles-mêmes, que l'on a exécutées au Pic, sont assez considérables.

Mr. de P. Le Pic paroit être destiné à chipoter tous ses mesureurs. Nous venons de voir que la mesure géométrique de Borda lui donne 1905 t.; la mesure géométrique de Feuillé lui donne 2213 t. et d'autres encore davantage. Ainsi les mesures géométriques s'accordent ici encore moins que les barométriques. Je soubçonne que ce volcan, toujours plus ou moins actif, rehausse tantôt plus, tantôt moins la température de l'air qui environne son sommet et que ces différences influent directement sur les mesures barométriques et par la réfraction sur les mesures géométriques.

Mde. de L. Que fait ici la réfraction?

Mr. de P. Permettez moi, madame, de remettre cet objet au tems où nous parlerons des phénomènes optiques de l'atmosphère, pour vous parler d'une autre manière de mesurer les hauteurs par le baromètre, qui s'exécute par un seul observateur. Selon cette mé-

thode l'on suppose que le baromètre placé sur le bord de la mer a une hauteur moyenne qui est de 28 p. 2 l. $\frac{2}{10}$ et qu'on regarde comme constante. Cette *méthode des observations isolées* a non seulement l'avantage de n'employer qu'un observateur, mais aussi celui de n'exiger d'observations qu'aux lieux mêmes dont on veut connoitre les hauteurs, tandis que le nivellement, proprement dit, exige beaucoup de stations, si les distances de ces lieux à la mer sont considérables. Mais d'un autre côté l'exactitude de cette méthode est bien moindre que celle de la première, la hauteur du baromètre au bord de la mer n'étant pas aussi constante qu'on pourroit le désirer; car les observations de mon fils sur le bord de la mer caspienne ont prouvé que cette hauteur varie dans un jour serein et tranquille, depuis 8 h. du matin jusqu'à 5 h. du soir souvent de 2 lignes et dans plusieurs jours de 3 lignes et plus, ce qui peut causer des erreurs de 25 à 40 toises dans les hauteurs mesurées et des erreurs encore plus considérables, si la journée est orageuse sur le bord de la mer.

La méthode la plus usitée, celle *des observations correspondantes*, tient le milieu entre le nivellement complet et celle des observations isolées. Elle consiste à avoir un observateur stationnaire dans la contrée où l'on veut mesurer les hauteurs, qui tienne régistre des hauteurs du mercure d'heure en heure ou de deux en deux heures, tandis que le second observateur voyage de cime à cime, le baromètre a la main; et l'on suppose que les observations correspondantes ont été faites en même tems. C'est la méthode dont l'intendant françois Villefosse par ex: c'est servi pour mesurer les hau-

teurs des montagnes et les profondeurs des mines dans la chaine du Harz, et Humboldt dans la mesure des montagnes de l'Amérique.

Mr. de T. Cette méthode ne donne les hauteurs et profondeurs que rélativement au point du baromètre stationnaire. Comment apprend-on les hauteurs absolues au dessus du niveau de la mer?

Mr. de P. Il faut ou faire un nivellement de ce point jusqu'à la mer voisine ou bien que l'un des deux observateurs fasse le voyage jusqu'à la mer pour y observer le baromètre, ou enfin il faut s'en rapporter à la méthode des observations isolées.

Enfin mon fils a imaginé une troisième méthode qu'on peut nommer la *méthode des observations isolées et correspondantes*, qu'il a employée dans deux nivellmens barométriques, l'un de Milan au Monte-rosa, l'autre sur la chaine des Pyrennées de l'Océan atlantique jusqu'à la mer noire. Une des règles du célèbre Ramond est que les observations faites le matin et le soir donnent des élévations trop petites et celles faites vers le milieu de la journée, de midi à trois heures, des élévations trop grandes. Cela vient de la marche du soleil qui influe sur la température et parconséquent sur la densité et l'élasticité de l'air, et l'on peut admettre que le résultat des observations d'nne journée entière sera à très peu près juste pour la dernière station du jour, ces effets opposés du soleil devant se compenser, mais moins pour les stations intermédiaires. Forcé de faire seul ces deux nivellemens, il a considéré ses observations faites à deux stations consécutives comme si-

multanées, quoique la différence de tems ait été de 2 ou 3 heures. Pour corriger les fautes qui résultent de cette fausse supposition, il a renouvellé le nivellement à rebours et pris la moyenne des résultats à chaque station comme la vraie. Le résultat total de l'allée a donné pour hauteur du point le plus élevé qu'il a atteint sur le Monte-rosa au dessus de Noverch $1168\frac{1}{10}$ toises et celui du retour a été de $1171\frac{6}{10}$ toises. La différence n'est donc que du $3\frac{1}{2}$ toises, et elle eut été sans doute encore moindre s'il avoit pu arranger son voyage de sorte que l'une de ses deux observations à la même station eut eu lieu le matin ou le soir et l'autre au milieu du jour. Le nivellement des Pyrennées a fourni des résultats aussi satisfaisants.

Mais en voilà bien assez sur les mesures barométriques; je vais finir cet article en vous lisant une table des principales hauteurs sur la surface de notre globe.

Hauteurs au dessus de la mer	*Toises*
Paris (France)	56
Le lac de Genève (Suisse)	188
Le volcan Hékla (Islande)	520
Le Tafelberg (cap de bonne esp.)	542
Le Vésuve (Italie)	584
L'Ochsenkopf (Allemagne)	603
Le Puy de dôme (France)	758
Le Tchadyrdach (Crimée)	790
La Schnée-Koppe (Allemagne)	825
La montagne de Mezin (France)	1027
Passage du Simplon (Suisse)	1029
—— du Mont-Cénis (front. d'Italie)	1060
Le Schnée-Berg (Autr. près de Vienne)	1062
La cime des montagnes bleues (Jamaïque)	1138
La ville de Mexico (Amér. sept.)	1177
La grand St. Bernard (front. d'Italie)	1246

Hauteurs au dessus de la mer	*Toises*
Port de Pinède (Pyrennées)	1291
Le volkan Kamtschatka (Est de l'Asie)	1500
La ville de Quito (Amér. mérid.)	1506
La Maladetta (Pyrennées)	1670
L'Etna (Italie)	1713
Passage du mont Cervin ou Matterhorn (front. d'Italie)	1750
Le Mont-Perdu (Pyrennées)	1763
Le Pic de Teyde (Afrique)	1910
Le Schroeck-Horn (Suisse)	2093
Le Finster-Ahorn (Suisse)	2238
Le Casbeck (Caucase)	2400
L'Ortler (Tyrol)	2411
Le Mont-blanc (Italie)	2426
L'Elbrus (Caucase)	2466
Le Pichincha (Amér. mérid.)	2498
La montagne d'Elie (Amér. septentr.)	2829
Le Cotopaxi (Amér. mérid.)	2959
Le Kapa-Urku (Amér. mérid.)	3030
Le Chimboraço (Amér. mérid.)	3358
Le Dhawalagiri (Asie, chaine de l'Himmâlaya)	4200

Mde de L. Qu'est ce que ce Dhawalagiri qui est plus grand que le Chimboraço? Je croyois que ce colosse d'Amérique surpassoit tous les autres du monde connu.

Mr. de P. Depuis environ 6 ans il baisse pavillon devant le Dhawalagiri qui à présent est sur le trône orographique, surpasse d'un quart en hauteur le Chimboraço et a parconséquent le double en masse. Le colosse d'Asie se trouve à la frontière méridionale du Thibet dans la chaine nommée Himmâlaya. Ce Roi des monts a en outre autour de lui quatre pics, qui tous surpassent le Chimboraço en hauteur; le plus élevé a 4013, et le moins élevé 3553 toises.

La table que j'ai eu l'honneur de vous présenter ne contient pas la vingtième partie des points déja mesurés sur la surface de notre globe, de sorte que, si le zèle pour les mesures barométriques continue, on sera un jour à même de faire un relief au moins de l'Europe, comme le Colonel Pfiffer en a fait, déja il y a longtems, un de la Suisse.

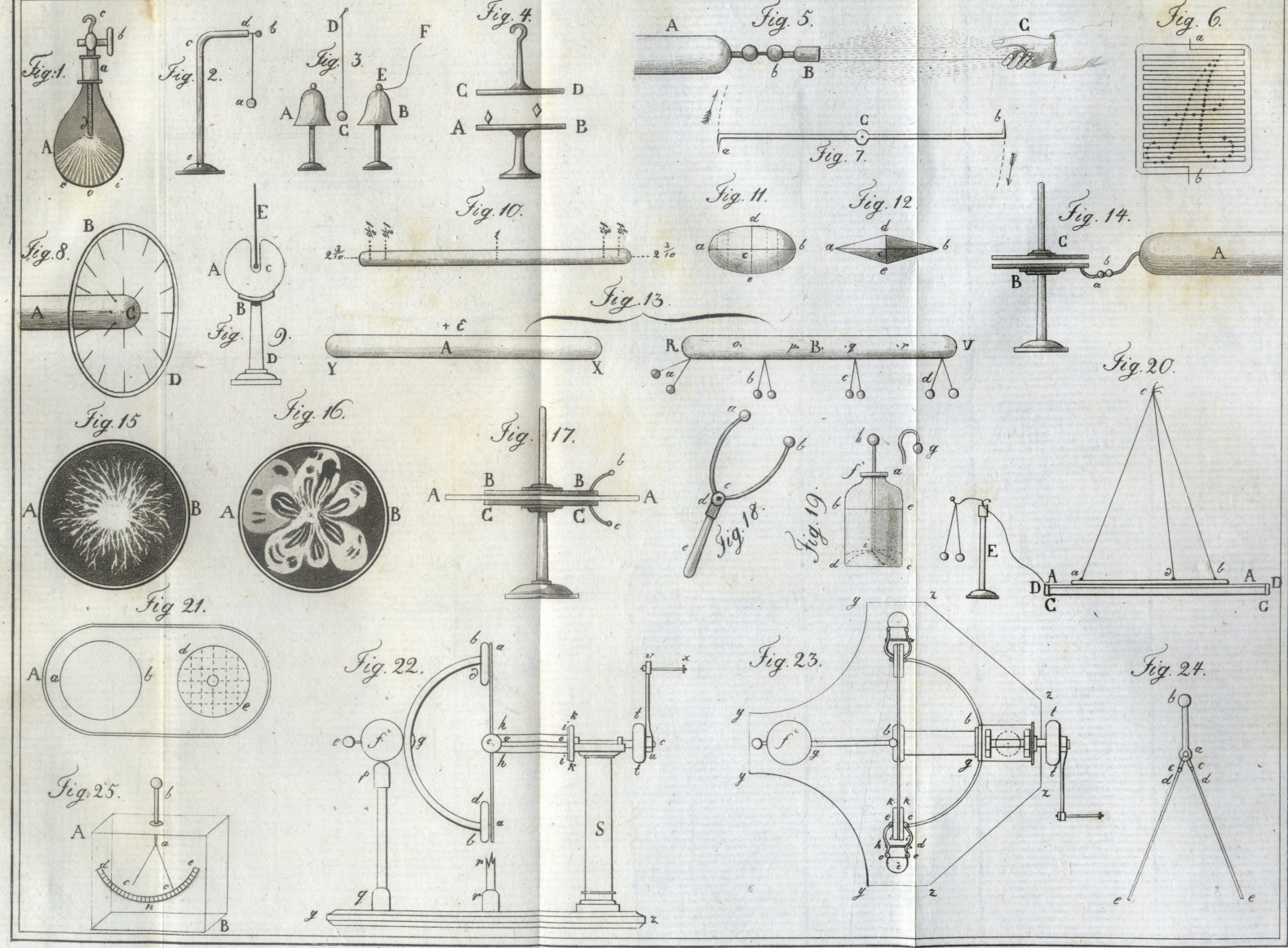


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.

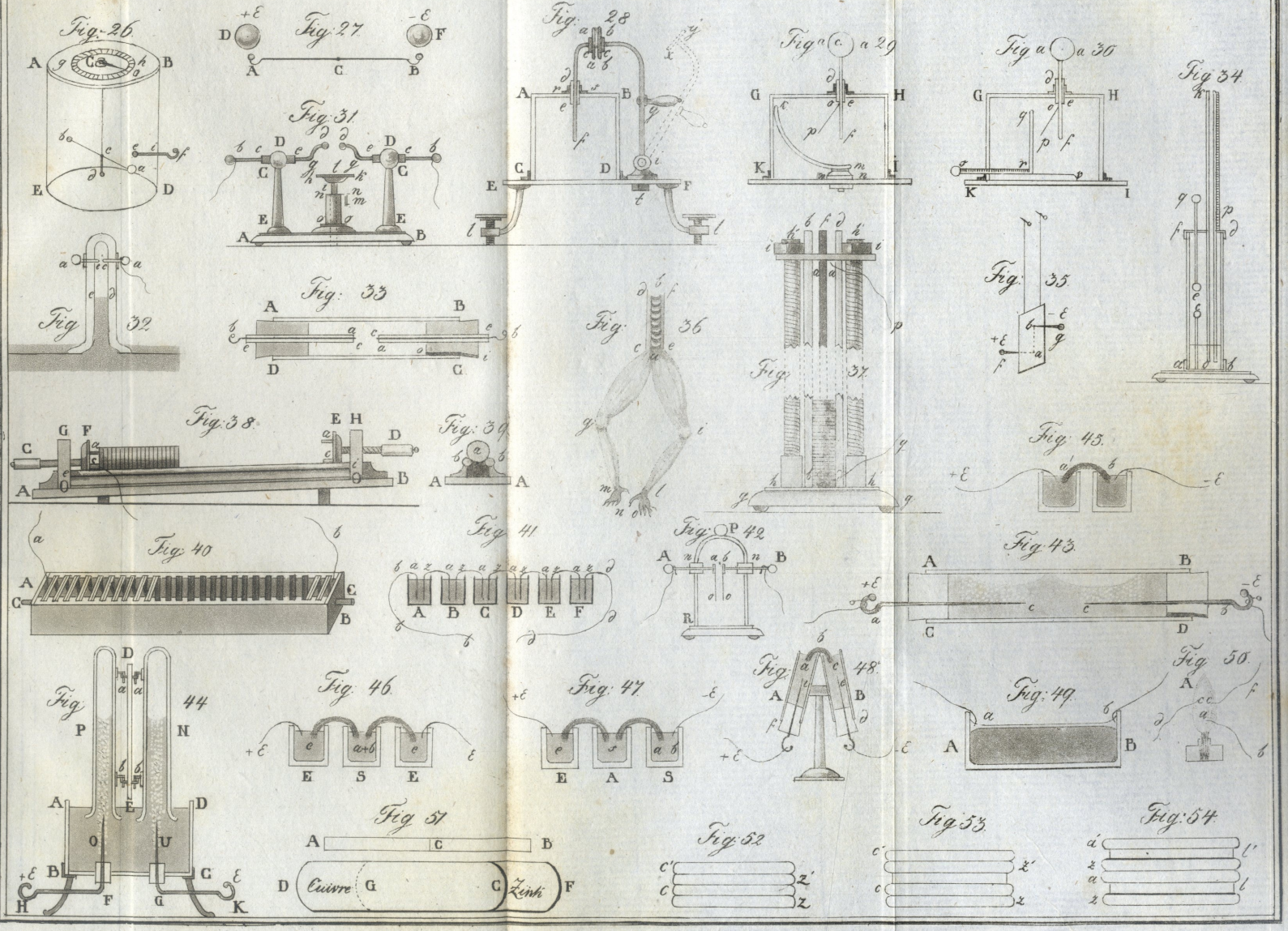


Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 30
Fig. 31
Fig. 32
Fig. 33
Fig. 34
Fig. 35
Fig. 36
Fig. 37
Fig. 38
Fig. 39
Fig. 40
Fig. 41
Fig. 42
Fig. 43
Fig. 44
Fig. 45
Fig. 46
Fig. 47
Fig. 48
Fig. 49
Fig. 50
Fig. 51
Fig. 52
Fig. 53
Fig. 54
Cuivre
Zinc

Fig. 55

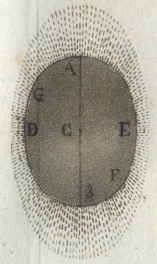


Fig. 56

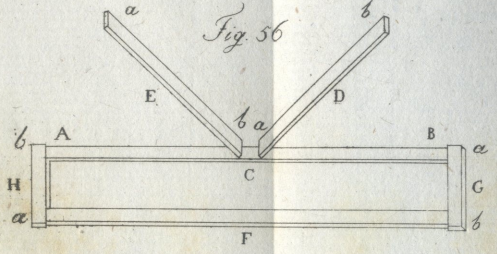


Fig. 59.

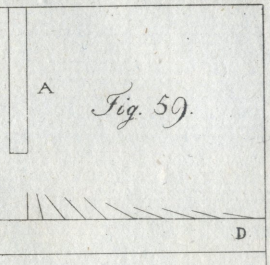


Fig. 60

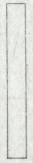


Fig. 57



Fig. 58

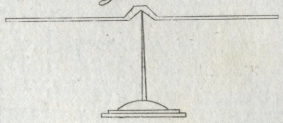
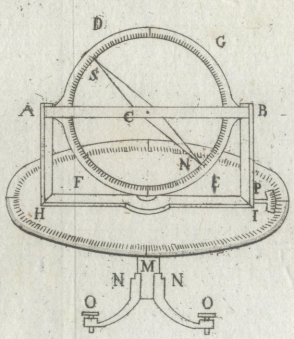


Fig. 60.



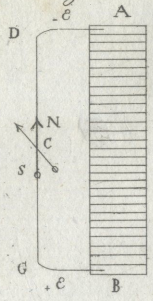


Fig. 63

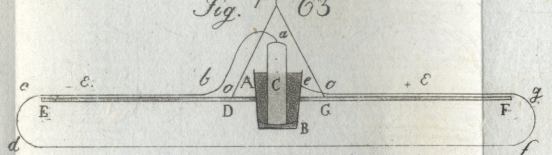
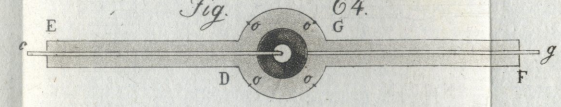


Fig. 64.



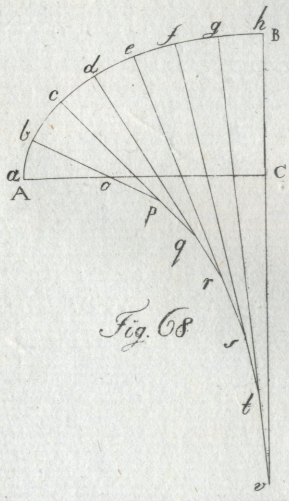


Fig. 68

Fig. 65.

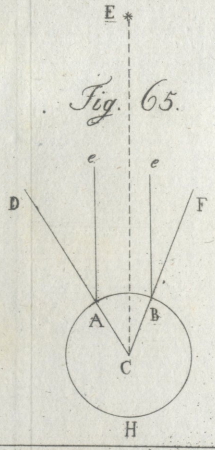


Fig. 66.

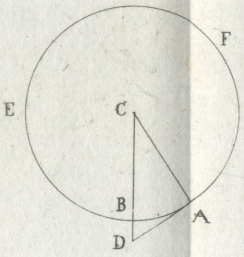
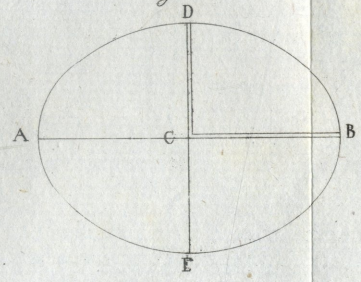


Fig. 67.



books2ebooks.eu

www.books2ebooks.eu

e-raamat EOD kaudu

eBooks on Demand

Digitaalkoopia

Tartu Ülikooli Raamatukogust

TARTU ÜLIKOOL

RAAMATUKOGU