

PARROT, GEORG FRIEDRICH  
SCHÜNMAN, JOHANN CHRISTIAN

## Entretiens sur la physique

Dorpat : De l'imprimerie de J. C. Schünmann, imprimeur de l'Université  
impériale de Dorpat  
1819

# 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 tekstitötlusprogrammidesse.

## 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

Noms des Interlocuteurs de  
ces Entretiens:

M<sup>r</sup>. & M<sup>me</sup> de L. Le Lieutenant General de  
Klinger, ci devant Curateur de l'Université  
de Dorpat & M<sup>me</sup> son Epouse.

Le Comte C. Le Comte de Bray, Envoyé de la  
Cour de Bavière à St. Petersbourg.

M<sup>r</sup>. de T. M<sup>r</sup>. de Sivers, Conseiller privé & Se-  
nateur, ci devant Landrath en Livonie.

M<sup>r</sup>. de F. M<sup>r</sup>. de Faber, Auteur de quelques Ou-  
vrages intéressans sur la France,

M<sup>r</sup>. de R. M<sup>r</sup>. de Roetti, Conseiller d'Etat &  
Inspecteur des Grands-Ducs. Nicolas & Michel  
Auteurs du Cours d'Economie politique, écrit pour  
ces Princes.

ENTRETIENS

SUR LA PHYSIQUE.

ENTRETIENS  
SUR LA PHYSIQUE

G. F. PARROT,

Professeur de Physique à Dorpat, membre du comité des écoles, Chevalier et Conseiller des collèges de Russie, de l'Institut royal des sciences des Pays bas, des Académies des sciences de Pétersbourg et de Munic et de plusieurs autres sociétés littéraires.

TOME PREMIER

avec 2 planches en taille douce.

---

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

W. H. F. F. F.

# TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE PREMIER VOLUME.

	page.
PREMIER ENTRETEN.	
Sur la manière de traiter la Science	8.
Des systèmes dans les sciences naturelles	10.
Des hypothèses dans la Physique	18.
De l'accord de la Physique et de la Chimie proprement dites	21.
SECOND ENTRETEN.	
Etendue et configuration de la matière	25.
Impénétrabilité	28.
Divisibilité	31.
Prosité et densité	42.
Mobilité et inertie	51.
TROISIÈME ENTRETEN.	
Sur les causes des phénomènes en général. Attractions	56.
De la gravitation. Preuves de son existence	61.
Loi de la pesanteur	76.
Loi de la gravitation universelle	80.
Pesanteur spécifique	86.
QUATRIÈME ENTRETEN.	
De la structure interne des corps	88.
Attraction de surface	93.

	page.
De la cohésion	91.
De l'élasticité des corps solides	99.

#### CINQUIÈME ENTRETEN.

Considérations générales sur les fluides liquides et élastiques	112.
De l'adhésion. Preuves de son existence	114.
Mesure relative de l'adhésion	117.
Phénomènes singuliers de l'adhésion	121.
Adhésion des gas	126.

#### SIXIÈME ENTRETEN.

Phénomènes fondamentaux de l'affinité	133.
Phénomènes moins simples de l'affinité	143.
Changemens de forme produits par l'affinité	146.

#### SEPTIÈME ENTRETEN.

Instrument pour la théorie du procès chimique	153.
Expériences faites avec cet instrument	155.
Mouvement interne des substances chimiques	156.
Parties colorantes des corps	159.
Lenteur et vitesse prodigieuses observées dans le procès chimique	169.
Récapitulation sur les attractions. Trois lois générales de la Nature	177.

#### HUITIÈME ENTRETEN.

Forces mécaniques	185.
Equilibre	189.
Théorème du parallélogramme des forces	190.
Centre de gravité des corps	197.

#### NEUVIÈME ENTRETEN.

De la machine funiculaire	204.
Des moufles	206.
Des cordes tendues	208.
Application de cette théorie à l'action des artères	212.

DIXIÈME ENTRETEN.

page.

Description du levier	i	215.
Loi du levier		217.
Différentes espèces de levier		219.
Application du levier au pied de chèvre et à la poulie		223.
Application du levier aux balances		224.

ONZIÈME ENTRETEN.

Application du levier au treuil et au cabestan		240.
Voyage du rocher de la statue de Pierre le grand		241.
Application du levier aux roues dentées		244.
Le rouet	,	249.
Application du levier à la mécanique du bras humain	.	252.

DOUZIÈME ENTRETEN.

Du plan incliné		259.
Application du plan incliné à la théorie du coin		263.
———— — — — — — — de la vis		265.
———— — — — — — — de la vis sans fin		268.
Du mouvement perpétuel	,	272.

TREIZIÈME ENTRETEN.

Mouvement accéléré libre ou vertical		279.
Mouvement accéléré sur des plans inclinés		284.
Mouvement du pendule		286.
Le pendule appliqué à la mesure du tems	.	287.
Mouvement central		292.
Force centrifuge		296.

QUATORZIÈME ENTRETEN.

Du surplus de force nécessaire pour opérer le mouvement		299.
De la part que les machines elles-mêmes prennent au mouvement		303.
Moment d'inertie		304.
Roues d'inertie		309.

	page.
<b>QUINZIÈME ENTRETEN.</b>	
Lois du choc des corps non-élastiques et durs	314.
— — — — non-élastiques et mous	317.
Lois du choc des corps élastiques	318.
Phénomène surprenant expliqué par cette théorie	325.
Du mouvement réfléchi	331.
Du ricochet	333.
Du jeu de Billard	354.

<b>SEIZIÈME ENTRETEN.</b>	
Definition du frottement	356.
Résultat des expériences sur le frottement	338.
Méthodes pour mesurer le frottement	339.
Du frottement roulant	341.
Du frottement tournant	342.
Comparaison des chariots aux traîneaux	348.
Utilité du frottement	349.
De la roideur des cordes	352.

---

## I N T R O D U C T I O N.

Ce mot est pris ici dans le sens littéral; il s'agit d'introduire le lecteur dans la société où il se trouvera tant qu'il aura ce livre à la main. Les caractères ne sont pas imaginaires, mais ceux de personnes réelles, encore vivantes, telles que l'Auteur les a vues habituellement pendant nombre d'années.

Madame *de L.* voyoit chaque soir chez elle une société d'amis. Ce cercle de personnes choisies parmi ce qu'il y a de mieux dans la capitale, n'étoit pas un de ces thés spirituels où des auteurs viennent humblement mendier des applaudissemens précoces que le public leur refusera, et où la dame de la maison veut tenir une espèce de coin dans la littérature. On se rassembloit chez Mde. *de L.* pour s'amuser et souvent ces amusemens devenoient des entretiens infiniment intéressants sur la politique, les événemens du jour et les sciences, égayés parfois d'anecdotes piquantes puisées dans la chronique de la cour et de la ville. Bref, on vivoit chez Mde. *de L.* très agréablement et rarement on avoit recours au jeu pour hâter la marche des heu-

res, excepté lorsque les affaires du jour prenoient une teinte sombre que Mde. *de L.* ne vouloit pas donner à son cercle. Ceux qui au reste ne se soucioient pas du jeu avoient la permission de s'établir dans quelque coin ou d'arpenter la longueur d'une salle voisine pour se raconter d'un ton pitteux les malheurs du tems.

Les principales personnes de ce cercle étoient : d'abord le maître de la maison, Monsieur *de L.*, vraiment maître de la maison, Général et auteur moraliste, homme de cour et philosophe, d'une imagination forte et riche, bourru et plein de sarcasmes à la cour comme chez lui, recherché pour la profondeur de son esprit et admiré pour sa rare probité, ami de la table, ennemi des femmes et susceptible d'une grande gaieté, mais chiche des momens où il vouloit bien s'y livrer.

Le Comte *C.*, ministre d'une puissance étrangère, d'une profonde politique dans les affaires et de la plus grande droiture dans sa vie privée, homme aimable et aimé, recherché des femmes et adorant la sienne, réunissant à toutes les connoissances de sa place l'attachement le plus vrai aux sciences et le mérite d'un botaniste distingué.

Monsieur *de T.* formé à la guerre, soldat téméraire, souvent employé dans les affaires civiles de la plus haute importance, Diogène quant à sa

personne et infiniment respectueux envers les dames, amateur de la mécanique et de la bâtisse et ne connoissant d'autre félicité sur terre que celle de travailler au bonheur des classes inférieures. On pourroit le nommer le grenadier de la vertu et l'oeil du Prince.

Monsieur *de G.*, célibataire et amant platonique d'une jeune personne à lui seul connue, soldat dans la révolution françoise, auteur très estimé, passionné contre la tyrannie et l'anarchie, éloquent sans ambition, mais inquiet et presque ombrageux dans sa vie privée, offrant à tout moment quelque réminiscence de J. J. Rousseau. Il s'amuse en ce moment à jouer un rôle sur le théâtre politique de Frankfort.

Monsieur *de R.*, homme de lettres, aimable par son extrême bonhommie et la teinte d'enthousiasme qui se répand sur tout ce qu'il dit, ami de la table et des femmes, léger par tempéramment, sérieux par principes, passionné pour la chronique du jour, auteur d'un ouvrage profond, hardi et éloquent sur les finances.

Monsieur *de V.*, vieillard très lettré, diplomate consommé mais retiré des affaires, profond dans ses vues et chiche de paroles, adorant Madame *de L.*, ami constant et chaud qui a démenti pendant une vie de 70 ans et une pauvreté volon-

taire l'air sournois de sa physionomie, homme d'un caractère vraiment philosophique et d'une rare loyauté.

L'auteur —

*„il ne vaut pas l'honneur d'être nommé.“*

Madame *de L.* ne peut être caractérisée plus justement qu'en disant qu'elle est au moins à la hauteur de sa société et que cette élévation d'esprit et de cœur ne lui a rien oté des graces séduisantes de son sexe. Elevée au couvent, mariée très jeune et formée à quelques égards par son mari, elle joint à une profondeur de sentiment dont le malheur lui a arraché la preuve la plus douloureuse, un sens exquis, une grande connoissance des hommes et une amabilité vraie qui lui attache toutes les personnes capables de sentir son mérite.

Le jeune *de L.*, âgé de 17 ans, réunissoit deux caractères diamétralement opposés. Vrai papillon près des dames et officier aux gardes par gout pour l'uniforme, sans vices et n'en affectant aucun, il joignoit à tous les défauts de son age le sérieux de son père dans les affaires qu'on lui confioit déjà et la bravoure d'un vieux soldat. Génie précoce, fils unique de grandes espérances, il a depuis payé de sa vie à une fameuse bataille.

---

## PREMIER ENTRETEN.

**M**onsieur *de R.* annonce en entrant une nouvelle découverte en Physique qui devient le sujet de la conversation. On regrette de ne pas assés comprendre la chose, d'autant plus qu'elle étoit adoptée par quelques Physiciens et rejetée par d'autres. Envain Monsieur *de P.* s'efforce de la rendre intelligible ; il sent que ses auditeurs manquent de notions préliminaires et se tait enfin ; ce qu'il auroit dû faire d'abord.

*Mde. de L.* Mr. *de P.* désespère de nous mettre au fait parce qu'il nous trouve trop ignorans. Il y auroit un remède à cela, au moins pour la suite.

*Mr. de P.* Ce seroit de me taire, Madame.

*Mde. de L.* Non, Monsieur, ce seroit que vous voulussiez bien nous donner des leçons de Physique autant que cela se peut sans faire les expériences, à l'égard des quelles nous vous en croirons sur votre parole et à condition que vous nous ferez grace de ce qui est trop difficile pour nous.

*Mr. de L.* Ah! Madame, Vous voulez devenir une femme savante. Je suis de la partie ; cela nous égayera.

*Mde. de L.* Pourquoi pas? Vous vous avisez bien par fois d'être aimable ; permettez moi donc aussi de sortir une fois de mon rôle. Sérieusement, Monsieur

*de P.* ; Vous m'obligeriez infiniment si vous vouliez nous consacrer quelques heures de cet hiver et je crois que ces messieurs ne me sauront pas mauvais gré de vous y avoir engagé.

*Mr. de P.* Y songez-vous, Madame? Un poète peut improviser avec succès ; mais un Physicien? Comment se pourroit-il défaire de son ton de professeur, dont il s'est fait une si douce habitude?

*Mde. de L.* C'est mon affaire ; je me charge de vous rappeler à notre ton de société et à vous ramener à notre niveau dès que vous vous égarerez dans les hauteurs sublimes de votre science.

*Mr. de P.* Vous me feriez descendre du ciel, Madame, si vous le vouliez, mais pas de ma cathèdre, lorsque je parle Physique. Cette entreprise est, je crains, au dessus de toute votre amabilité. D'ailleurs voilà monsieur le Comte C., versé lui-même dans cette science, qui s'ennuieroit joliment à ces leçons.

*Le Comte C.* Tout au contraire, *Mr. de P.* J'ai dû, il est vrai, en qualité de Botaniste, m'acquérir quelques connoissances en Physique. Mais je serois charmé d'augmenter mon petit fond et surtout de jouir du tableau en grand que vous nous donneriez de cette science, dont il est difficile aujourd'hui de saisir l'ensemble à raison du grand nombre de faits nouveaux et de la foule d'hypothèses souvent contradictoires qu'elle a engendrées depuis peu.

*Mr. de L.* Messieurs les Physiciens se sont accordés à couvrir leur science d'un voile magique tissu d'un langage incompréhensible et brodé de calculs effrayans pour pouvoir ne nous en découvrir que ce qu'ils jugent

propre à nous commander l'admiration ; je connois cette aristocratie savante, pire peut-être que l'aristocratie politique, et qui porte monsieur *de P.* à se refuser à nos instances.

*Mr. de P.* Passons, Général, sur cette aristocratie. Vous seriez le premier à vous plaindre si quelqu'un entreprenoit de vous faire passer par les dédales de nos expériences et les ronces de nos calculs.

*Mr. de L.* Tous ces labyrinthes, Monsieur *de P.*, je ne les veux pas, et je dis que la science n'a pas le sens commun, n'est pas encore science, tant qu'elle a besoin de ces sorcelleries pour s'exprimer. L'architecte, qui a terminé son édifice, ne lui laisse pas l'échaffaudage dont il a eu besoin pour l'élever. La vérité est simple, dans la Nature physique comme dans la Nature morale. Oubliez en notre faveur, en faveur de l'homme, les subtilités du savant. Les résultats, bien liés entre eux par un fil facile à saisir et à suivre ; voilà ce qu'il nous faut, ce qu'il faut à l'homme, dans toutes les parties des sciences.

*Mr. de P.* Fort bien ; mais quelle science a déjà atteint la hauteur que vous lui supposez pour fournir un aussi beau résultat ?

*Mr. de L.* Toutes ; et la vôtre surtout. Je n'exige pas qu'on nous explique tout, que rien ne reste indécis ou même obscur dans le tableau de la Nature. Tout tableau doit avoir son lointain, où l'on devine plus qu'on ne voit. Ce lointain est nécessaire à l'homme ; il fait le charme principal du tableau en faisant espérer des vues nouvelles, en offrant des découvertes à faire, bref en donnant l'essor à l'ima-

gination créatrice. Donnez nous ce que vous avez, tel que vous l'avez, avec tant de lointains qu'il vous plaira; rendez nous compte de ce que les siècles ont produit dans votre partie, et cela d'un style simple et intelligible, afin que nous autres puissions enfin jouir et admirer avec connoissance de cause.

*Mde. de L.* Il me semble que mon mari a raison; je ne puis croire que la Nature, dont les Physiiciens eux-mêmes vantent la simplicité et la grandeur, ne soit qu'une vieille pyramide d'Egypte dans l'intérieur de la quelle il n'y ait d'accès que pour les prêtres et dont le langage soit un hiéroglyphe indéchiffrable. Rendez vous, *Mr. de P.*, a nos sollicitations.

*Mr. de P.* Vous le voulez, Madame, et j'obéis; mais à condition que vous ferez sentinelle pour m'avertir dès que vous me verrez tomber dans ce que le Général appelle nos sorcelleries.

*Mr. de R.* Avant tout, monsieur, veuillez nous communiquer le plan que vous suivrez dans nos entretiens. Quelque éloigné que je sois de croire que la Science ne consiste qu'en divisions et subdivisions, je doute cependant que vous veuillez, même avec nous, ne vous assujettir à aucun plan, à aucune règle.

*Mr. de G.* La Nature désavoue nos divisions et subdivisions; elle ne crée que des individus, non des genres et des espèces. Les Naturalistes eux-mêmes, qui n'existent pour ainsi dire que dans le Système, sont forcés de l'avouer.

*Le Comte C.* Jusqu'à un certain point, et le système sexuel des plantes est bien fait pour confirmer votre opinion. Mais nous avons encore le système

des familles qui se rapporte déjà bien davantage à ce que la Nature nous offre dans toutes ses productions organiques; et en tout cas le plus grand ennemi des systèmes ne disconvient pas, par exemple, que la race humaine ne se distingue comme espèce de celle des limaçons ou des crabes.

*Mr. de L.* Pas tant qu'on croit au premier coup-d'oeil; car l'esprit humain ne marche guères plus vite que le limaçon et va parfois à reculons comme l'écrévisse.

*Mr. de G.* Vous parlez, messieurs, des êtres organisés, dont la Physique s'occupe fort peu. Son vrai objet, c'est la matière morte, brute, qui n'offre nulle-part vos races et vos espèces. Les minéraux se révoltent contre les systèmes et tous les cadres qu'on a imaginés pour ranger les montagnes et les rochers ne sont que des idées creuses dont la Nature se moque.

*Mr. de P.* Monsieur *de G.* n'a pas tout-à-fait tort et j'en trouve la preuve dans la multiplicité des systèmes. La Minéralogie proprement dite, n'a, pour classifier ses pierres, pas moins de trois systèmes principaux qui, si nous voulons les juger sévèrement, ne suffisent même pas à caractériser exactement les minéraux, et la Géologie, qui a pour but de classifier les grandes masses de rochers et de terres qui couvrent la surface de notre globe et de déchiffrer leur origine, a presque autant de systèmes que d'auteurs qui ont écrit sur ce sujet. Au reste, quoique je sois pleinement persuadé que, quant aux pierres, aux rochers, aux montagnes, la Nature n'a formé que des

individus, non des genres et des espèces, cependant nous ne devons pas rejeter absolument les systèmes. Nous ne le pouvons pas même : car sans eux nous ne distinguerions rien dans l'immense variété des individus, nous ne verrions dans les pierres que des pierres, sans pouvoir nous rendre raison d'aucun phénomène.

*Mr. de G.* Mais la Physique? Lui permettez vous les Systèmes?

*Mr. de P.* Les Systèmes? Non. Je ne connois qu'un système en Physique, et pour l'établir il ne faut que savoir quel est le but de cette science. La Physique doit nous enseigner à comprendre la Nature; et ce que la Nature nous livre consiste en deux données, les phénomènes et une base unique de raisonnement, qui est le rapport constant entre l'effet et la cause. L'observateur ne voit que les effets, les phénomènes, et non les causes que nous ne connoissons probablement jamais. Mais nous connoissons ou pouvons connoître les conditions sous lesquelles les phénomènes ont lieu, et ces rapports constans, immuables, du phénomène à sa condition, c'est ce que nous appelons *lois de la Nature*. Ces lois sont invariables, éternelles, et lorsque notre ignorance y croit voir une exception, c'est que les conditions sont changées sans que nous ayons aperçu ce changement. La recherche de ces lois, voilà le premier but de la Physique et sa première partie, que nous nommons *Physique théorique*. Le second but est d'employer la connoissance de ces lois à l'explication des phénomènes souvent très compliqués que la Nature nous offre

dans ses grands ateliers. La première partie a son atelier à elle, ses instrumens, ses appareils, pour faire au gré du Physicien des expériences, c. à. d. pour construire des phénomènes. La seconde partie, qu'on peut nommer la *Physique appliquée*, sort du cabinet du Physicien, choisit la Nature entière pour atelier et prend les expériences dans la Nature elle-même.

*Mde. de L.* Pourquoi le Physicien n'entre-t-il pas immédiatement dans le grand laboratoire de la Nature? Pourquoi faut-il qu'il se construise un petit atelier?

*Mr. de P.* Par deux raisons; d'abord par ce que les phénomènes de la Nature sont souvent très compliqués, composés de plusieurs phénomènes dont les causes engrennent en quelque sorte les unes dans les autres et modifient réciproquement leurs effets, et puis par ce que ces phénomènes sont souvent hors de notre portée et s'exercent sur des masses beaucoup trop considérables pour nos forces. L'homme est intellectuellement et physiquement trop petit pour la Nature. Le Physicien doit donc faire des expériences avec un petit appareil, pour simplifier et analyser les phénomènes et pour se mettre à leur portée relativement aux masses et aux distances. En outre son appareil lui fournit le grand avantage de pouvoir répéter et modifier les expériences à son gré jusqu'à ce qu'il ait obtenu la certitude d'avoir observé avec justesse la condition et le résultat dans le phénomène qu'il examine.

*Mr. de T* Mais vos expériences, vos phénomènes en petit, pourra-t-on les comparer aux grands phé-

nomènes de la Nature? J'ai souvent ouï dire que la Nature et les expériences, la pratique et la théorie diffèrent fréquemment dans leurs résultats.

*Mr. de P.* La vraie théorie, celle où l'on ne veut pas tirer d'une expérience plus qu'elle ne contient, celle où la thèse n'est que l'expression exacte mais généralisée du phénomène, cette théorie n'est jamais en contradiction avec la Nature. Et comment le seroit-elle? N'est-ce pas toujours la Nature qui agit, dans nos expériences comme dans ses grands ateliers, sous la cloche de la pompe pneumatique comme dans l'océan immense de l'atmosphère, dans nos petites expériences sur la combustion comme dans le sein des volcans? Croire que le Physicien puisse faire autre chose que ce que la Nature fait, c'est lui donner le pouvoir de susciter des phénomènes hors des lois naturelles, de faire des miracles.

*Mr. de T.* D'où vient donc que cependant la pratique, p. ex. dans les machines, nous donne souvent des résultats différens de ceux de la théorie?

*Mr. de P.* Ces erreurs viennent toujours ou d'une erreur de calcul ou d'une observation imparfaite dans la quelle le Physicien ou le Mécanicien n'a pas tenu compte d'une circonstance de son phénomène. De là la pluralité des théories souvent très différentes l'une de l'autre dans certaines parties de la Physique. De ces soi-disantes théories il n'y en a à coup sur et tout au plus qu'une seule qui soit la vraie. Aussi le vrai Physicien ne les regarde que comme des hypothèses, des idées qui doivent encore être soumises au creuset des expériences, de la logique et du calcul.

*Mr. de L.* Vous disiez tout à l'heure, *Mr. de P.*, que nous ne connoissons jamais les causes des phénomènes. Que deviennent donc ces forces si vantées que les Physiciens font agir à leur gré pour construire l'Univers ?

*Mr. de P.* Je ne connois qu'une secte qui s'arroe de pareils droits, celle des soi-disants *philosophes de la Nature*, qui a ravagé l'Allemagne pendant une vingtaine d'années et tourné quelques milliers de jeunes têtes, mais qui, pour le bonheur des générations futures, est déjà presque éteinte. On revient petit à petit à la croyance que c'est à l'esprit humain à suivre la marche de la Nature et non à la Nature à se soumettre aux caprices des philosophes.

*Mde. de L.* Bon Dieu ! En a-t-on jamais douté ?

*Mr. de P.* Oui, Madame, et très fort. Ces messieurs ne voient que *soi-même* dans l'Univers. Pardonnez moi cette faute d'expression ; je devrois dire *eux mêmes*, mais ce ne seroit pas parler dans le système ; car chacun d'eux ne voit que *soi* et du reste rien. Pour eux le *moi* est tout : c'est du *moi* que provient tout ce qui existe : La Nature entière n'est rien que l'image réfléchie du *moi* : C'est le *moi* et non la Divinité qui a tout créé et qui crée encore chaque jour : La Divinité elle-même ils la créent également, ou plutôt ils ont la modestie de la trouver toute faite dans leur magique *moi*. Et toutes ces créations se font au meilleur marché possible ; ces messieurs n'ont pas même besoin de matière ; ils forment le monde tout simplement au moyen d'une force attractive et d'une force répulsive. Lorsque p. ex., Madame, vous laissates

tomber tout-à-l'heure vos ciseaux, ce n'est ni vous ni votre main qui les avez laissé tomber ; car ni vos ciseaux, ni votre main, ni vous-même (ne vous en déplaise, Madame) n'existez pas pour ces philosophes ; votre soi-disante existence n'est qu'un acte volontaire de leur intelligence créatrice, une émanation de leur *moi*. En vertu de ce *moi* tout-puissant il existoit à la place de votre main imaginaire une force répulsive et à la place du globe terrestre, que nous autres ignorans croyons voir et sentir, une force attractive, qui ont produit la chute de l'idée de vos ciseaux.

*Mde. de L.* Ces messieurs sont-ils fous ?

*Mr. de P.* Oui, Madame.

*Mde. de L.* A présent, *Mr. de P.*, donnez nous bien vite votre profession de foi, car vos nouveaux Philosophes m'ont effrayée.

*Mr. de G.* Le vrai Physicien, bien loin de vouloir créer la Nature, ne prétend pas même en connoître les forces, les causes primitives des phénomènes. Il avoue ingénûment son ignorance sur ce point ; il ne sait pas pourquoi la pierre tombe, pourquoi le verre est plus dur que le plomb, pourquoi l'eau se mêle avec le vin et pas avec l'huile. Il ne voit que le phénomène et ne croit rien savoir sinon que le phénomène se répète constamment sous les mêmes conditions et il conclut de là que la Nature a des lois immuables que son Auteur lui a dictées. Je dis sous les mêmes conditions ; car si les conditions changent, le phénomène change aussi. L'aréostat non gonflé pèse sur la terre et tombe comme une pierre, mais gonflé d'un gas plus léger que l'air il s'élève dans l'atmosphère ;

le verre chauffé jusqu'à l'incandescence devient plus mou que le plomb, et l'eau à qui on ajoute de l'alkali se mêle aux huiles et produit du savon. C'est cette multiplicité de conditions ou de circonstances qui, au moyen de très peu de lois générales toujours scrupuleusement observées, produit la variété infinie des phénomènes et qui rend l'étude de la Nature si difficile: Mais c'est en même tems ce qui donne à cette étude l'attrait invincible qui attache le Physicien au char de la Nature en lui offrant pour terme de sa course un lointain mystérieux qui renferme une abondante moisson de découvertes.

*Mr. de L.* Si vous nous forcez de renoncer à la connoissance des causes premières nous ne saurons jamais le pourquoi de rien; vous condamnez le genre humain à une éternelle ignorance.

*Mr. de P.* Assurément si votre pourquoi doit être absolu, remonter aux premières causes. Les causes secondes par contre se bornent modestement à la connoissance de quelques phénomènes généraux bien avérés d'où nous dérivons les lois de la Nature; nous les connoissons déjà dans mille cas et nous les découvrons chaque jour dans des cas nouveaux.

*Mde. de L.* Arrêtez, Monsieur. Qu'appellez-vous les causes premières et secondes? Ceci sent un peu la cathèdre.

*Mr. de P.* J'en conviens; aussi je répondois à un grand dialecticien qui me reprochoit de condamner le genre humain à l'ignorance par ce que je prétends

que l'entendement humain ne peut pas franchir certaines limites. Pour vous, Madame, je puis m'expliquer au moyen d'une simple comparaison. Si on me demandoit p. ex. pourquoi je vais presque habituellement passer ma soirée chez une certaine dame, je répondrais : par ce que je me plais infiniment à être auprès d'elle ; ce qui est une loi universelle et invariable sentie par tous ceux qui l'approchent. Voilà la cause seconde, un fait décidé et général que personne ne conteste. Mais si on me demandoit pourquoi on se plaît si fort à être chez cette dame, il me faudroit alors trouver la cause première qu'il m'est impossible de définir. Ce charme qu'on éprouve auprès d'elle, c'est le secret de la Nature, l'oeuvre immédiate de la Divinité.

*Mde. de L.* Ferez-Vous toujours l'impie quand je vous demanderai des explications ?

*Mr. de P.* Je me surprends quelques fois, Madame, à l'idolatrie, jamais à l'impiété.

*Mde. de L.* L'idolatrie est aussi de l'impiété. Aidez moi donc, Messieurs, à ramener Monsieur de P. à un discours sensé.

*Mr. de V* Volontiers, Madame, d'autant plus que l'idolatrie dont parle Monsieur de P. est mon fait et qu'à cet égard je n'aime point les collègues, surtout à mon âge de 70 ans. Vous nous parliez, Monsieur P. d'hypothèses. Comme j'ai passé ma longue vie dans une carrière où l'on n'a que des hypothèses, je serois curieux de savoir ce que vous faites de ces choses-là en Physique.

*Mr. de P.* Elles nous sont très utiles quand nous savons les restreindre à leur vrai usage, et très nuisi-

bles quand nous en abusons. L'hypothèse est une lanterne que le Physicien porte dans les contrées encore ténébreuses de son domaine pour en faire la reconnaissance. L'hypothèse lui indique la route à suivre, les expériences à faire pour conquérir un nouveau district à la science. Sans elle nous ne pourrions attendre des découvertes que des caprices du hasard. Voulez-vous un exemple? Nollet avoit eu le premier l'idée que la foudre n'est autre chose que de l'électricité; c'étoit une hypothèse fondée uniquement sur quelques rapports de l'électricité à la foudre. Franklin conçut l'idée hardie du paratonnerre, et le paratonnerre devint un appareil de Physique qui éleva l'hypothèse de Nollet à la dignité d'une théorie. Il nous faut des hypothèses pour aller en avant. Le Physicien doit être doué d'une imagination riche tout aussi bien que le Poète, et les hypothèses qu'elle produit sont la Poésie de la Physique. Mais toutes ne sont pas aussi heureusement conçues que celle que je viens de citer. C'est à l'expérience à décider si telle hypothèse sera admise dans le corps de la science ou si elle retombera dans la classe des rêves. Au reste tout homme de génie sait que, même lorsque l'expérience a prononcé l'arrêt fatal, il en coute de se défaire de ces enfans chéris de notre imagination, conçus dans ces brillans momens d'extase dont le souvenir nous flatte si agréablement. Mais alors le Physicien doit se ressouvenir qu'il sert à l'autel de la vérité et consommer le sacrifice, sans espérer qu'un ange descende du ciel pour lui arracher le couteau de la main.

*Mr. de L.* Si le Physicien doit sacrifier ses hy-

pothèses, vous voudrez bien aussi nous faire grace de ces idées creuses.

*Mr. de P.* Apparemment pour que les Philosophes soient seuls en possession du droit d'être poètes et de nous régaler de leurs rêves? Point du tout, Général. Je vous donnerai des hypothèses; je dois vous en donner, d'abord pour tracer la marche de l'esprit humain dans notre science, et puis pour ouvrir des vues nouvelles lorsque nous aurons atteint les bornes de notre domaine. Un Général doit aimer les conquêtes et tout ce qui y conduit. Et que deviendrait sans l'hypothèse le lointain du tableau, ce lointain charmant que vous nous avez peint de si jolies couleurs?

*Mr. de L.* Pour celles-là à la bonne heure. Mais pourquoi nous entretenir des erreurs de l'esprit humain?

*Mr. de P.* Vous lisez l'histoire et vous me faites cette question! — Au reste je n'abuserai pas de votre patience à cet égard, et je compte plutôt que quelques unes de ces idées réprouvées vous plairont si fort que vous-même serez fâché de l'arrêt qui les a proscrites.

*Mr. de V* Si le Physicien se permet des hypothèses comme le Diplomate des conjectures, il doit vous arriver d'avoir plusieurs hypothèses sur le même sujet, plusieurs voies à parcourir dans l'obscurité, Comment distinguez-vous la bonne?

*Mr. de P.* En ceci nous sommes plus heureux que les négociateurs des Puissances, qui doivent avoir sur chaque point de leur mission autant d'hypothèses que de personnes aux quelles ils ont à faire. Le Physicien n'a à faire qu'à la Nature, et quand il l'interroge, sa ré-

ponse est vraie et courte: *Visez au simple et vous me devinerez.* Tout ce qui exige des détours, des échafaudages compliqués, des tours de force, tout ce qui est guindé et tiré à quatre épingles, ne vaut rien, en Physique comme en Morale.

*Mr. de G.* Dieu merci! me voilà à mon aise. Je craignois que la question épineuse de Mr. de V ne nous amenât de longues explications.

*Le comte C.* Vous nommez toujours la Physique, Monsieur de P. Ne nous direz-vous rien de la Chimie?

*Mr. de P.* Ce seroit un crime dont je suis incapable. La Physique et la Chimie sont deux soeurs jumelles nées en un seul et même jour pour répandre le charme sur la vie de l'homme, deux branches d'un seul et même arbre, éclairées du même soleil et nourries des mêmes suc. Elles ne peuvent vivre et fleurir qu'ensemble; elles s'entrelacent par mille rameaux dans tous les phénomènes de la Nature et c'est de leur merveilleux accord que se forme le tableau majestueux de l'Univers. Descendez dans les entrailles de notre globe et vous y trouverez la Chimie produisant avec la Physique les éruptions des volcans, les dévastations des tremblemens de terre et les eaux minérales, ces sources salutaires, objet du pèlerinage de mille malades des contrées les plus éloignées. Parcourez la surface de la terre et vous retrouverez cette réunion dans la production du palmier et de la mousse, dans l'émail des fleurs et dans le suc nourricier des fruits. Elevez vous dans l'atmosphère et vous verrez la Physique et la Chimie occupées de concert à tisser les nuages et à les dissoudre, à produire la pluie et le beau tems, le chaud

et le froid, les vents et la foudre. Fixez au moyen du microscope ces objets imperceptibles à l'oeil et vous trouverez la Chimie composant en secret des fils et des lames transparentes infiniment déliées pour en façonner des cristaux de cent figures diverses. Enfin percez à l'aide du télescope la voute azurée pour contempler les légions de Soleils qui la peuplent et les planètes et comètes qui la sillonnent; vous verrez, à coté de la Physique qui assigne à ces corps immenses leur figure et leurs mouvemens, la Chimie qui lance la lumière à travers l'espace infini, qui la réfléchit de la surface des astres et lui ouvre le passage au travers des verres de nos télescopes, la lumière, sans laquelle tous ces mondes n'existeroient pas pour l'homme. Ainsi loin de nous ces vues étroites qui assignent à la Physique et à la Chimie des domaines hérissés de barrières. Ce que la Divinité a joint, l'homme ne doit pas le séparer.

---

PHYSIQUE THEORIQUE.

## SECOND ENTRETEN.

**Mr. de P.** La matière a quantité de propriétés qui varient d'un corps à l'autre. Parmi ces propriétés il en est qu'on nomme avec raison *propriétés générales des corps* dont la connoissance doit précéder toute Physique. Elles constituent en quelque sorte la manière d'être des corps qu'il faut nécessairement connoître avant de raisonner sur les phénomènes.

*Le Comte C.* C'est proprement de l'histoire naturelle.

*Mr. de P.* Précisément, mais cependant avec cette exception que l'histoire naturelle s'occupe des différences comme des ressemblances pour caractériser les individus dans les genres et les espèces, au lieu que la description physique des corps dont il s'agit ici ne considère que ce qui est commun à tous les corps. La Physique s'occupe aussi des qualités particulières telles que la couleur, la chaleur, la fluidité, la dureté, la transparence. Mais comme ces qualités ne sont qu'accidentelles, elle les regarde comme provenant de lois particulières qui sont l'objet de ses recherches.

La première et la plus essentielle propriété générale des corps est *l'étendue* ; car sans elle nous n'avons pas même l'idée d'un corps. Tout corps, quelque petit qu'il soit, a toujours une étendue limitée ou une grandeur assignable, qu'on peut mesurer.

*Mde. de L.* Permettez moi d'en douter. Vou-  
driez-vous bien, *Mr. de P.*, me dire p. ex. quelle épais-  
seur a la pointe de mon aiguille ?

*Mr. de P.* Volontiers, si vous voulez bien me confier  
l'aiguille pour l'examiner sous le microscope, où sa  
pointe me paroitra aussi grosse que le bout d'un clou.  
A la vue simple je taxe l'épaisseur de cette pointe à en-  
viron un deux millième de pouce, c. à. d. que deux  
mille de ces pointes rangées l'une près de l'autre équi-  
vandroient à la longueur d'un pouce.

*Mde. de L.* Vous n'êtes pas chiche de nombres,  
*Monsieur de P.*

*Mr. de P.* Pourquoi le serois-je puisque la Nature  
ne l'est pas ? Nous aurons bientôt à faire à de tout au-  
tres nombres que celui-là.

*Mde. de L.* Ainsi le Physicien peut fixer la gran-  
deur de tout corps, quelque petit qu'il soit ?

*Mr. de P.* Oui, Madame, pourvu qu'il puisse voir  
le corpuscule, à la vue simple ou au moyen du micro-  
scope. Et pour ceux qu'il ne peut plus voir d'aucune  
manière, il s'imagine que s'il avoit de meilleurs micro-  
scopes il pourroit les voir et par conséquent les mesurer.

*Mr. de T.* Ceci me paroît une pure supposition qui  
ne s'appuie sur aucun fondement physique, puisque  
l'observation ne peut pas se faire. Comment savons-  
nous s'il existe en effet de ces corpuscules que nous ne  
pouvons voir ni à l'oeil ni au microscope ?

*Mr. de P.* D'abord par le calcul, et nous en aurons  
encore aujourd'hui des exemples frappants, qui nous  
prouveront à la vue simple que leur épaisseur ne peut  
être aperçue par aucun microscope.

*Mr. de L.* Voilà de la sorcellerie : Nous verrons à la vue simple ce que le microscope ne peut atteindre !

*Mr. de P.* Fort bien, à la vue simple et à l'aide du calcul. Ces corpuscules s'annoncent en outre, prouvent leur existence, par leurs effets. Ce sont précisément ces petits êtres imperceptibles qui sont les plus actifs dans la Nature ; nous leur devons presque tout ce que nous connoissons de beau et d'agréable, de grand et d'effrayant.

*Mde. de L.* Ces petits corps ont-ils une figure ? J'ai peine à me l'imaginer.

*Mr. de P.* Assurément, Madame ; car nous ne pouvons pas concevoir une étendue bornée sans figure, et ce qu'il y a de bien intéressant à ces figures, c'est que les plus petites que nous puissions soumettre à l'observation, sont originairement régulières. Le sable p. ex. existoit autre fois sous la forme de cristaux aussi bien taillés que les diamans de votre bague, et ce n'est qu'à force d'avoir été trituré par l'action des vagues qu'il a perdu ses angles, ses arêtes et ses facettes. La majeure partie de la matière brute qui couvre la surface de notre terre, qui compose l'intérieur de nos montagnes, de nos rochers, de toute l'écorce de notre globe, est composée de cristaux dont la régularité s'observe même dans les plus petits fragmens.

*Mde. de L.* Mais d'où vient cette régularité ?

*Mr. de P.* Je crois, Madame, qu'il faudroit plutôt demander d'où vient la figure irrégulière de quelques substances ; car la régularité paroît être une suite nécessaire des lois naturelles qui président à la formation des corps. Nous traiterons cette question avec soin

dans la Physique de la terre, lorsque nous aurons à débrouiller le cahos historique de la formation de notre globe. Passons à présent à une autre propriété générale de la matière.

Le Géomètre parle de corps comme le Physicien, mais dans un sens tout différent. Pour le Géomètre le corps n'est que l'espace que remplit un véritable corps quelconque. Il ne se soucie pas des qualités de la matière qui remplit cet espace; de l'or ou de la boue, une portion d'air ou une masse de plomb, tout lui est égal; il ne remplit pas même son espace de quelque chose et il lui suffit d'en assigner les limites. Le Physicien au contraire s'attache aux qualités dont il fait l'objet des ses recherches.

*Mr. de T.* Excluez - vous la Géométrie de la Physique?

*Mr. de P.* Bien au contraire: la Géométrie est l'oeil de la Physique, et un Physicien qui ne seroit pas Géomètre ne connoitroit pas une seule loi naturelle. La Nature met dans tous ses phénomènes l'échelle et la balance, et pour la comprendre il faut absolument mesurer et pésar, mesurer les volumes et les distances et pésar les masses.

Nous avons une qualité principale qui distingue la matière, le corps physique, du corps géométrique ou de l'espace pur et simple, une propriété sans laquelle nous ne pouvons concevoir l'existence de la matière. On la nomme *impénétrabilité*. Elle consiste en ce que deux portions de matière ne peuvent pas occuper en même tems le même espace; car lorsque nous voulons mettre un corps A à la place du corps B nous n'y ré-

ussissons pas, ou bien le corps B cède sa place au corps A.

*Mde de L.* J'aurois bien envie de vous faire une objection. Dites moi, Monsieur P., si l'air est un corps.

*Mr. de P.* Assurément, Madame.

*Mde. de L.* Eh bien! nous sommes tous dans l'air et comme nos corps sont des corps, voilà un corps à la place d'un autre corps, et quand nous nous déplaçons nous laissons là l'air qui se trouvoit en même tems que nous dans l'espace que nous occupions, et nous nous plaçons dans un autre espace également rempli d'air.

*Mr. de P.* Voilà une hypothèse que vous construisez, Madame. Permettez moi d'en construire une autre: A la place où je me trouve dans ce moment il n'y a point d'air, mais mon corps est entouré d'air; si je me lève pour aller m'asseoir ailleurs l'air ambiant prend la place de mon corps et mon corps chasse l'air qui se trouve à la place où je me mettrai. Les deux hypothèses ne contiennent rien de contradictoire en soi; cherchons à décider laquelle des deux est la vraie, et c'est à l'expérience à qui nous devons nous adresser pour cela. Dans votre hypothèse on ne suppose aucun déplacement d'air et par conséquent aucun mouvement dans l'air ambiant; mon hypothèse au contraire suppose ce mouvement. Consultons donc l'expérience pour savoir si ce mouvement a lieu ou non. Veuillez, Madame, passer votre main un peu brusquement près de la flamme de cette bougie; vous voyez la flamme vaciller par ce que votre main a mis l'air ambiant en mouvement. Déplacez la lumière elle-même, la flamme vacillera de nouveau, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas

déplacer l'air qui est sur son passage sans que celui-ci fasse résistance et cette flamme elle-même n'est qu'un fluide plusieurs milliers de fois moins dense que l'air et qui par conséquent devrait pouvoir se placer avec plus de mille fois moins de résistance que l'air lui-même. La poussière de nos bals, le vent rafraichissant des amples éventails de nos grandmères et cent autres phénomènes de ce genre, attestent le mouvement de l'air ambiant dès qu'un corps se déplace, et si nous ne nous en apercevons pas dans nos mouvemens ordinaires, c'est l'effet de la coutume; dès que nous courons, nous nous en apercevons fort bien. Si donc le déplacement des corps cause un mouvement dans l'air, ou déplace l'air ambiant, il est clair que le même espace ne contient pas en même tems l'air et le corps en question.

Pardonnez moi, Madame, non d'avoir réfuté votre hypothèse; (vous êtes trop juste et trop bonne pour m'en vouloir d'avoir fait ce que je devois) mais de l'avoir fait si prolixement. Je voulois saisir cette occasion pour vous donner un exemple de la manière dont le Physicien raisonne. Permettez moi de vous donner encore une preuve directe de l'impénétrabilité de l'air. Versons de l'eau dans ce verre à boire et enfonçons dans cette eau ce verre à liqueur dans une situation renversée. L'air contenu dans le petit verre résiste et l'eau ne monte pas dans l'espace qu'il occupe; à présent plongeons le verre à liqueur dans une situation inclinée, vous voyez l'eau entrer dans le petit verre et en même tems l'air s'échapper au travers de l'eau.

*Mde. de L.* Me voilà complètement réfutée. Les Physiciens ont-ils toujours de pareilles preuves?

*Mr. de L.* Monsieur *de P.* vous dira sûrement que oui; mais nous voulons l'épier.

*Mr. de P.* Volontiers, mon Général, et je vous saurai gré de vos objections, qui peut-être amèneront des explications plus claires que nous ne nous donnons ordinairement la peine de les fournir. Pour le moment si vous m'accordez l'impénétrabilité, passons à une autre propriété générale des corps.

*Le Comte C.* On ne dispute plus sur l'impénétrabilité des corps en masses comme dans les expériences que vous avez faites. Mais il y a des Chimistes qui réclament la pénétrabilité des parties infiniment petites de la matière dans les opérations chimiques.

*Mr. de P.* Je connois cette prétention que nous devons probablement à l'envie d'amalgamer la philosophie de la Nature dont je parlois hier avec la saine Physique. Mais quel cas ferez-vous, Monsieur le Comte, d'une Logique qui attribue aux parties d'un tout ce que le tout n'a pas, qui prétend qu'on peut mettre un corps à la place d'un autre sans déplacement, mais pas deux, pas trois, pas cent? D'ailleurs, si l'impénétrabilité des masses composées d'une certaine quantité de molécules est démontrée, c'est à ceux qui croient à la pénétrabilité des molécules à en fournir la preuve, que je n'ai encore trouvée nulle part; ni l'observation, ni le calcul ne l'ont encore livrée. Permettez moi de considérer la *divisibilité* de la matière.

*Mr. de L.* O! pour cette propriété-là, la Diplomatie ne la niera pas.

*Le Comte C.* Assurément; notre *divide et impera* (divisez et régnez) vous en est la caution.

*Mr. de P.* Consolez vous, Monsieur le Comte, de la malicieuse remarque du Général. Le Physicien et surtout le Chimiste ont la même maxime, et s'en trouvent fort bien. Il n'y a que les Philosophes qui l'emploient gauchement; elle ne leur sert qu'à se diviser eux-mêmes en vingt sectes différentes qui toutes veulent se dévorer mutuellement.

*Mr. de L.* Et qui toutes sont encore en possession de leur trône, par ce que vous autres messieurs, qui vous arrosez le droit de les juger, n'avez pas encore pu vous réunir depuis tant de siècles sur le choix.

*Mr. de P.* Et comme apparemment nous n'y réussirons pas aujourd'hui, permettez moi de mettre pour la troisième fois la divisibilité de la matière à l'ordre du jour.

Il y a des Philosophes qui regardent la matière comme divisible à l'infini et autrefois on disputoit beaucoup sur cette thèse. La Physicien ne se mêle pas de l'infini et s'en tient au domaine de l'expérience, qui lui dit bien positivement que la matière est divisible à un point qui surpasse toute imagination.

*Mr. de G.* Jusqu'où a-t-on poussé la divisibilité de la matière?

*Mr. de P.* Distinguons ici l'art de la Nature, pour nous instruire à fond. Vous connoissez ce qu'on appelle la longueur d'un pouce. L'art est parvenu à faire une échelle qui partage cette longueur en mille parties égales, ce qui se rapporte à  $\frac{1}{37}$  du millimètre. Cette particule est la plus petite qu'on puisse voir à la vue simple et équivant à peu-près au tiers de l'épaisseur d'un cheveu. Nous voulons prendre cette particule

pour unité de comparaison dans les exemples que nous aurons de la divisibilité de la matière. Ainsi nous avons sur la longueur d'un pouce mille parties encore visibles. Le pouce carré contiendra un million de petits carrés et le pouce cube contiendra mille millions de petits cubes encore visibles. Ces petites longueurs, ces petits carrés et ces petits cubes, voilà nos unités pour les longueurs, les surfaces et les corps.

*Mde. de L.* Je ne conçois pas comment on peut voir de si petites parties, et moins encore comment on peut les dessiner. Peut-on faire seulement des traits qui aient moins de largeur que le tiers de l'épaisseur d'un cheveu?

*Mr. de P.* Aussi, Madame, n'y réussit-on que sur du verre, et une pareille échelle n'est visible que lorsqu'on laisse tomber la lumière dessus très de biais. Au reste ces traits vus au microscope sont de grosses raies.

*Mde. de L.* On fait donc ces divisions au microscope?

*Mr. de P.* Non, Madame; au contraire, l'artiste ne regarde pas même ce qu'il fait. Il a une machine dont la partie principale est une vis qui, lorsqu'on la tourne, place la plaque de verre pour chaque nouvelle division sous le tranchant qui doit la faire et qui la fait à coup sûr.

*Mr. de T.* Cela est merveilleux!

*Mr. de P.* L'art va bien plus loin encore dans la fabrication des métaux. Vous connoissez l'or battu en feuilles. Ces feuilles, que le moindre souffle enlève, qu'on n'ose regarder qu'en retenant l'haleine quoiqu'elles

soient d'une matière si pesante, sont si minces qu'il en va 360 mille à la longueur d'un pouce; c. à. d. que l'épaisseur d'une de ces feuilles n'est que la 360ème partie de notre petite unité de division, ou environ mille fois plus petite que l'épaisseur d'un cheveu.

Bien plus: considérez le fil d'or de la broderie de nos uniformes; c'est un fil d'argent doré. Une once d'or employée à cette dorure suffit pour un fil de 97 lieues de longueur, et si on fait passer ce fil au laminoir, on lui donne une longueur de 111 lieues et une largeur de  $\frac{1}{8}$  de ligne. Cette lame d'argent est parfaitement couverte d'or des deux côtés. Si nous réduisons cette double couche d'or, à notre unité de surface nous trouverons qu'une once d'or se trouve partagée en trente mille millions de parties encore visibles, qu'un grain d'or suffit à plus de 62 millions de ces parties et que l'épaisseur de cette couche n'est que la vingtième partie de celle de l'or en feuilles.

*Mr. de T.* Ce la paroît inconcevable.

*Mr. de P.* Vous concevrez en connoisseur des arts mécaniques encore moins comment il est possible de faire un fil de Platine dont l'épaisseur ne soit que  $\frac{1}{3000}$  du pouce, c. à. d. un tiers de notre petite unité.

*Mr. de T.* Où prendre la filière à cet effet? qui fera le foret pour percer cette filière neuf fois trop étroite pour l'épaisseur d'un cheveu?

*Mr. de L.* On les commande chez les Liliputiens, apparemment.

*Mr. de P.* Pas tout-à-fait si loin; On ne va que jusqu'en Angleterre, et voici la manière dont se fait un fil d'une finesse aussi prodigieuse. On com-

mence par en faire un d'une finesse très ordinaire, puis on enduit ce fil de platine d'une très grosse couche d'argent; après cela on fait passer ce fil ainsi grossi à la filière, j'usqu'à ce qu'il ait le plus de finesse possible. Ainsi l'on a à présent un fil d'argent au milieu du quel se trouve le fil de platine de cette finesse prodigieuse.

*Mde. de L.* Oh! vous nous plaisantez, Monsieur *P.* A quoi me sert ce fil de platine enterré dans cet étui d'argent? Je croyois que vous nous le montreriez à nud.

*Mr. de P.* Aussi y suis-je prêt, Madame, et pour cela je n'ai qu'à faire disparoitre l'étui d'argent, ce qui se fait en plongeant le tout dans un acide (l'acide nitrique ou l'eau forte) qui ronge l'argent sans pouvoir attaquer la platine.

*Le Comte C.* Voilà une réunion charmante de la Chimie à la Mécanique!

*Mr. de P.* Voyons à présent ce que la Nature sait faire. Prenez une goutte de solution d'indigo et jetez la dans un volume d'eau de 500 pouces cubes. Après avoir un peu remué le liquide vous le verrez également teint de bleu dans toutes ses parties. Or ce volume de 500 pouces cubes contient cinq cent mille millions de parties encore visibles dont chacune contient une partie de la couleur. Mais ce n'est pas tout: la masse colorante que nous avons employée, est à peine un cent millièrne de la quantité de l'eau dans la quelle elle est délayée, et nous apprenons par là que chaque partie de la matière colorante n'est que la cinq cent billionième partie d'un pouce cube ou la cinq cent millièrne partie du petit cube qui nous sert d'unité.

Les corps odorants nous offrent des divisions de la matière encore plus étonnantes. Prenez, Madame, un morceau de musc et laissez le dix ans de suite à découvert; toutes vos chambres en seront parfumées -----

*Mde. de L.* Dieu m'en préserve, Monsieur! J'ai assez souffert dernièrement en lisant la lettre d'une dame qui est folle de musc.

*Mr. de P.* Cette expérience qui vous fait frissonner, Madame, a été faite. Un morceau de musc parfume un appartement, une maison entière; les habits en prennent l'odeur; on l'emporte avec soi de maison en maison; on renouvelle l'air des chambres et au bout d'une heure la maison est de nouveau parfumée. Chaque particule de l'air dans lequel elle se répand contient une particule de musc; et cependant, après bien des années que le musc a fait son triste devoir, Madame, de vous empoisonner, le croirez-vous? le morceau, pesé exactement avant et après l'expérience, n'a pas perdu assez de son poids pour que la balance la plus sensible soit en état de nous l'indiquer. L'imagination se perd à vouloir se représenter ce degré de divisibilité de la matière. Votre salle contient un espace d'environ 18000 pieds cubes et toutes vos chambres ensemble au moins 90000, ce qui fait plus de 155 millions de pouces cubes ou 155 mille billions de nos petits cubes. Ainsi une portion de musc si petite que la meilleure balance ne peut pas la peser, un rien de musc, se partage en 155 mille billions de parties, et combien de fois dans l'espace de dix ans cette division ne se répète-t-elle pas? Et un seul billion, Madame, est un nombre si énorme qu'un homme qui compteroit le plus vite possible (jusqu'à

160 dans une minute) auroit besoin de 11628 années pour arriver à un billion, supposé qu'il comptât sans relâche pendant les 24 heures du jour sans boire, ni manger, ni dormir.

*Mde. de L.* Vous allez, Monsieur, me donner la migraine avec vos affreux nombres.

*Mr. de P.* Pour vous en, guérir, Madame, je vais vous introduire dans un monde nouveau, dans un petit univers organique que nous n'apercevons qu'à l'aide du microscope. Considérons les animaux d'infusion, ces petits êtres doués de sensibilité, de volonté et même d'esprit, qui vivent par millions dans une goutte d'eau gâtée qui est pour eux un grand lac. L'observation nous a fait connoître de ces animaux dont cent mille auroient place sur la longueur d'un pouce, et dont par conséquent il en iroit mille billions dans l'espace d'un pouce cube, ou un million dans l'espace de notre petite unité cubique. Et ce sont des animaux, doués d'une certaine intelligence, qui ont des plaisirs et des peines, qui s'aiment et se font la guerre, qui se nourrissent et se multiplient, qui ont par conséquent des organes intérieurs et extérieurs, des membres, des vaisseaux dans les quels il circule des fluides ! Que l'homme conçoive, s'il le peut, la finesse de cette organisation !

*Mr. de R.* Et il y a eu des hommes assez insensés, des Savans assez fous pour nier la Divinité, pour ne pas reconnoître la Toute-puissance aussi sublime dans ceux de ses ouvrages qui échappent à notre vue que dans les masses innombrables et immenses qui peuplent le firmament ! La Nature nous offre partout l'infini, et

nous pourrions méconnoître la grandeur infinie du Créateur !

*Mde. de L.* Cette idée d'un Créateur, sublime dans tous ses ouvrages, est bien faite pour servir d'appui à l'imagination fatiguée de cette contemplation, en ce qu'elle réveille le sentiment et prête à la Nature un intérêt aussi grand qu'attachant.

*Mr. de P.* Eh bien, Madame, considérons d'un autre côté les ouvrages en miniature du Créateur, observons la régularité inconcevable des cristaux. Vous connoissez déjà leur symétrie extérieure; passons à leur symétrie intérieure. On sait depuis longtems que les cristaux se fendent assez facilement dans certains sens et pas dans d'autres. Mr. Romé de l'Isle est le premier qui ait traité ce sujet en Physicien et Mr Haüy lui a donné une étendue qui a étonné par l'application qu'il en a faite à l'étude de la Minéralogie. Je vais tâcher de vous offrir une idée des résultats.

Au moyen d'un couteau et d'un marteau adaptés à ces expériences on essaie à tâtons à quels endroits un cristal se laisse fendre. La première découverte est que ces points sont rangés symétriquement sur la surface du cristal. Un spath de chaux, qui forme un prisme à six côtés, offre ces points de fissure à sa base sur trois lignes parallèles chacune à un côté de la base, en sorte que lorsqu'on a enlevé (de biais) un morceau triangulaire qui se termine à la face correspondante, le côté suivant (le second) n'a pas cette propriété; mais le troisième l'a. Le quatrième ne l'a pas, demême que le sixième, tandis qu'on la retrouve au cinquième. Cette opération se répète à l'autre bout, mais de ma-

nière que les côtés qui offrent la qualité de pouvoir être fendus de cette manière, sont les opposés de ceux de l'autre bout. Ainsi voilà six morceaux triangulaires enlevés de ce prisme, et les côtés qui en sont susceptibles alternent à la même base et d'une base à l'autre. Permettez moi de vous dessiner ce corps dans cet état.

L'Hexagone  $abc mih$  est une base du prisme;  $gfe dlk$  est l'autre. La première tranche se fera en appliquant le couteau en  $go$  parallèlement au côté  $im$  de la base et enlèvera le morceau  $gopn$ . Le côté  $mc$  n'est pas susceptible d'être tranché, mais le côté  $bc$  dont on enlèvera un morceau semblable au premier. Le côté  $ab$  ne l'est pas non plus, mais le côté  $ah$ . En bas le côté  $fe$  parallèle à  $im$  ne peut pas être tranché, de même que les côtés  $ld$  et  $kg$ , mais les côtés  $ed$ ,  $kl$  et  $fg$  le sont sur les lignes parallèles  $tr$ ,  $su$ ,  $yx$ , en sorte que si l'on retourne la figure en plaçant le bas en haut, on a à la base  $edlkgf$  les mêmes tranches et disposées de même que celles de la base  $abc mih$ .

Ces six morceaux enlevés on va plus loin; on applique le couteau parallèlement aux tranches précédentes et on enlève à chaque coup de marteau une tranche d'égale épaisseur. En répétant régulièrement ces nouvelles tranches, le cristal se rappétisse régulièrement de tous les côtés et obtient à la fin la figure  $ABCDEFGH$  qu'on appelle un Rhombe, c. à. d. un cube à faces et angles obliques. Ce Rhombe, qu'on nomme le *noyau* du cristal, on le traite à présent comme un cristal entier en cherchant les endroits où l'on peut appliquer le couteau. Par là on enlève de nouvelles tran-

ches ou lames en directions ordinairement parallèles aux faces. On continue cette opération jusqu'à ce que l'on parvienne à un si petit cristal qu'il est enfin impossible d'y appliquer encore le couteau. Cette particule cristalline, qu'on suppose réduite par la continuation de l'opération précédente à un volume infiniment petit, s'appelle la *molécule intégrante* du cristal. Elle est quelque fois de même figure que le noyau, souvent d'une figure différente :

*Mde de L.* Ceci est bien compliqué.

*Mr. de P.* Vraiment, Madame, et je vous suis bien reconnoissant de l'attention que vous m'avez prêtée, et dont je n'abuserai pas pour vous expliquer comment Monsieur Haüy s'est assuré de la grande régularité de tous ces petits corps, de l'exactitude des angles et de la parfaite symétrie de ce tout si composé que nous nommons cristal. Son analyse mécanique d'une infinité de cristaux lui a appris que tous les *noyaux*, quelque variée que soit la forme extérieure des cristaux, se réduisent à six espèces de corps géométriques et toutes les *molécules intégrantes* à trois espèces du plus petit nombre possible de faces. Et c'est de là qu'il a puisé sa classification des *minéraux*.

*Mr. de R.* Voilà donc le grand secret de la cristallisation révélé et les Physiiciens en état de faire des cristaux !

*Mr. de P.* Arrêtez un peu, monsieur, l'essor de votre imagination. Nous sommes encore fort loin de là. Ce seroit comme si un homme vouloit se croire architecte par ce qu'il sait débâtir un palais, en jeter à bas les

pierres de taille les unes après les autres. Le Physicien n'a gagné par cette belle opération que la certitude que chaque cristal est composé d'une molécule intégrante infiniment petite, que ces molécules ont trois espèces de figure et pas plus de trois, que la molécule se grossit de lames minces qui se placent sur ses faces et que de là se forment six espèces de corps nouveaux, qui sont les noyaux des cristaux, et que ce noyau se grossit de tranches appliquées à ses surfaces, d'où résultent toutes les figures de cristaux que nous connoissons. Mais il ne sait pas encore quel est le mobile et le régulateur de ces opérations, pourquoi les parties infiniment petites de la matière ne forment des molécules et des noyaux précisément que d'un certain nombre de figures et pourquoi ces petites pierres de taille se rangent de telle façon et pas d'une autre.

Un anglois, Monsieur Daniell, a eu l'idée ingénieuse d'employer la Chimie à une analyse semblable des cristaux. Il plonge le cristal qu'il veut analyser dans un liquide qui a la propriété de le dissoudre mais foiblement; car s'il employoit un dissolvant dans toute sa force, il dissoudroit le cristal entièrement et ne verroit rien. Ce dissolvant affoibli ronge d'abord le cristal à l'extérieur et partout; mais petit-à-petit il s'insinue davantage précisément aux endroits où Haüy fait ses tranches, et laisse à découvert de nouvelles portions du cristal qui ont la figure que Haüy a trouvée. Cet accord de l'analyse chimique avec l'analyse mécanique est très important et prouve indubitablement que les cristaux sont réellement formés comme l'hypothèse de Haüy le suppose, et qu'à la jonction de ces parties

les cristaux ont un foible sur le quel le couteau et le dissolvant ont également prise.

Toutes ces connoissances prises ensemble nous fra-yent la route à une théorie de la cristallisation, mais ne sont pas encore cette théorie, que l'on a crue si impossible à découvrir que plusieurs Physiciens avoient pris le parti de ranger la cristallisation au nombre des opérations de la Nature qu'on ne doit plus analyser.

*Mr. de L.* C'est le meilleur parti; au moins on avance en besogne.

*Mr. de P.* C'est selon moi le plus mauvais de tous, par ce qu'on coupe par la le chemin aux découvertes. Je suis persuadé que ce grand problème n'est pas insoluble et je préfère avouer mon ignorance présente que de me condamner à une ignorance perpétuelle sur cet objet si important.

*Mde. de L.* Je désire beaucoup que vous ayez raison et que ce soit encore de notre vivant; car cette construction des cristaux m'intéresse vivement.

*Mr. de P.* En attendant, Madame, permettez moi de vous parler d'une autre propriété des corps qui ne seroit pas moins étonnante si nous ne l'avions continuellement sous les yeux. Que direz-vous, p. ex., si j'ai l'honneur de vous assurer que tous les corps sont des cribles?

*Mde. de L.* Que je n'y crois pas, ne vous en déplaise; car voilà mon verre qui, j'ai également l'honneur de vous l'assurer, ne perd pas une goutte d'eau.

*Mr. de P.* Mais ne laisse-t-il d'ailleurs rien passer? Et direz-vous, Madame, qu'un crible ne soit pas un crible par ce qu'il ne laisse pas passer de grosses fèves?

*Mde. de L.* Cela est plaisant! Le verre ne laisse rien passer du tout.

*Mr. de P.* La lumière exceptée, et c'est ce passage de la lumière qui fait le charme du verre et nous réconcilie avec sa malheureuse qualité d'être cassant. C'est ce passage qui nous instruit de ce qui se passe dans nos vases de cristal et dans les rues, qui produit la variété de ces belles couleurs rayonnantes que nous fournissent vos lustres quand les bougies sont allumées.

*Mr. de G.* Je prends le parti de Madame de L. Qui sait si c'est un vrai passage de la lumière? On dispute même encore sur cette question si la lumière est de la matière.

*Mr. de P.* Ainsi vous croyez, mon cher, que c'est un rien, ce qui fond la glace et la neige des pays du Nord, qui fait croître l'herbe de nos prés et les fleurs de nos jardins, les grains de nos moissons et les palmiers des Tropiques, qui blanchit le lin dont votre chemise est faite, qui au foyer d'une lentille allume l'amadou, fond les métaux, embrase la poudre à canon, et qui vous crève les yeux quand vous fixez le soleil. Rendons nous, au moins pour le moment (à la suite je traiterai cette matière plus à fond) au témoignage de nos sens. Voyez ce vase qui imite l'albâtre; c'est du verre fait à la verrerie. Pourquoi lorsqu'on y place une bougie ne nous fournit-il pas autant de lumière que le verre ordinaire, mais cet agréable clair-obscur dont Madame de L. veut bien quelquefois nous régaler? La lumière ne perce qu'avec peine et en petite quantité l'épaisseur de ce verre, tandis que derrière un verre ordinaire elle nous éblouit.

*Mr. de G.* Je ne lâche pas encore prise. Les métaux, par ex., nous les donnerez-vous pour des cribles? Ils ne laissent passer ni eau, ni vin, ni lumière.

*Mr. de P.* S'ils ne sont pas des cribles, au moins sont-ce des filtres. L'or est assurément un métal bien compact, et ne le cède en cela qu'à la Platine; et cependant prenez une feuille d'or battu et regardez à travers quelque objet éclairé que vous voudrez. Vous verrez cet objet assés distinctement, et pour preuve que ce n'est pas à travers de petits trous ou déchirures faites au hazard, c'est que ces objets vous paroîtront d'un bleu verdâtre, ensorte que proprement nous ne pouvons pas dire si la vraie couleur de l'or est le jaune ou le bleu.

*Mde. de L.* Je vois bien, Monsieur *de P.*, qu'il faudra vous céder et convenir que les corps sont des filtres, au moins pour la lumière. Mais dites nous la chose plus simplement sans exciter de dispute.

*Mr. de P.* Volontiers. La propriété dont je parle se nomme la *porosité*. Tous les corps sont poreux; c. à. d. que la matière de tous les corps est tellement arrangée qu'il reste entre les particules infiniment petites, des interstices qui ne contiennent pas la matière du corps en question. Ces pores au reste ne sont pas absolument vides, mais contiennent pour la plupart de l'air qu'il est facile d'en faire sortir l'orsqu'on place ce corps plongé dans l'eau sous le récipient de la pompe pneumatique et qu'on le soustrait par l'action de cette pompe à la pression de l'atmosphère. On voit l'air contenu dans les pores de ce corps se dégager en milliers de petites bulles à sa surface et traverser l'eau.

Il s'en dégage de l'eau elle-même, du mercure et de tous les liquides comme des corps solides.

La peau de l'homme, celle des dames comme la nôtre, est, (permettez moi, Madame, cette assertion en votre présence), un vrai crible dont nous ne pouvons nous passer. C'est elle qui transmet à l'air quantité de substances qui, si elles restoient dans notre machine, en détruiraient, bientôt l'organisation. C'est ce que nous appelons la transpiration. Bien plus: l'effet de nos poumons n'est lui-même autre chose qu'une transpiration semblable à celle de la peau, mais plus efficace que celle-ci, en ce que les membranes qui forment les vésicules dont les poumons sont composés, sont beaucoup plus minces que notre épiderme. Un excellent médecin du 17<sup>e</sup> siècle, Sanctorius, a passé une partie de sa vie à se peser chaque jour plusieurs fois et prouvé par ces nombreuses expériences que la transpiration nous enlève à peu près cinq huitièmes de notre nourriture. Séguin et le célèbre Lavoisier ont en outre trouvé que de cette masse totale de transpiration partagée en 18 parties égales, onze appartiennent à la peau et sept aux poumons.

*Mr. de R.* Je me souviens d'avoir vu dans ma jeunesse les pores du bois sous le microscope. Quel arrangement merveilleux de ces pores!

*Mde. de L.* Faites nous le plaisir, Monsieur de P. de nous apporter un microscope pour nous les faire voir.

*Mr. de P.* Volontiers, Madame; mais ne m'en veuillez pas si après avoir vu ces dessins admirables, vous trouvez la dentelle grossière et de mauvais gout. Une tranche très mince d'une branche de bois coupée en

travers, offre souvent les plus jolis et les plus riches dessins exécutés avec une délicatesse surprenante; et le plus ou moins de transparence que vous observez dans la partie solide, indique d'autres dessins dont le microscope ne peut atteindre la finesse.

*Le Comte C.* Permettez à l'ami des plantes d'ajouter que ces petits vides si artistement rangés, sont les coupes de tuyaux qui s'étendent avec différens changemens depuis l'extrémité du plus mince rameau jusqu'à la dernière pointe des racines les plus déliées, en sorte que tout arbre offre sur chaque point de sa longueur des dessins de ce genre.

*Mr. de P.* Cela est très juste et se prouve par une jolie petite expérience qui se fait ordinairement dans les cours de Physique. On adapte un morceau de bois dans l'ouverture supérieure d'un récipient de la machine pneumatique en sorte que l'ouverture soit bien fermée par ce morceau de bois qui est surmonté d'un gobelet du même bois et du même morceau que celui qui entre dans le récipient; on remplit le gobelet de mercure et on fait agir la pompe pour soutirer l'air du récipient et donner par là à l'air extérieur la faculté de presser le mercure au travers du bois; on voit alors ce liquide si dense passer et tomber en fines gouttes qui imitent passablement une pluie d'argent.

Mais considérons cette propriété générale sous un autre point de vue. Elle nous apprend que deux corps de même volume mais d'espèces différentes ont des quantités souvent très différentes de matière. Cela dépend du rapport du volume réel que la matière occupe à celui des pores. C'est ce rapport qui constitue la

*densité.* Ainsi, si, par exemple, le mercure contient dans le volume d'un pouce cube treize fois et demie autant de matière que l'eau dans le même volume et par conséquent treize fois et demi moins de pores, on dit que la densité du mercure est treize fois et demi aussi grande que celle de l'eau.

*Mr. de T.* Connoit-on ce rapport du volume que la matière occupe réellement au volume des pores ?

*Mr. de P.* Non, pour aucun corps ; car pour cela il faudroit avoir un corps qui n'eut point de pores, pour qu'il puisse nous servir de terme de comparaison dans la détermination des densités. Nous savons seulement que la quantité des pores peut être prodigieusement grande, que la platine contient à volumes égaux 230 mille fois plus de matière que le gaz hydrogène (l'air inflammable). Aussi Newton, qui d'ailleurs n'étoit pas ami des exagérations, disoit-il en badinant qu'il seroit possible que toute la matière de notre globe et de tous les globes célestes eut place dans une coque de noix.

*Mde. de L.* Quelle folie !

*Mr. de L.* Madame ! Ne parlons pas si lestement de Newton, du Prince des Physiciens, du plus grand génie qui ait jamais fait honneur à l'esprit humain. Combien d'autres à sa place, s'ils étoient capables d'une idée aussi gigantesque, nous eussent donné cette plaisanterie pour une vérité !

*Mr. de P.* Et nous serions bien embarrassés de leur démontrer rigoureusement le contraire.

*Mde. de L.* Débarrassez moi vite de cette idée. Imaginez quel horrible petit coin toute notre société occuperoit dans votre coque de noix ! Si le grand

Newton se plait à être ainsi rapétissé, moi, la petite Générale de L., je ne m'en soucie pas du tout.

*Mr. de P.* Vous êtes, Madame, tout aussi peu effrayée que Newton de ce mal imaginaire, par ce que vous savez tout aussi bien que lui, que la vraie grandeur ne se mesure ni à la toise, ni à l'aune. Au reste il n'est pas en mon pouvoir de rien changer à la chose. Je dois assurer parcontre que si quelqu'un s'avisait de nous affirmer que les pores sont si grossiers, comparés à la finesse de la matière, que le diamètre d'un pore est à celui d'une particule intégrante de matière dans la proportion de la distance entre la terre et une étoile fixe au diamètre d'un grain de sable, nous ne pourrions pas lui démontrer le contraire. Au reste le Physicien ne se donne pas la peine de combattre cette idée, par ce que ce seroit à celui qui la poseroit en thèse à la prouver, ce qui est au moins aussi impossible que la preuve du contraire.

Il résulte de ces considérations que la Nature s'est jusqu'à présent réservé le secret de l'arrangement des particules des corps; mais heureusement nous pouvons savoir bien des choses essentielles sans avoir la clef de ce secret. Il nous suffit par ex. de savoir que les corps sont plus ou moins denses les uns que les autres pour pouvoir en conclure que tous les corps ont des pores et même ceux dont les pores ne sont en aucune façon visibles, tels que ceux des liquides, ceux dont on ne peut point extraire d'air, tels que les métaux, le verre, les cristaux etc., et voilà, par parenthèse, mes cribles et mes filtres, à ce que je crois, démontrés.

*Mr. de T.* Le mot de filtres me rappelle les filtres dont on se sert pour dépurier l'eau. Ne voudriez-

vous pas, *Mr. de P.*, avoir la complaisance de nous en expliquer la construction.

*Mr. de P.* Bien volontiers; c'est me rapeler un oubli. Les filtres ont différentes constructions; on les a en grand et en petit. En grand ce sont plusieurs caisses établies comme des gradins les unes audessus des autres. Le filtre de la Samaritaine à Paris avoit, si je ne me trompe, 7 de ces caisses remplies de sable de différent grain, le plus fin dans les caisses inférieures. On pompe l'eau à dépurer dans le filtre supérieur; après avoir passée dans le gravier qu'il contient elle tombe dans le second, de celui-ci dans le troisième, et ainsi de suite. On la reçoit du dernier dans des bassins propres d'où on la transporte dans les différents quartiers de la ville.

Les filtres en petit, destinés aux besoins d'une famille, sont quelques fois composés d'une pierre de sable que l'on taille en forme de vase? on remplit ce vase d'eau, qui suinte par les pores du fond, cette espèce de pierre étant très poreuse. On a imaginé d'autres espèces de filtres à sable et à charbon concassé dans lesquels après plusieurs détours l'eau arrive au fond du vase qui contient ces matériaux, et en ressort par un robinet. Pour moi, lorsque je demeure dans une ville où il n'y a point d'eau claire, je me fais faire un filtre bien plus simple et qui me sert parfaitement. Imaginez un grand pot rond (fig. 2.) partagé sur sa largeur par une paroi verticale en deux vases séparés A et B qui communiquent ensemble par le bas, la pa-

roi *s b c d* ayant son bord inférieur *b c* à 3 pouces de de distance du fond. La partie B du vase a 5 pouces de moins en hauteur que la partie A, et est munie d'un goulot *e* près de son bord supérieur pour l'écoulement de l'eau filtrée. On remplit de sable fin la partie B du devant et d'un sable un peu plus gros la partie A, l'une et l'autre jusqu'à un demi pouce au dessous du goulot. Pour arrêter les plus grosses ordures, si l'eau à filtrer est malpropre, on recouvre le sable en A d'un morceau de flanelle qu'on peut laver chaque jour, et voilà la machine préparée. On place au dessous du filtre un tonnelet ou vase quelconque d'où l'on fait au moyen d'un robinet couler l'eau dans la partie A du filtre. On ouvre le robinet très peu, afin que l'eau coule lentement, mais cependant assez pour qu'elle monte du côté A jusqu'à trois pouces au dessus du sable. Alors il se forme au côté B une nappe d'eau qui monte jusqu'à la hauteur du goulot et s'écoule par *e*, pure et avec la plus grande tranquillité, comme une source. En effet ce procédé est imité de la Nature qui produit les plus belles sources en amenant l'eau d'une colline au travers d'un terrain de gravier ou de sable jusqu'au dessous du niveau de la nappe d'eau qu'elle est obligée d'atteindre en remontant. Depuis que j'ai imaginé ce filtre j'ai lu quelque part que dans l'orient on en a de pareils en grand, c. à. d. deux puits remplis de sable et qui communiquent entre eux par un canal souterrain. Le sable de mon petit filtre doit être lavé ou renouvelé chaque mois une fois, par ce qu'à la longue il se charge d'immondices et ne fournit plus l'eau ni si pure ni en si grande quantité.

*Mr. de T.* Permettez moi encore une question. Vous disiez tout-à-l'heure qu'il y a des filtres dans lesquels on met du charbon. A quoi sert ce charbon?

*Mr. de P.* Le sable est un filtre mécanique dans lequel s'arrêtent les malpropretés visibles qui rendent l'eau trouble. Le charbon est un filtre chimique qui attire les parties putrides de l'eau, lorsque l'eau est gâtée. Nous reviendrons un jour sur cet objet. Je n'ai plus qu'à ajouter, que quand on a de l'eau gâtée on peut remplacer une partie du sable de mon filtre par une couche de petits morceaux de charbon. Au reste si ce charbon doit faire effet, il faut qu'il soit bien brûlé et employé tout en sortant du foyer, le vieux charbon ayant très peu de vertu antiseptique.

Permettez moi de terminer cette soirée par quelques mots concernant deux propriétés générales de la matière qui paroissent diamétralement opposées l'une à l'autre, la *mobilité* et *l'inertie*, au moyen des quelles tous les corps sans exception sont également disposés à se mouvoir et à résister au mouvement.

*Mr. de L.* C'est en même tems vouloir et ne vouloir pas. Je conçois cela fort bien: c'est l'emblème du caprice des femmes.

*Mr. de P.* Point de méchancetés, Général! Ou bien je vous livrerai à l'éloquence de Monsieur de R. qui n'entend pas badinage sur ce point.

*Mr. de L.* La menace est trop dangereuse pour que je veuille m'y exposer! Donnez nous l'emblème.

*Mr. de P.* La mobilité des corps n'a pas besoin

de preuves. Un philosophe grec, à qui son collègue. Pyrron vouloit démontrer qu'on doit en douter, ne fit que se promener dans la chambre tandis que Pyrron argumentoit. Mais quelque sûrs que nous soyons que les corps sont mobiles, gardons nous de confondre la mobilité avec les causes du mouvement ou de croire qu'un corps puisse se mouvoir de soi-même lorsqu'il est en repos. Au contraire il resteroit éternellement dans cette inertie s'il n'étoit excité au mouvement par une cause étrangère quelconque, p. ex. par la pesanteur, par le choc, etc.

Au reste cette inertie, que nous ferions mieux de nommer constance, n'est pas de la paresse; car un corps, mis une fois en mouvement, ne cesseroit jamais de se mouvoir s'il n'étoit arrêté par une cause quelconque.

*Mr. de V* Permettez moi, Monsieur, une question: D'où vient qu'un boulet de canon n'arrive pas à la lune?

*Mr. de P.* Par ce qu'il n'a pas assez de force pour résister à l'action de la pesanteur qui diminue à chaque instant sa vitesse et la réduit enfin à zéro. Pour qu'un boulet tiré de la terre puisse parvenir à la lune il faudroit qu'il arrivât à un point où chaque corps qui s'y trouveroit pèseroit également vers ces deux globes; et pour que le boulet de canon arrivât à ce point il faudroit que la poudre lui imprimât une vitesse d'environ 8000 pieds par seconde au sortir du canon; ce qui n'a pas lieu. Mais puisque vous parlez de la lune, permettez moi de la citer en ma faveur. Depuis

des milliers d'années elle est notre suivante fidèle et tourne sans cesse autour de nous et toujours avec la même vitesse.

*Le Comte C.* Permettez moi aussi une question : Connoissons-nous la vitesse de la lune depuis plusieurs milliers d'années ? car il me semble que ceci est nécessaire pour affirmer avec raison que la lune se meut constamment avec la même vitesse, cette vitesse pouvant être diminuée de si peu qu'on n'auroit pas pu en observer la diminution dans l'espace d'environ deux siècles que nous avons de bonnes observations astronomiques.

*Mr. de P.* Je puis heureusement répondre à votre question d'une manière satisfaisante et vous assurer, monsieur le Comte, sur l'autorité du célèbre Cassini, que les Indiens calculoient il y a peut-être plus de 4000 ans le mouvement de la lune aussi bien que les astronomes de nos jours. Cët Astronome a trouvé les formules indiennes pour les éclipses aussi justes que les nôtres ; et permettez moi d'ajouter à ce fait un autre fait historique, c'est que les prêtres indiens, chez qui Cassini a trouvé ces formules, sont de la plus grande ignorance ; ils les calculent aussi mécaniquement qu'un stupide calculateur fait une règle de trois, sans les moindres notions de théorie. Ils ne peuvent pas même assigner l'époque de la découverte de ces formules, et l'histoire nous dit encore que du tems d'Alexandre ces messieurs étoient déjà aussi ignorans qu'aujourd'hui, en sorte que le période de tems où l'Inde cultivoit les sciences est si reculé que nous n'en pouvons aucunement assigner la date.

Mais sans quitter notre globe uous avons dans le pendule la preuve de cette constance de la matière à conserver le mouvement qu'elle a une fois acquis. La position naturelle d'une petite balle de plomb suspendue à un fil est la verticale. Quand on l'en fait sortir en la forçant de décrire en montant un arc de cercle et qu'en suite on l'abandonne à elle-même, elle retombe en décrivant le même arc de cercle, et si la matière de cette balle n'avoit pas la tendance à garder le mouvement acquis par cette petite chute, elle s'arrêteroit à la verticale. Mais c'est ce qu'elle ne fait pas; elle remonte de l'autre côté le long d'un arc de cercle égal au premier, malgré la pesanteur qui tend à l'en empêcher et diminue d'instant en instant le mouvement. Arrivée au plus haut point qu'elle puisse atteindre, la balle retombe de nouveau et fait sa seconde oscillation en sens contraire de la première, puis une troisième, une quatrième etc.

*Mr. de T* Mais ce pendule s'arrête au bout de quelque tems.

*Mr. de P.* En effet, et cela prouve que la seconde partie de chaque oscillation et en général chaque oscillation est plus petite que la précédente. Cela vient du frottement du fil au point de suspension et de la résistance que l'air oppose au mouvement de la balle. Nous nous en convainquons par les deux observations suivantes: Le pendule, tel que je viens de le décrire, ne continue pas pendant un quart d'heure ses oscillations, mais si on modifie le point de suspension en sorte que le frottement soit beaucoup moindre, alors

le pendule va pendant quatre à cinq heures, et si on donne à la masse oscillante non pas la figure sphérique mais celle d'une lentille plate, qui tranche l'air dans le sens de son mouvement, alors la durée des oscillations va jusqu'à 6 heures. Ce qui prouve de quelle importance sont ces deux résistances et que c'est à elles qu'on doit attribuer la diminution des oscillations.

---

### TROISIÈME ENTRETEN.

*Mr. de P.* Nous avons parcouru les propriétés générales de la matière qui constituent la manière d'être des corps. Nous avons appris que les corps sont étendus, figurables, impénétrables, poreux, mobiles et constans dans leur repos et dans leur mouvement.

Si nous examinons ces propriétés de plus près nous trouvons que ni l'une ni l'autre prises séparément, ni plusieurs réunies, ne peuvent être regardées comme les causes des phénomènes. Si la matière n'avoit que ces propriétés, elle resteroit sans cesse dans le même état, sans le moindre changement; nous n'aurions aucun phénomène; la Nature seroit morte.

*Le jeune de L.* Si ces propriétés n'effectuent aucun phénomène, si elles ne changent rien dans la Nature, de quelle utilité sont-elles et quel profit revient-il à la Physique de les connoître quelque agréable d'ailleurs que soit cette connoissance?

*Mr. de P.* Quelques exemples bien simples résoudreont votre question. Vous convenez sans peine que l'effet d'une hache est bien différent lorsque le charpentier se sert du tranchant pour tailler une poutre ou de la tête pour enfoncer un clou; et cette différence dépend uniquement de la figure du tranchant et de la tête de notre hache. Ainsi la figure des corps entre pour beaucoup dans les phénomènes. Si la matière n'étoit pas impénétrable, les corps pourroient

passer les uns au travers des autres sans opposer de résistance et surtout sans se communiquer de mouvement ; la poudre enflammée passeroit au travers du boulet et le laisseroit dans le canon. Si la matière n'étoit pas constante dans son repos, le moindre zéphyr feroit voyager nos maisons avec autant de facilité qu'il fait voyager l'aréostat. Si la matière n'étoit pas constante dans son mouvement, la balle de fusil, chassée du tube meurtrier, tomberoit très pacifiquement à terre tout près de son orifice.

*Mde. de L.* Cela est clair et je conçois par là que les propriétés que vous nous avez nommées décident beaucoup de phénomènes sans en être les causes. C'est ainsi, mon fils, que le glissant du parquet décida l'autre jour votre chute, quoi que ce soit votre maladresse et non le glissant du parquet, qui vous ait fait tomber.

*Le jeune de L.* Mais, Maman, je ne serois pas tombé si votre parquet eut été un honnête plancher de sapin.

*Mde. de L.* Fort bien ; et je ne veux pas disculper mon parquet du tort d'avoir donné à votre étourderie l'occasion de se signaler.

*Mr. de L.* Je ne me contente pas des occasions ; je veux savoir les causes ; dites les nous, Monsieur *de P.*

*Mr. de P.* Je serois charmé de pouvoir vous satisfaire ; mais j'ai déjà déclaré que le Physicien ne connoît pas les causes, mais uniquement les phénomènes et qu'il ne doit que chercher à découvrir les lois selon les quelles ils ont lieu. Pour cet effet jetons d'abord un coup-d'oeil général sur les opérations de la

Nature; c'est dans l'observation que nous devons puiser nos lumières.

Tous les corps qui nous entourent pèsent vers la terre; tombent à sa surface s'ils ne sont pas arrêtés par un support. Notre globe, les planètes et les comètes sont retenus dans leurs immenses orbites à certaines distances du soleil malgré leurs énormes vitesses qui tendent à les en éloigner à l'infini; un fil invisible, impalpable, semble les attacher à ce centre de leurs mouvemens et leur prescrire leurs routes.

Considérez un corps solide; ses parties sont en quelque sorte attachées l'une à l'autre avec une force tantôt foible tantôt très considérable, sans qu'on puisse en assigner aucune cause sensible. Dans les liquides nous voyons les parties de la matière liées les unes aux autres par un lien extrêmement foible, il est vrai, mais qui suffit pour en faire un tout contigu, une masse réunie.

Dans les ateliers chimiques de la Nature et de l'Art nous voyons les particules infiniment petites des corps s'attirer invisiblement et spontanément de mille manières diverses, varier la figure, la couleur et la densité de la matière, lui donner la fluidité, si elle étoit solide, et la solidité si elle étoit fluide, détruire les corps et en produire de nouveaux; et tout cela avec choix, avec une sûreté et une prestesse qui semble tenir de la magie.

La science erra long-tems dans ce champ immense de faits variés à l'infini. Bien des siècles s'écoulèrent avant que l'esprit humain pût percer ce dédale, et c'est au génie sublime de Newton que nous devons les

grands rayons de lumière qui ont dissipé la majeure partie de l'obscurité qui couvroit cette masse de phénomènes. La demangeaison de vouloir assigner à tous ces faits une cause commune avoit séduit Descartes, génie brillant qui ne le cède en profondeur qu'à Newton, à forger des tourbillons de matière douée d'un mouvement absolu pour expliquer par le choc ou la pression ces mouvemens spontanés de la matière qu'aucune hypothèse ne peut expliquer. Newton quitta cette route dans la quelle l'imagination ne peut que s'égarer, et s'entint à l'observation. Newton nous dit : Les corps tendent à s'approcher les uns des autres, soit qu'ils forment de grandes masses comme celles des astres, soit qu'ils agissent en masses imperceptibles. Voilà le fait bien avéré par les phénomènes. N'en recherchons pas la cause qui probablement nous sera toujours inconnue, mais nommons ce fait *attraction* et recherchons les lois que cette attraction suit dans les phénomènes qu'elle produit. Ce raisonnement si juste, si bien proportionné à la Nature de l'entendement humain, fut l'aurore du grand jour qui luit dès lors dans toutes les parties de l'étude de la Nature et dont nous devons les plus beaux rayons à ce génie immortel.

*Mde. de L.* Est-il possible qu'une idée si juste ait pu rester cachée pendant tant de siècles ?

*Mr. de L.* Comment ? une idée ? Vous voyez qu'il n'en faut pas tant pour produire le grand jour. Il suffit d'un seul petit mot : *Nommons ce fait attraction*, et nous voilà au fait de tout ! N'ai-je pas raison de dire que la Physique est une magicienne ?

*Mr. de P.* A peu près comme la Philosophie,

mon Général! Quand vous nous parlez dans vos ouvrages de l'homme moral et intellectuel, quand vous nous expliquez les phénomènes de la pensée et de la volonté, de ces deux forces qui produisent ce que l'histoire de l'homme offre de plus sublime et de plus affreux, qu'avez-vous, Général, à nous donner? Le petit mot, *âme*, que vous concevez encore moins que nous notre attraction. Et encore le Physicien est-il dans son système plus modeste que le Philosophe dans le sien. Ce lui-ci, en prononçant le mot *âme* veut nous éclairer sur la cause des phénomènes; le Physicien au contraire ne prétend autre chose que désigner par le mot attraction un phénomène général et non sa cause.

*Mde. de L.* J'en reviens toujours à mon étonnement, que l'esprit humain ait eu besoin de cinquante siècles pour se former une philosophie aussi simple, aussi naturelle.

*Mr. de P.* Cette Philosophie, Madame, précisément parce qu'elle est très juste, n'est pas aussi naturelle qu'elle le paroît au premier coup-d'oeil. L'esprit humain ne peut que parcourir un champ d'erreurs pour arriver à la vérité. Il marche continuellement à tâtons, sans quoi point de découvertes, et son premier apui est l'imagination. Il commence par supposer une voie sans la connoître encore; il l'essaye et la suit tant qu'elle semble le mener au but; et il s'égaré d'autant plus aisément que sa vanité lui fait croire à tout moment qu'il est arrivé à la porte du sanctuaire de la Nature et qu'il va lever le voile mystérieux qui nous cache son intérieur. Ce n'est qu'après mille tâtonnemens de ce genre qu'un génie transcendant vient

enfin nous dire: Quittons ces rêves; soyons modestes et ne cherchons que ce qui est à notre portée: Le Créateur est trop grand pour que notre foiblesse puisse le deviner. C'est ce que le célèbre Kant a fait un siècle plus tard pour la Philosophie théorique.

*Mde. de L.* Comme vous nous rappetissez, Monsieur de P.!

*Mr. de P.* Non, Madame; ce n'est pas rabaisser l'homme que de lui rappeler la médiocrité de ses forces. La vraie grandeur consiste à faire le meilleur emploi de ces forces, non à les croire infinies — Mais retournons à notre attraction.

Ce mot, puisque mot y a, en même tems qu'il répandit le plus beau jour sur la Physique, créa de nouvelles erreurs. Newton avoit expliqué par l'attraction la figure arrondie des corps célestes comme celle de la goutte d'eau, la marche sublime des comètes et des planètes, le flux et le reflux de la mer et une grande partie des phénomènes de la lumière. On crut alors tout savoir; on voulut tout expliquer par une seule et même loi; on rangea dans une seule classe l'attraction des corps célestes, celle qui unit les molécules des corps et celle qui produit les effets surprenants de la Chimie. Cette présomption n'est même pas encore dissipée, et quelques-uns des grands Physiciens de nos jours, les Mathématiciens sur tout, qui veulent que tout se soumette à leurs calculs, nous prescrivent bonnement de croire que toutes ces attractions ont le même principe, sans d'autres raisons que leur commodité et l'ignorance où nous sommes encore sur la loi qui préside à deux classes de phénomènes d'attraction.

*Le Comte C.* Mais que faire?

*Mr. de P.* Séparer ce que nous savons de ce que nous ne savons pas, trier soigneusement le connu de l'inconnu et ne pas vouloir aller au-delà des bornes de la vérité physique

*Mr. de L.* Si vous soutenez cette Philosophie jusqu'au bout, alors je suis des vôtres.

*Mr. de P.* Je ne puis l'assurer, n'osant me croire exempt d'erreur, et vous me rendrez un vrai service de m'avertir lorsque je quitterai cette route, dussé-je par là me trouver en butte à quelques uns de vos sarcasmes.

Dans l'état actuel de nos connoissances nous sommes forcés de partager les phénomènes de l'attraction en deux grandes classes. La première contient ceux où les corps s'attirent mutuellement à toutes les distances assignables. La seconde contient ceux où les corps ne s'attirent mutuellement qu'à des distances d'une petitesse inassignable.

*Le Comte C.* La distance plus ou moins grande est-elle une raison suffisante pour former une classification? Les Naturalistes ne font entrer la grandeur pour rien dans les leurs.

*Mr. de P.* Elle décide dans notre cas. parce qu'elle se rapporte à des différences dans les phénomènes que nous devons regarder au moins jusqu'à présent comme essentielles. C'est ce dont j'espère vous persuader lorsque nous traiterons les différentes attractions. Commençons par celle qui a lieu à toutes les distances assignables, qu'on nomme *gravitation* et per-

mettez moi de vous en offrir d'abord le phénomène dans son expression la plus générale.

Imaginez deux sphères de même matière, isolées, seules dans l'Univers, ou sur les quelles tout le reste de la matière existante n'ait aucune influence; Placez en idée ces deux sphères à une distance quelconque l'une de l'autre. A l'instant elles s'approchent mutuellement jusqu'à ce qu'elles se touchent; Les vitesses seront égales si les masses le sont, inégales si une des sphères est plus grande que l'autre, en sorte que la plus petite aura la vitesse majeure, c. à. d. que les vitesses seront en raison inverse des masses. Et cela doit être dès que nous supposons que la cause inconnue de cette attraction mutuelle réside dans chaque particule de la matière et agit par conséquent en proportion de la quantité de matière que chaque sphère contient. Ce phénomène n'est pas une fiction; nous le voyons réalisé dans la chute des corps élevés peu au dessus de la surface de notre globe, dans le repos des corps qui touchent cette surface malgré la force centrifuge que la rotation de la terre leur donne; nous la retrouvons à des distances énormes dans la marche des planètes et des comètes autour du soleil et des lunes autour de leurs planètes.

*Mde. de L.* Pas si vite, Monsieur *de P.* J'ai besoin d'explications.

*Mr. de P.* Aussi j'y comptois; veuillez, Madame, me faire l'honneur de m'adresser vos questions.

*Mde. de L.* Vous disiez que vos deux sphères isolées s'approchent *mutuellement*. Mais je ne vois pas cela dans la chute d'un corps vers la terre. Il me

semble bien que notre globe ne bouge pas lorsqu'on laisse tomber une pierre. Selon vous la terre devrait monter en même tems que la pierre tombe.

*Mr. de P.* Cela est très juste; en effet le globe terrestre entier monte (pour me servir de votre expression) en même tems que la pierre tombe, et il n'est pas moins vrai que vous ne vous apercevez pas de cette élévation. D'abord je pourrais vous dire avec vérité que notre terre a plusieurs mouvemens que nous ne sentons pas parce que nous nous mouvons nous-mêmes avec elle. Mais il y a plus: Le mouvement en question est tout-à-fait imperceptible, même pour le cas où nous ne serions que spectateurs de ce mouvement sans le partager. J'ai dit que la vitesse de mouvement que nos deux boules isolées acquièrent par leur attraction mutuelle est en raison inverse des masses. Comparons donc la masse de la pierre qui tombe à celle de notre globe qui monte. Celui-ci a environ 6,540,000 Toises de diamètre, et supposons que le diamètre de notre pierre soit d'une toise, (ce qui fait une pierre d'une jolie grosseur!) il suit de ces deux dimensions que la terre contient près de deux cent quatre-vingt trillions de fois plus de matière que la pierre et que par conséquent la vitesse de la terre dans ce mouvement sera d'autant de fois plus petite que celle de la pierre. Ainsi si nous laissions tomber notre pierre de 1000 pieds de hauteur la terre ne seroit montée pendant le tems nécessaire à cette chute que d'un deux cent quatre-vingt mille billionième d'un pied ou d'un vingt-trois billionième de notre petite unité de longueur ou de la plus petite longueur que nous puissions encore

voir à l'oeil nu. Avouez que pour sentir un pareil mouvement il faudroit avoir des nerfs bien délicats.

*Mr. de L.* J'en connois de bien plus délicats encore, ceux de nos dames qui se font magnétiser. Ces nerfs divins ou diaboliques sentent leur magnétiseur à mille lieues de distance et lui obéissent à point nommé, avantage dont bien des maris désireroient fort pouvoir se vanter.

*Mr. de P.* Pardonnez moi, Madame, d'avoir fatigué les vôtres par de si grands nombres. Je me le suis permis pour pouvoir par la suite vous dire dans de pareils cas que le rapport de notre globe aux petites masses que nous sommes en état de mouvoir, est comme infiniment grand.

*Mde. de L.* Passe pour cela; mais pourquoi permettez-vous à mon cher époux de vous interrompre pour lancer ses sarcasmes contre les femmes?

*Mr. de P.* Par trois raisons, Madame, et vous savez qu'un professeur qui a trois raisons, a essentiellement raison.

*Mde. de L.* Je vous fais grâce des trois; je vois que vous êtes tous secrètement ligués contre les femmes; il n'y a que notre bon R. qui nous soit fidèle. Retournons à la gravitation. Vous parliez de la force centrifuge; je ne connois pas encore ce mot.

*Mr. de P.* Imaginez une balle de plomb fixée à un fil attaché au bout du doigt. Si en tournant la main vous donnez à cette balle un mouvement circulaire, le fil sera tendu avec une force qui croîtra avec la rapidité du

mouvement. Cette force qui tend le fil et qui souvent le fait rompre, est ce que nous appelons la force centrifuge; elle tend à éloigner la balle du doigt ou du centre du cercle décrit. La fronde des Anciens, au moyen de la quelle ils lançoient des pierres avec tant de force et de justesse, est une application de la force centrifuge que vous retrouverez, Madame, à la circonférence des roues de votre carrosse lorsque vous irez très vite sur un chemin bourbeux; la boue qui s'attache à la circonférence des roues est lancée au loin par la force centrifuge. Appliquez, Madame, cette idée à notre globe, qui, comme vous le savez, fait sa révolution sur son axe en 24 heures et dont chaque point sous l'équateur a par conséquent une vitesse de 1430 pieds par seconde, vitesse égale à celle d'une balle de plomb au sortir du fusil, et environ 12 fois aussi grande que celle du plus violent ouragan. Or ce qui résiste à la force centrifuge qui résulte de cette extrême vitesse de chaque point de la surface de notre globe sous l'équateur, ce qui retient les maisons et les rochers et chaque goutte d'eau de l'océan à cette surface en dépit de la force centrifuge, c'est la gravitation, que le calcul démontre être 24 fois aussi grande que la force centrifuge sous l'équateur. Ainsi nous pouvons bien considérer le repos des corps à la surface de la terre comme une preuve authentique de la gravitation.

Il en est de même du mouvement des planètes autour du soleil. Notre terre par ex. a dans son orbite une vitesse prodigieuse de 92,166 pieds dans une seconde, ce qui fait 64 fois la vitesse de celle d'un point sous l'équateur, d'où il doit résulter une force centrifuge éton-

nante, que la gravitation seule balance pour empêcher la terre de s'éloigner du soleil à des distances infinies.

*Mde. de L.* Et comme c'est au soleil à qui nous devons la chaleur, je dois, pauvre frileuse, bien de la reconnaissance à la gravitation qui empêche la force centrifuge de nous lancer dans des régions où nous mourrions de froid.

*Le Comte C.* Permettez moi, Monsieur *de P.*, une observation. Je conçois que la gravitation soit bien démontrée pour les grandes masses dont vous parlez, comme la terre, les autres planètes et les lunes. Les Astronomes ne nous laissent aucun doute là-dessus. Je conçois encore que la masse de notre globe puisse attirer les petits corps à sa surface, les forcer d'y tomber et les y retenir quand ils y sont; mais il me semble que vous avez dit que la gravitation est une propriété de chaque molécule de la matière.

*Mr. de P.* Assurément.

*Le Comte C.* D'où savons-nous que cela soit ainsi? A-t-on trouvé par l'expérience par ex. que deux balles d'ivoire ou de plomb, suspendues à de longs fils fort près l'une de l'autre, s'attirent mutuellement, comme cela devrait être si chaque petite portion de matière étoit douée d'attraction?

*Mr. de P.* On a fait l'expérience dont vous parlez, et les balles, d'ivoire ou de plomb, ne se sont pas attirées. Bien plus: on a laissé tomber ensemble deux balles égales d'une hauteur considérable, espérant que ces deux balles, parfaitement libres, s'approcheroient pendant le tems de leur chute et l'expérience a prouvé qu'elles ne se sont pas rapprochées. Mais de-

vons-nous en conclure qu'il n'existe pas de gravitation mutuelle entre ces deux balles ?

*Le Comte C.* Il paroît presque, surtout par la seconde expérience.

*Mr. de P.* Voyons. Dans la première expérience les balles sont des pendules, et un pendule, lorsqu'il est bien en repos dans sa situation verticale, ne quittera pas cette position sans raison, et cela non seulement à cause de son inertie, mais surtout par ce qu'en la quittant quelque peu que ce soit son mouvement se fait dans un arc de cercle et qu'il s'élève nécessairement tant soit peu. Or une force s'oppose à cette élévation, la pesanteur, c. à. d. toute l'action de notre globe sur cette balle. La force que nous employons dans cette expérience est l'attraction de l'autre balle qui, comparée à la terre, est infiniment petite et exerce par conséquent une force infiniment petite sur la balle voisine. Donc les balles ne pourront se rapprocher que d'une quantité infiniment petite qui doit échapper à notre observation.

Dans la seconde expérience, où les deux balles sont absolument libres et tombent simultanément, nous avons le calcul de la quantité dont elles doivent se rapprocher, déjà tout fait dans la considération du chemin que la terre doit décrire vers la pierre qui tombe. Car le chemin que la balle A fera faire à la balle B par son attraction, sera au chemin que la terre fait faire à la même balle B par la pesanteur, dans le rapport de la masse de la balle A à celle de la terre. Je ne veux pas étourdir une seconde fois *Madame de L.* en répétant ce nombre, d'autant plus que si dans l'expérience

en question les balles ont 2 pouces de diamètre il faudroit encore multiplier ce rapport énorme par le nombre 46,656, qui exprime combien de fois une balle de 2 pouces est contenue dans une sphère de 6 pieds de diamètre, que nous avons supposée dans notre calcul d'alors égale à la pierre qui tombe.

*Le Comte C.* Cela me paroît fort juste.

*Mr. de L.* Arrêtez, messieurs ! Ce que Monsieur de P. nous dit là est fort beau et bien imaginé, mais me semble être moins une preuve qu'une défaite. On prouve par ces calculs qu'on peut sauver la gravitation de l'objection que vous avez faite, Monsieur le Comte; mais il ne s'en suit pas décidément que les deux balles s'attirent réellement, mais seulement qu'elles peuvent s'être attirées dans les expériences alléguées sans que nous ayons pu nous en apercevoir.

*Mr. de P.* Vous avez parfaitement raison, Général, et je vous dois encore la preuve directe que de petites masses s'attirent mutuellement, marchent réellement l'une vers l'autre, et heureusement je puis vous la donner.

Vous conviendrez volontiers qu'une montagne, même la plus grande, est extrêmement petite, comparée à notre globe; (c'est un brin de poussière sur une boule de quilles) et l'on a découvert que les montagnes exercent une attraction latérale. Bouguer et La Condamine ont fait les premiers cette observation au Chimborasso. Leur pendule se trouva dévier de 7 à 8 secondes à l'approche de cette montagne.

*Mde. de L.* Qu'appellez-vous une seconde? Il n'est pas ici question de tems.

*Mr. de P.* On feroit assurément mieux, Madame, de désigner le tems et l'espace par des noms différens. Mais nous avons commis la faute d'avoir des minutes et des secondes de tems et d'espace. On suppose chaque cercle partagé en 360 parties égales, nommées degrés; chaque degré se partage en 60 minutes et chaque minute en 60 secondes. Depuis la révolution les François ont introduit une nouvelle division qui partage le quart de cercle en cent degrés, le degré en cent minutes, la minute en cent secondes. Ces divisions forcent le Physicien et l'Astronome à des réductions ennuyeuses. Il y a des sottises qu'on feroit bien peut-être de ne jamais corriger, parce que le remède est pire que le mal.

*Le Comte C.* Cette expérience au Chimborasso prouve déjà beaucoup. Mais le Chimborasso est une si grande masse comparée à celle d'un pendule qu'on pourroit le regarder comme un petit globe terrestre à côté du grand.

*Mr. de P.* Cette idée est très juste quoiqu'elle contredise l'opinion communément adoptée, et nous verrons plus loin, lorsque nous nous occuperons de la *Physique de la terre*, quels résultats surprenans on peut en tirer. Mais je dois ajouter qu'on a fait la même expérience à une bien plus petite masse que le Chimborasso. L'Astronome anglois Maskelyne, a observé au Sehallien, montagne d'Ecosse très médiocre, une déviation de 5 à 6 secondes à son pendule.

*Mr. de G.* Une montagne, mon cher ami, est une montagne et non un petit corps. Si je dois croire à votre attraction, il faut que je la voie distinctement

dans de petites masses que je puisse poser sur ma main.

*Mr. de L.* Assurément, et cette preuve est nécessaire, si nous devons conclure des grandes masses aux petites.

*Mr. de P.* Vous me faites violence, messieurs. Eh bien! je veux vous satisfaire; mais vous répondrez de l'obscurité et de l'ennui que Madame *de L.* trouvera sûrement à ma démonstration. Vous-mêmes, Messieurs, je vous invite à me prêter toute l'attention possible. Imaginez un fil d'argent bien fin, et long d'environ 40 pouces, attaché par son bout supérieur à un point fixe. Suspendez à son bout inférieur un levier, bien égal sur toute sa longueur qui est de 6 pieds, et exactement à son milieu. Attachez à chaque bout de ce levier une boule de plomb de 2 pouces de diamètre. Il est clair que cet appareil prendra une certaine position; le fil d'argent sera parfaitement vertical et le levier parfaitement horizontal. Supposons à présent que la direction du levier soit de l'Est à l'Ouest. Il ne pourra changer cette direction que par une force étrangère, non seulement en vertu de l'inertie, mais surtout parce que le moindre changement de direction force le fil d'argent de se tordre tant soit peu, et que cela ne peut se faire sans une petite résistance de la part du fil d'argent, occasionnée par son élasticité. Cette résistance est extrêmement petite, moindre que les plus petits poids qu'on ait, et est exactement proportionnée à l'angle qu'on fait décrire au levier, ensorte qu'un angle double, requiert et indique une force double, un angle triple, une force triple. Cet appareil s'appelle une

*balance de torsion* et a été inventé et exécuté sur de plus petites dimensions par le Physicien françois, Mr. Coulomb, pour mesurer les attractions de l'aimant et de l'électricité.

*Mr. de R.* Quel ingénieux appareil!

*Mr. de P.* L'Anglois, Mr. Michell, l'a construit sous les dimensions citées (à ce qu'on assure sans avoir eu connoissance de la balance de Coulomb) pour des expériences sur la pesanteur du globe terrestre.

*Mr. de R.* Sur la pesanteur du Globe terrestre? Ce fil d'argent me paroît un peu foible pour y suspendre la masse de notre terre.

*Mr. de P.* C'est un de ces tours de sorcellerie dont le Général accuse les Physiciens. Nous y reviendrons lorsque nous traiterons de la Physique de la terre. Cette balance de torsion, dont la sensibilité surpasse de plus de cent fois la mobilité de nos plus parfaites balances, est bien propre à mesurer toutes les espèces d'attractions.

Ajoutez à cet appareil un second appareil que je vais décrire. Imaginez un bâton fixé horizontalement par son milieu audessus du fil d'argent, ensorte qu'il puisse se mouvoir dans le plan horizontal autour du point fixe qui est à son milieu et placé précisément au dessus du point de suspension du fil d'argent. Placez ce bâton dans la direction du Sud au Nord, pour lui faire faire avec le levier de l'autre appareil quatre angles droits, en sorte que si le bâton et le levier étoient à la même hauteur ils formassent une croix. Suspendez à chaque bout de ce bâton une mince barre de cuivre et au bout inférieur de chacune de ces barres une

masse de plomb de 8 pouces de diamètre, de sorte que ces deux masses se trouvent précisément à la hauteur des boules de la balance de torsion.

A présent qu'on fasse tourner le bâton supérieur horizontalement ensorte que ses deux masses s'approchent des boules suspendues au levier, et l'on verra avec étonnement que, lorsque les masses sont encore à plus de 8 pouces de distance des boules, les boules s'avancent spontanément vers les masses et forment des oscillations très lentes dont chacune dure 14 minutes et demie, et 7 minutes lorsqu'on prend un fil d'argent plus fin. Voilà la gravitation des petites masses, à ce que je pense, bien démontrée!

*Mr. de R.* Quel beau résultat! Que les Physiciens soient heureux dans leurs travaux!

*Mr. de P.* Surtout lorsqu'ils ne meurent pas au moment de faire une pareille expérience. C'est ce qui est arrivé à Mr. Michell. Après avoir exécuté ce bel appareil (dont je ne vous ai donné que le squelette) il mourut avant de pouvoir s'en servir. Cavendish, Physicien très distingué, hérita de cet appareil, fit et répéta plusieurs fois les grandes expériences que Michell avoit eues vue et en calcula les résultats pour fixer la pesanteur spécifique de la terre, lesquels contiennent en même tems celui dont nous parlons, la gravitation mutuelle des petites masses, qui se trouva évaluée par le calcul à la 48 millionième partie du poids des petites boules de 2 pouces de diamètre pour une distance de 8 pouces; c. à. d. qu'une boule de plomb de 8 pouces de diamètre attire une boule de plomb de 2 pouces de diamètre avec une force de  $\frac{1}{48000000}$  du

poids de la petite boule, lorsque les centres des deux boules sont à 8 pouces de distance l'un de l'autre.

*Mde. de L.* Bien loin d'en vouloir à ces messieurs, je leur suis reconnoissante, Monsieur *de P.*, de vous avoir en quelque sorte forcé de nous donner cette belle preuve de la gravitation, que je crois avoir comprise.

*Mr. de L.* Ainsi vous croyez bonnement que les boules de plomb se sont attirées mutuellement et que ce n'est pas un vent coulis qui les a mises en mouvement ?

*Mr. de P.* Général ! Nous sommes convenus que vous croiriez au récit des expériences.

*Mr. de L.* Fort bien ; mais quand je vois que votre balance infiniment mobile doit se mouvoir par la moindre agitation de l'air, vous me permettrez le doute.

*Mr. de P.* Vous le permettrez-vous vous-même lorsque j'ajouterai que l'appareil étoit hermétiquement enfermé dans une grande caisse de bois d'acajou, que le mouvement imprimé aux masses de plomb se donnoit par dehors et très lentement, que, pour voir ce qui se passoit dans cet appareil, il n'y avoit que deux vitres éclairées en dehors et à une distance considérable, par deux lampes d'Argant, et que l'observation se faisoit au télescope à plus d'une toise de distance pour que la proximité de l'observateur ne cause pas par la chaleur de son corps un courant d'air dans la caisse ? Résisterez-vous encore à la conviction, lorsque je vous dirai que Cavendish a répété l'expérience vingt-trois fois en variant souvent quelques circon-

stances, et que non seulement les boules de plomb se sont mises chaque fois en mouvement, mais que le résultat des calculs de chacune de ces expériences a été à très peu de chose près constamment le même? Quelque scrupuleux que vous soyez, j'espère, Général, que vous vous rendrez à de pareilles preuves.

*Mr. de L.* A présent, oui; mais il falloit d'abord nous faire part des précautions importantes que vous venez de nous faire connoître.

*Mr. de P.* Cela n'est pas toujours possible; nous n'en finirions presque jamais sur certains sujets. Celui-ci par ex. nous fourniroit matière à des descriptions de plusieurs heures; et vous-même avez déclaré „ne vouloir connoître que les résultats de la Physique liés entre eux par un fil facile à saisir et à suivre.“ Ce fil sera très difficile à suivre, si je vous en développe tous les noeuds et tous les entortillages.

*Mr. de L.* Faisons la paix. J'avoue que c'étoit malice de ma part; car je ne doutois pas de la chose, mais je doutois que vous pussiez nous l'éclaircir.

*Mr. de P.* Voilà donc la gravitation enfin bien établie. Mais ce principe seroit stérile dans la tête du Physicien, si on ne connoissoit pas la loi que suit la gravitation quant aux distances.

*Mde. de L.* Je n'ai pas d'idée de ce que c'est qu'une pareille loi.

*Mr. de P.* Imaginons de nouveau nos deux boules isolées on seules dans l'espace infini et douées de la gravitation que nous avons découverte. Elles s'approcheront l'une de l'autre. La vitesse de ce rapprochement sera-t-elle constamment la même dans tous les

instans de leur mouvement? Les phénomènes de la pesanteur prouvent au premier coup-d'oeil que cela n'a pas lieu. Il s'agit donc de savoir quel rapport il y a entre les vitesses variables des deux boules au tems pendant lequel elles se meuvent, ou aux espaces qu'elles parcourent. Ce rapport à trouver, c'est ce qu'on appelle la loi de la gravitation.

Naturellement on a dû commencer par les phénomènes les plus à notre portée, par ceux de la chute des corps vers la terre. Dans les siècles de la Philosophie scholastique on avoit emprunté d'Aristote l'idée que certains corps sont pésans et d'autres légers, c. a. d. le contraire de pesant, et l'on regardoit cette fausse distinction comme une explication du phénomène de la pesanteur. Au commencement du dixseptième siècle Galilée, génie aussi profond que brillant, mit fin à ce radotage et publia son travail en 1638. Il commença par examiner pourquoi les corps plus pesans tombent plus vite que les corps moins pesans et raisonna de la manière suivante: la force qui fait tomber les corps est ce que nous nommons la pesanteur et la résistance qui s'oppose à cette force est l'inertie de la matière. Or la pesanteur et l'inertie étant des attributs de chaque particule de matière, il est clair que dans deux corps de même volume mais de différens poids, comme par ex. du plomb et du liège, il y aura même rapport de force et de résistance, et que parconséquent ces deux corps doivent tomber avec des vitesses égales, si rien ne s'oppose d'ailleurs à leur chute.

*Mde, de L.* Je conçois cela; mais je ne vois pas

pourquoi une plume d'édredon ou une bulle de savon tombe plus lentement qu'une pierre ou une balle de plomb.

*Mr. de P.* C'est à l'air que nous devons cette différence. L'air, comme vous le savez, Madame, oppose une certaine résistance au mouvement des corps qu'il environne et cette résistance est en proportion des surfaces des corps. Imaginons deux sphères d'égal diamètre et qui ont par conséquent des surfaces égales, l'une de liège, l'autre de plomb. Si celle de liège pèse 10 livres celle de plomb pèsera 480 livres, et ces deux nombres 10 et 480 exprimeront le rapport des forces et des résistances, c. à. d. de la pesanteur et de l'inertie, la résistance de l'air non comprise. Si cette résistance de l'air est supposée égale à 2 livres pour chaque sphère, il faudra soustraire ces 2 livres de 480 et de 10, et nous aurons pour rapport des forces 478 et 8; c'est-à-dire que la sphère de plomb n'a perdu que  $\frac{1}{240}$  de sa force tandis que celle de liège a perdu  $\frac{1}{5}$  de la sienne. Ainsi la sphère de plomb doit tomber plus vite que celle de liège, puis qu'elle a conservé une plus grande portion de sa force.

Ce principe étant posé, que les corps plus ou moins pesans tombent tous également vite dans le vide, Galilée passa à la recherche de la vitesse que tout corps doit avoir dans les différens tems de sa chute, d'abord par le raisonnement suivant: si la force inconnue qui porte le corps vers la terre est une propriété inhérente à ce corps et à la terre, cette force agira toujours sur ce corps dans chaque instant de sa chute. Pendant le premier instant ce corps acquerra un degré de vitesse,

pendant le second un second degré, pendant le troisième un troisième degré et ainsi de suite; et comme le corps conserve, en vertu de l'inertie, chaque degré de vitesse qu'il a acquis, il est clair qu'il aura à la fin du second instant deux degrés de vitesse, à la fin du troisième trois degrés et ainsi de suite, c. à d. que les degrés de vitesse seront en raison du nombre des instans, ou en raison des tems de la chute. Ce théorème ainsi démontré, on prouve aisément par la Géométrie ou par le calcul que les espaces parcourus dans deux différens tems, à compter du commencement de la chute, sont en raison des carrés des tems.

*Mde. de L.* Qu'appellez-vous les carrés des tems?

*Mr. de P.* Le carré d'un nombre est le produit de ce nombre multiplié par lui-même; le carré de 2 est 4; celui de 3 est 9; celui de 5 est 25 &c. Ainsi, si les tems augmentent, comme en effet, toujours d'une unité, ou forment la progression 1, 2, 3, 4, 5, 6 &c. les espaces parcourus pendant la chute seront 1, 4, 9, 16, 25, 36 &c. Si par ex. un corps tombe pendant 3 secondes, il parcourra pendant ce tems un espace 9 fois aussi grand que celui qu'il a parcouru pendant la première seconde. Voilà ce que nous appelons *la loi de la chute des corps*.

*Mr. de G.* Tout cela est du raisonnement et du calcul. Que dit l'expérience?

*Mr. de P.* Elle confirme la théorie. Galilée, qui trouvoit trop de difficultés aux expériences faites sur de grandes hauteurs à cause de la grande rapidité de la chute perpendiculaire, fit ses expériences avec un plan

incliné d'environ 24 pieds de longueur et auquel il donna différentes élévations. Car, comme il avoit prouvé par sa théorie qu'une boule qui tombe le long d'un plan incliné doit tomber, il est-vrai, avec beaucoup moins de vitesse que perpendiculairement (en raison de la longueur du plan à son élévation) mais selon la même loi, il trouva cette loi confirmée par l'expérience sur le plan incliné. En outre, le mouvement du pendule, dont il déduisit la théorie de sa loi de la chute des corps, lui fournit des résultats bien plus justes, et cet accord des phénomènes du mouvement du pendule avec la théorie de Galilée est un des plus beaux triomphes de la science. Enfin on a fait depuis des expériences directes sur la chute perpendiculaire des corps à de grandes hauteurs, entre autres le Physicien anglois Desaguillers à l'église de St. Paul à Londres. Les petites différences que l'on a trouvées entre la théorie et l'expérience sont si certainement dûes à la résistance de l'air que, si elles n'existoient pas on devoit en conclure avec certitude que la théorie est fausse. Les expériences du pendule, les plus exactes de toutes, fixent la longueur de la chute d'un corps pendant la première seconde à un peu plus de 15 pieds de France; et à la fin de cette chute le corps a une vitesse de 30 pieds par seconde, vitesse qui égale celle d'un vent très fort.

*Mr. de R.* Ainsi voilà la loi de la pesanteur découverte, et cela par Galilée! Qu'a donc fait Newton?

*Mr. de P.* Ce qu'on devoit espérer du plus grand génie que la Nature humaine ait produit: Newton s'est élevé de la terre aux astres. Il a eu la noble hardiesse de résoudre par une seule analyse trois des plus grands

problèmes de la Physique, savoir si l'attraction que la terre exerce sur les corps qui se trouvent près d'elle est commune à tous les corps célestes, si c'est elle qui retient les planètes, les lunes et les comètes dans leurs orbites, et quelle est la loi de cette attraction relativement aux distances.

Les anciens avoient déjà eu l'idée d'une gravitation universelle. Le Philosophe Anaxagoras avoit déjà dit que les corps célestes pèsent vers la terre qu'il regardoit comme leur centre de mouvement. Mais cette idée, adoptée par Epicure et rejetée par la Philosophie scholastique et même par celle de Descartes qui avoit culbuté la Scholastique, étoit presque oubliée. Copernic, Tycho de Brahe, et Kepler trop poète pour un Physicien, et même le docteur Hook, contemporain de Newton, avoient en vain essayé de la remettre en vogue; les tourbillons de Descartes tournoient les têtes et étouffoient cette grande idée.

*Mr. de R.* Newton a donc eu des prédécesseurs dans sa découverte de la gravitation?

*Mr. de P.* En quelque sorte; et c'est ce qui nous prouve que les grandes idées ne mûrissent que lentement dans l'esprit humain. Mais ces prédécesseurs, tous Physiciens du premier ordre pour leur siècle, étoient bien faits pour décourager tout successeur par le peu de fruit de leurs tentatives. Newton lui-même a été sur le point d'abandonner son propre système.

*Mr. de R.* Est-il possible?

*Mr. de P.* Je vais vous offrir, autant que cela peut se faire dans un simple entretien, la marche des idées de ce grand homme.

C'est en 1666 que Newton conçut son système; Il étoit alors Professeur à Cambridge et forcé de voyager à cause de la peste qui ravageoit cette ville. On dit qu'en route, se promenant dans un jardin, la chute d'une pomme fixa singulièrement son attention. Il vit dans cette pomme une petite lune et s'imagina que notre lune tomberoit également vers la terre, si elle n'étoit pas retenue par la force centrifuge qu'elle a dans sa course autour de la terre. Si cela est, dit-il, ce sera une pesanteur semblable qui, combinée avec la force centrifuge, assigne aux Planètes les orbites qu'elles décrivent autour du soleil. Voilà l'hypothèse dans sa plus grande simplicité. Il s'agissoit de savoir si la Nature reconnoît cette hypothèse ou la rejette. Pour cet effet il falloit préalablement connoître la loi de la force centrifuge pour pouvoir comparer cette force à la gravitation et voir si ces deux forces se balancent mutuellement dans le cours des astres. Au moyen d'une profonde théorie que Newton se créa et qu'il appuie des observations astronomiques de son siècle, il trouva que les forces centrifuges sont en raison inverse du carré des distances; c. à. d. qu'à une distance double la force centrifuge n'est que le quart, à une distance triple que le neuvième de ce qu'elle est à la distance simple.

Or comme l'attraction du corps qui sert de centre de mouvement doit faire partout équilibre à la force centrifuge, il doit s'en suivre que la force d'attraction doit être aussi en raison inverse du carré des distances. Voilà la loi, mais qui jusqu'à présent n'est encore qu'

hypothétique. C'étoit à l'expérience à décider si elle s'élèveroit au rang d'une vérité de Physique ou si elle n'étoit qu'un jeu brillant de l'imagination et du calcul.

Cette expérience, Newton la fit d'abord sur notre lune. Il dit: Si la lune cessoit d'être attirée par la terre, elle s'en iroit en ligne droite, et au bout d'un certain tems elle s'éloigneroit de la terre d'une certaine quantité. Voyez la figure que j'ai dessinée (fig. 3). C est la terre, AFB un arc de l'orbite de la lune que nous supposerons pour le moment en D. L'attraction cessant, la lune ne décriroit plus l'arc AFB, mais s'en iroit dans la direction DE (qu'on appelle la tangente, parce que cette droite ne fait que toucher l'arc au point D); et dans l'espace de tems que la lune emploie réellement à parcourir l'arc DF, elle arriveroit en E et se seroit parconséquent éloignée de la terre de la ligne EF. Mais comme elle ne s'en éloigne réellement pas, il faut admettre que la Lune se rapproche de la terre de la longueur EF dans le même tems qu'elle décrit l'arc DF. Ce rapprochement, qui est l'effet de la gravitation de la lune vers la terre en est en même tems la mesure; car on peut retourner le raisonnement précédent et dire: Dans le tems que la lune emploie à parcourir l'arc DF elle tomberoit vers la terre et décriroit par cette chute la ligne EF, si elle n'en étoit empêchée par la force centrifuge.

Newton choisit une observation connue, que la lune parcourt dans le tems d'une minute un arc de son orbite égal à 32 minutes et 56 secondes et trouva par le calcul la longueur EF pour cet arc, égale à 15 pieds de Paris. D'où il conclut que la pesanteur ou gravita-

tion de la lune la fait avancer vers la terre dans une minute autant que la pesanteur des corps à la surface de la terre les fait tomber en une seconde.

Voilà le fait. A présent il faut voir si ce fait est conforme à la théorie de la gravitation, c. à. d. calculer la même longueur EF dans l'hypothèse que l'attraction est en raison inverse du carré des distances. Selon cette théorie, la lune étant à une distance de la terre égale à 60 rayons de la terre et une minute de tems ayant 60 secondes, tout corps à la place de la lune et tombant vers la terre, auroit besoin de 60 secondes ou d'une minute pour faire le même chemin que le même corps tout près de la terre fait en une seconde. Le calcul fournit à Newton pour cette longueur EF appartenante à l'arc décrit dans une minute, non pas 15 pieds, mais 13 pieds.

*Mr. de G.* Quel dommage!

*Mr. de P.* Newton dit sûrement la même chose, et cent autres à sa place eussent passé sur cette petite différence et promulgué leur système. Mais Newton qui cherchoit la vérité et non la gloire d'une hypothèse brillante, regarda son système comme non avoué par la Nature et renferma son travail (qu'il avoit communiqué à quelques amis) dans son bureau, où il resta enseveli pendant dix ans.

*Mr. de G.* Par quel prodige a-t-il enfin vu le jour?

*Mr. de P.* Le calcul de Newton étoit, comme celui de tous les Astronomes dans de pareils cas, basé sur la grandeur du rayon de notre globe qui sert d'unité dans ces sortes de calculs. Lorsque Newton inventa

son système cette base étoit mal connue ; on supposoit le rayon de la terre plus petit qu'il n'est effectivement ; ce qui devoit nécessairement causer une erreur dans le résultat du calcul de Newton. Ce n'est qu'en 1676 que Newton apprit par le Docteur Hook la nouvelle mesure de la terre, effectuée par Picard, qui nous a fourni la vraie grandeur du rayon de notre globe. Newton refit son calcul sur cette nouvelle base, et un accord exact de la théorie avec la Nature, confirmé par toutes les observations suivantes sur le mouvement des planètes et de leurs lunes, couronna les travaux de son génie aussi modeste que profond, et nous livra le système parfait de la gravitation, monument le plus sublime qui ait jamais été élevé à l'entendement humain. Depuis 140 ans que ce système est connu, il a servi de base aux calculs des Astronomes, a subi l'épreuve d'un nombre infini d'observations, les plus exactes dont l'Astronomie soit capable, soumis au calcul toutes les irrégularités apparentes que nous offre le cours des planètes et expliqué le phénomène mystérieux des marées.

*Mr. de R.* Quel grand homme que Newton ! Oui, je crois que, si la barbarie venoit à couvrir la surface de notre globe et anéantissoit nos livres et nos découvertes pour une suite de siècles, la Nature feroit un miracle pour dire aux générations futures qu'elle a créé un mortel tel que Newton qui lui a arraché son plus grand et son plus beau secret. Saint Newton ! Priez pour nous ! Eclairez nous d'un rayon de votre génie, afin que nous comprenions la grandeur de vos ceuvres !

*Mde. de L.* Voilà Monsieur *de R.* qui perd la

tête; et comme je suis de ses amis, je vous prie très fort, Monsieur *de P.*, de ménager son imagination.

*Mr. de P.* Cet enthousiasme aimable de Monsieur *de R.* n'aura pas de suites dangereuses; vous pouvez, Madame, m'en croire sur ma parole. Plût au ciel qu'il se communiquât à certains étourdis de jeunes Physiciens qui, par ce qu'ils ont appris des successeurs de Newton quelque chose de plus que ce que ce grand homme n'a découvert, se croient en droit de le baffouer!

*Mr. de R.* Est-il possible?

*Mr. de L.* Connoissez-vous une folie, une sottise, que l'esprit humain n'ait saisie avec empressement et mise à la mode?

*Mr. de P.* Je ne serois embarrassé que du choix, si j'avois à vous nommer les détracteurs de Newton, et ce qui m'embarrasseroit bien plus, c'est que j'aurois à vous nommer ici un des plus grands Poètes de l'Allemagne et de toutes les Nations. — Mais passons sur ce chapitre et retournons à la gravitation. Je ne sais quand je finirois si je voulois vous parler de toutes les applications qu'on a faites de cette loi de la Nature; nous y reviendrons successivement dans le cours de nos entretiens. Permettez moi de terminer celui-ci par une seule et la plus simple.

Ce que nous nommons pesanteur est un cas particulier de la gravitation, l'attraction réciproque de notre globe et des corps qui sont à sa surface. Or comme nous savons bien positivement que chaque partie de la matière est douée de cette propriété, nous concluons à juste titre que la quantité de matière conte-

nue dans le volume d'un corps est en proportion exacte de sa pesanteur, et nous voilà par là à même de mesurer très exactement la *densité* des corps, c. à. d. de fixer au juste la proportion de la quantité de matière contenue dans différens corps de même volume. Supposez deux espaces chacun d'un pied cube remplis l'un d'eau et l'autre de mercure. Si on les pèse on trouve que le poids du premier est de 70 livres et le poids de l'autre de 945 livres; or comme ces deux nombres sont dans le même rapport que les nombres 1 et  $13\frac{1}{2}$ , nous savons par là que le mercure contient à volume égal treize fois et demie autant de matière que l'eau. Cette proportion des poids de matière de même volume s'appelle la *pesanteur spécifique*, expression qui ne signifie autre chose que la densité mesurée par la pesanteur.

---

## QUATRIÈME ENTRETEN.

**Mr. de P.** Hier, Madame, nous étions à l'école de Newton qui nous a dévoilé le secret de la marche imposante des corps célestes et de notre propre globe dans les phénomènes de cette attraction qui agit à des distances presque immenses. Quittons à présent ces hautes régions pour observer ce qui se passe plus près de nous. Renonçons à la jouissance de voyager dans le firmament pour descendre dans les détails d'un autre genre d'attraction qui a l'infiniment petit pour théâtre de ses phénomènes.

*Mr. de G.* Je quitte avec peine ces grands objets.

*Mr. de P.* Vous avez apparemment le pressentiment que nous serons humiliés dans ce nouvel ordre de choses qui n'est, ni moins surprenant, ni moins digne de notre admiration que la marche des astres. N'importe, mon cher, il faut en passer par là, et j'espère pour votre consolation que ce ne sera pas sans plaisir.

*Mr. de R.* Ce préambule, Monsieur *de P.*, nous avertit d'avance que nous connoissons l'infiniment petit beaucoup moins que l'infiniment grand, quoique l'un soit si près de nous et l'autre si loin. D'où cela peut-il venir?

*Mr. de P.* L'infiniment grand est tout aussi peu à notre portée que l'infiniment petit; nous n'avons de

mesure ni pour l'un ni pour l'autre. Ce que vous appelez l'infiniment grand ne l'est pas ; les masses et les orbites des planètes sont mesurables et dès que nous passons aux étoiles fixes la mesure nous manque et par là les connoissances réelles, certaines, nous échappent. Le télescope ne fait que découvrir l'existence de plusieurs de ces corps célestes que la vue simple ne nous laisse pas apercevoir ; il ne nous instruit ni sur leur grandeur, ni sur leurs distances, ni sur les mouvemens qu'ils peuvent avoir.

Les phénomènes d'attraction dont nous allons nous occuper, se rapportent à la texture infiniment déliée des corps, que nous n'avons point encore aperçue même à l'aide des meilleurs microscopes. Car ces petits vides des corps solides, ces dessins inimitables que la tranche d'un rameau de bois nous offre, ces végétations cristallines des sels si surprenantes, que le microscope nous rend visibles, ne nous dessinent pas encore à beaucoup près la texture interne, les agrégations primaires, de la matière ; nous pouvons en juger par son étonnante divisibilité. Ces petits espaces vides que nous prenons pour des pores n'en sont proprement pas ; ce sont des trous qui contiennent encore d'autres matières, telles que l'air, les sucs nourriciers des plantes et des animaux. Les vrais pores se trouvent dans la substance qui entoure ces trous, là où nous ne croyons voir qu'une parfaite continuité de matière. Ils se retrouvent également dans cet état de petitesse invisible dans tous les fluides, dans le verre, dans la plupart des métaux, en général dans toutes les substances fusibles.

*Le Comte C.* Ceci me paroît nouveau; veuillez, *Monsieur P.*, nous instruire plus à fond là-dessus.

*Mr. de P.* Nous reviendrons par la suite sur cet objet; permettez moi pour le moment de m'en tenir à un exemple. Taillez un morceau de charbon de la forme et de la grandeur d'un pouce cube. Son poids sera peut-être de vingt grains. A présent pilez ce même morceau de charbon jusqu'à ce qu'il soit réduit en poudre, versez cette poudre sans en rien perdre dans un vase d'un pouce cube, et vous verrez que ces mêmes vingt grains de charbon rempliront à peine la moitié du pouce cube, et que par conséquent la pesanteur spécifique du charbon non pilé ne seroit que la moitié de celle du charbon en poudre dont les parties sont encore séparées par autant d'interstices, qu'on ne regardera assurément pas comme des pores. Or l'action du mortier n'a pas rendu le charbon plus compacte; il est trop friable pour cela, et nous voyons le contraire lorsque nous réduisons des pierres et des végétaux en poudre, qui dans cet état occupent un plus grand volume qu'auparavant. Les corps qui gagnent en densité lorsqu'on les pile ne se réduisent pas en poudre dans le mortier. Il faut conclure delà que les interstices que nous apercevons à l'oeil nud ou au microscope ne sont pas essentiels, ne déterminent pas la vraie densité de la matière des corps.

*Le Comte C.* Je reconnois à présent la vérité de cette distinction que je ne connoissois pas encore.

*Mr. de P.* Dans la vie commune on peut se contenter de la manière ordinaire d'envisager la chose, en considérant les grossiers interstices des bois, des pierres, de la brique &c., comme des pores. Mais le Chi-

miste et le Physicien ne le peuvent et ne le doivent pas. On sent par ex. le besoin de cette distinction lorsque l'on veut avoir la vraie pesanteur spécifique des terres pures que l'on ne peut obtenir qu'en les réduisant en poudre, par ce que l'on sait très bien que la vraie pesanteur spécifique de chaque grain est différente de celle d'un tas de cette poudre, y compris les interstices qui ne sont pas pleins de cette terre, mais d'air. Je me suis trouvé dans un cas pareil qui m'a mené à faire cette distinction; j'avois besoin pour un certain travail de connoître la vraie pesanteur spécifique du charbon et je fus obligé de la chercher par une voie nouvelle et compliquée; je la trouvai bien différente de ce qu'on la croit communément; car elle est près de trois fois et demie aussi grande que celle de l'eau, et par conséquent à peu près égale à celle du diamant.

*Le comte C.* Cela me rappelle que le diamant est composé à très peu près de la même substance que celle du charbon, et votre résultat nous fournit une nouvelle analogie très intéressante entre ces deux substances.

*Mr. de P.* Aussi je regarde le diamant comme un charbon cristallisé. C'est dommage que nous n'ayons pas encore trouvé le secret de cette cristallisation!

Mais venons enfin aux phénomènes d'attraction qui ne se manifestent qu'à des distances infiniment petites. Ces phénomènes se partagent en deux grandes branches. Dans l'une nous ne voyons l'attraction qu'occupée à retenir les molécules des corps les unes près des autres avec plus ou moins de force pour en construire des masses plus ou moins solides, sans se soucier des autres qualités de la matière de ces molécules. Dans l'autre

nous voyons une autre attraction combiner différens élémens et en séparer d'autres pour construire des corps d'une nature toute nouvelle. Nous nommerons la première de ces deux attractions *l'attraction de surface* et la seconde *l'attraction chimique* ou *l'affinité*.

*Mr. de L.* Voilà une nouvelle division ! Je cro-yois que nous en aurions assez de la première. Quand cesserez-vous, Monsieur *de P.* de diviser ?

*Mr. de P.* Quand nous aurons assez d'intelligence pour ne plus avoir besoin de divisions, quand nous serons l'Être suprême lui-même qui perce d'un coup d'oeil la Nature entière.

*Mde. de L.* Je ne me fâche pas de vos divisions ; mais celle-ci ne me paroît pas encore claire.

*Mr. de P.* Les exemples, Madame, sont d'excellens accoucheurs d'idées. Permettez moi de les mettre encore souvent en réquisition.

*Mr. de L.* Bien volontiers, quoique cela ne fasse pas honneur à ma pénétration.

*Mr. de P.* Ou plutôt à mon talent de Professeur dont la foiblesse me force d'user de votre permission. Lorsque je fends un morceau de bois je ne change rien à sa nature ; j'ai seulement séparé deux surfaces qui étoient auparavant contiguës. Pour opérer cette séparation j'ai eu besoin d'une certaine force, et ce qui a nécessité cette force, c'est ce que nous nommons l'attraction de surface, qui joignoit les parties que j'ai séparées.

*Mde. de L.* Je le conçois ; mais y a-t-il là quelque chose à apprendre ?

*Mr. de P.* Nous verrons par la suite. A présent

permettez moi, Madame, de brûler ce morceau de bois et nous aurons du charbon ou de la cendre, deux substances bien différentes du bois.

*Mde. de L.* Si vous nous brûlez tous les corps, je crois bien, Monsieur *P.*, que nous aurons tout autre chose. Mais je n'y vois point d'attraction.

*Mr. de P.* Permettez moi cependant de vous assurer, Madame, que cet acte de la combustion n'est autre chose que la réunion d'une partie de notre air atmosphérique avec le corps à brûler, par l'attraction chimique; car vous savez, Madame, que le bois ne brûle pas sans air. Le produit de cette combinaison est un autre gaz qui s'en va par la cheminée et qui nous étoufferoit s'il entroit dans nos chambres. Voulez-vous Madame, un autre exemple? Versez un acide sur de la limaille de cuivre. Il s'établira d'abord une effervescence dans le mélange; la limaille disparaît petit à petit; le tout se change en une liqueur verte, et peu après, surtout en échauffant un peu le mélange pour le faire évaporer il se forme de beaux cristaux verts comme l'émeraude. Ces cristaux, composés du cuivre et de l'acide employés sont solubles dans l'eau, cassans, se laissent facilement réduire en poudre, ont un goût de sel âpre et aigre et sont un violent poison. L'attraction qui unit ces deux substances pour en former les cristaux que je viens de décrire, est l'affinité.

*Mde. de L.* Je comprends cela. Mais il me semble que vous disiez que l'affinité sépare aussi les élémens des corps. Est-ce aussi de l'attraction?

*Mr. de P.* Oui, Madame, et Messieurs les Diplomates seront sûrement de mon avis. Lorsqu'ils veu-

lent désunir deux puissances liguées il s'attachent à l'une des deux par mille protestations d'amitié et de zèle pour ses intérêts. L'affinité en fait de même; lorsqu'elle veut séparer deux substances réunies elle se sert d'une troisième qui s'empare de l'une tantôt lentement et sans bruit, tantôt brusquement et avec fracas, laissant l'autre seule.

*Mr. de V* Quel mal vous ont fait les Diplomates pour que vous leur en vouliez, Monsieur *P.*?

*Mr. de P.* Je ne leur en veux sûrement point, et je ne crois pas pouvoir le mieux prouver qu'en justifiant leurs procédés par ceux de l'affinité qui, comme je crois l'avoir dit, opère presque tout ce que la Nature nous offre de beau et de merveilleux sur notre globe.

*Mr. de V* Je crains les Grecs, même lorsqu'ils font des présens.

*Mr. de P.* Ce seroit un abus de la prudence politique dont je ne me crois pas responsable et dont vous n'êtes sûrement pas capable, mon respectable Monsieur *de V*, quoique vous vouliez le paroître.

*Mr. de V* Non, je ne crois pas l'être, et surtout pas envers vous.

*Mr. de P.* Puisque notre paix est faite, examinons notre attraction de surface. C'est elle qui réunit les particules des corps pour en faire des masses de toute grandeur. Mais elle le fait avec différens degrés d'énergie. Depuis la tenacité du fer et la dureté du diamant jusqu'à la fluidité de l'eau, nous avons des degrés infiniment variés d'attraction mutuelle des molécules des corps et c'est sur ces différens degrés qu'est fondée la distinction que nous faisons entre les solides et les flui-

des. La pesanteur tend sans cesse à désunir les parties des corps, voulant toujours les rapprocher le plus près possible de la surface de la terre. S'il n'existoit pas d'attraction de surface entre ces parties, elles rouleroient toutes les unes sur les autres et s'étendroient en couches infiniment minces sur la surface du globe; nous n'aurions ni collines, ni montagnes, ni rochers, aucune de ces élévations qui rendent nos paysages riants ou majestueux; nous ne pourrions ni bâtir des maisons, ni creuser des cavernes; tout s'écrouleroit sur soi-même. Nous en avons mille exemples dans les fluides, et le plus grand de tous est l'Océan qui ne doit sa surface horizontale et lisse qu'à la petitesse de l'attraction de ses particules. Ainsi nous nommons *corps solides* ceux qui, tels que le fer, le cuivre, le bois, la pierre &c. sont doués d'assez d'attraction de surface pour résister à l'effort de leur propre pesanteur qui tend continuellement à les écraser, et pour conserver toutes les figures qu'on leur donne. Les *fluides* au contraire ont trop peu de cette attraction de surface pour résister à leur propre poids et prendre en grandes masses une figure décidée; ils se moulent parfaitement dans les vases qu'on emploie pour les contenir en masse. Les Physiciens ont donné le nom de *cohésion* à l'attraction de surface; permettez moi, pour être dorénavant plus clair, de restreindre ce mot à l'attraction des corps solides et d'employer le mot *adhésion* pour les fluides.

*Le jeune L.* Il me semble que votre adhésion, Monsieur *de P.*, n'est rien du tout, puisque les fluides ne peuvent prendre aucune forme à eux et qu'ils se moulent dans chaque vase.

*Mr. de P.* Pas tout-à-fait; car vous concevez qu'une force peut être plus petite que la pesanteur sans cesser pour cela d'exister et être nulle, et je m'engage à vous donner bientôt la mesure de cette force.

Un phénomène bien surprenant de la cohésion, mais auquel on ne songe guères, est que, lorsque nous avons séparé deux parties d'un corps solide, p. ex. fendu un morceau de bois ou de pierre, on a beau rétablir le mieux possible l'attouchement des parties séparées en les remettant, en les pressant même l'une sur l'autre, la cohésion ne revient pas du tout ou si foiblement que ce n'est presque rien en comparaison de ce qu'elle étoit auparavant.

*Le Comte C.* Il semble en effet que dès que l'attouchement des surfaces a lieu, la cohésion devrait se manifester. Mais on trouvera peut-être la cause de ce phénomène dans l'air ambiant qui se niche entre les deux surfaces qu'on veut réunir.

*Mr. de P.* Assurément, et cet air, qui s'attache à la surface des solides avec une force qui résiste à de très grands efforts, empêche le vrai attouchement. En outre nous nous tromperions fort si nous nous imaginions que nous pouvons replacer nos deux morceaux de bois ou de pierre parfaitement dans la même position de tous les points des deux surfaces où ils étoient avant la séparation, et si cela a pas lieu, voilà nos deux surfaces éloignées l'une de l'autre par leurs protubérances réciproques, d'une quantité, il est vrai, qui échappe presque à la vue, mais qui pour cette espèce d'attraction est très considérable.

*Mr. de R.* C'est ce qui arrive lorsque des personnes

mariées se séparent et s'épousent de nouveau. La séparation a produit un éloignement qui ne disparoit jamais tout-à-fait et empêche le retour de l'amour conjugal.

*Mr. de P.* Il revient cependant tant soit peu lorsque le consistoire a émoussé par ses remontrances les protubérances qui éloignent les deux parties. C'est ce qui arrive également en Physique. Deux plaques de verre, de marbre ou de métal, bien polies, exercent déjà une attraction l'une vers l'autre assez grande pour résister à un poids qui tend à les séparer ; c'est un commencement de cohésion qui a lieu par un plus grand rapprochement des surfaces et un plus grand nombre de points de contact.

*Mr. de G.* Ainsi en multipliant les points de contact on pourroit parvenir à rétablir toute la cohésion et refaire le mariage dont Monsieur *de R.* parloit ?

*Mr. de P.* Le Physicien parvient à ce but par la fusion, et si les consistoires avoient le talent de réchauffer mari et femme au point de les refondre, il n'est pas douteux qu'ils ne parviendroient aussi à refaire quelques bons mariages ou à empêcher les séparations. Fondez deux morceaux de métal ou de verre ; vous augmentez par là les points de contact à l'infini et lorsque la matière est refroidie les deux morceaux cohèrent ensemble avec leur force ordinaire. On réunit encore deux morceaux de métal par un troisième mis en fusion et qui, s'attachant fortement aux deux autres, leur prête sa force. Les colles font le même effet pour les corps, tels que le bois, le carton, le cuir &c. qui ne peuvent pas supporter autant de chaleur que les mé-

tâux. L'étamage des glaces se fait par les mêmes principes quoique d'une autre manière.

*Mde. de L.* Veuillez, je vous prie, nous décrire ce procédé.

*Mr. de L.* Comment pouvez-vous, Monsieur *de P.*, attendre qu'on vous demande cette description? Vous savez de quelle importance sont les miroirs pour les Dames.

*Mr. de R.* A peu près la même que celle que vous attachez Général, à toute occasion de dire des méchancetés au sexe, qui fait le bonheur de votre vie comme de la mienne.

*Mr. de P.* Le problème de l'étamage consiste à appliquer à demeure une feuille d'étain très mince sur une glace de verre. Si on ne faisoit autre chose que de l'y poser simplement, elle ne s'y attacheroit pas parce que les surfaces ne se toucheroient qu'en très peu de points et qu'on n'excluerait pas l'air atmosphérique. Pour augmenter les points de contact on verse sur la feuille d'étain couchée horizontalement sur une plaque de fer ou un marbre poli, une portion de mercure qui la couvre entièrement. Le mercure s'attache fortement à l'étain, s'amalgame avec lui petit à petit par l'affinité, et le délayeroit comme l'eau délaye le sucre, si on les laissoit longtems ensemble avec un superflu de mercure. Pour que cela n'arrive pas et pour éloigner l'air qui se logeroit entre le verre et l'amalgame, on glisse vite la glace sur cette feuille amalgamée en partie; cette opération chasse le mercure superflu et exclue l'air qui se seroit logé entre deux si on avoit

apposé la glace de haut en bas. Enfin on charge la glace de poids considérables pour éloigner le reste du mercure superflu et opérer un contact plus parfait. Le peu de mercure qui reste entre la glace et la feuille d'étain pénètre celle-ci peu à peu et perd par là sa liquidité en composant avec l'étain un mélange moins solide que l'étain pur, nommé *amalgame*, et qui tient assez fortement au verre à raison de la fluidité qu'il avoit à sa surface supérieure qui lui a permis de s'appliquer sur tous les points de la surface de la glace.

*Mr. de T.* Vous nous avez dit, Monsieur *de P.*, que la cohésion varie beaucoup d'un corps à l'autre. A-t-on fait des expériences exactes là-dessus? Cela seroit important pour la Mécanique et l'Architecture.

*Mr. de P.* Nous en avons sur bien des substances depuis le fer jusqu'au cheveu, et nous les devons la plupart à un Physicien hollandois du dernier siècle, au célèbre Muschenbroek. Mais comme elles ont été faites sur des masses très minces, elles ne peuvent guères servir de fondement pour les calculs sur de grosses pièces.

*Mr. de T.* D'où vient cette différence?

*Mr. de P.* On l'observe principalement dans les métaux, parceque les grosses pièces sont moins travaillées au marteau, ou à la filière, ou au laminoir que les petites, toutes ces opérations rapprochant les molécules des corps d'autant plus qu'elles sont plus souvent répétées. Aussi l'expérience prouve qu'un fil de fer supporte à proportion de sa grosseur près de dix fois plus de charge qu'une barre d'un pouce et demi d'épaisseur.

Mais passons à un phénomène bien intéressant de la cohésion, celui de *l'élasticité des corps solides*.

Imaginez une corde de violon ou de clavecin, attachée à ses deux bouts et tendue par une force quelconque, en sorte cependant qu'elle ne rompe pas ; aussitôt que la force cesse d'agir le fil se raccourcit, et s'allonge de nouveau aussitôt qu'on fait agir de nouveau la même force. Un cheveu p. ex., auquel on peut suspendre jusqu'à 1500 grains ou plus de 3 onces, s'allonge ainsi de près de la moitié de sa longueur avant qu'il rompe. Voilà de l'élasticité. Une bille d'ivoire qu'on laisse tomber sur un corps dur, s'applatit tant soit peu au point de contact et rebondit ; après quoi la boule reprend à la partie choquée sa première figure. Voilà encore de l'élasticité. Une lame d'acier fixée par un bout dans les mâchoires d'un étau et courbée à l'autre bout par une force quelconque, se rétablit, c. à. d. reprend sa place et sa figure primitive dès que la force qui la courboit cesse d'agir, et ce rétablissement ne s'opère qu'au moyen de beaucoup de vibrations qui deviennent toujours de plus en plus petites jusqu'à ce que la dernière soit enfin nulle et la lame en repos. Voilà encore de l'élasticité.

Au reste ces vibrations ont lieu dans les trois cas. La boule d'ivoire ne se rétablit pas tout-à-coup à la partie choquée ; mais dès que le choc est fait, les parties qui étoient rentrées ressortent plus qu'elles ne doivent et la boule obtient à ce point une protubérance : puis ces parties élevées rentrent de nouveau et plus qu'elles ne devoient, ressortent encore, et ainsi de suite et toujours en diminuant jusqu'à ce que les entrées et sorties de cette petite portion de matière de-

viennent nulles. Suspendez à un gros cheveu le poids d'une once ou d'une demi once seulement et soulevez ce petit poids d'un pouce ou deux; puis laissez le tomber; Vous verrez que le poids montera et descendra alors comme de lui-même, par les allongemens et raccourcissemens du cheveu, produits par la chute du poids, jusqu'à ce que ces oscillations deviennent enfin nulles et que le cheveu ait l'allongement proportionné à la pesanteur du petit poids. Une corde de violon tendue et pincée ou frottée par l'archet, c'est à dire forcée d'abandonner sa tension en ligne droite pour en prendre une angulaire, retourne à sa position rectiligne non pas tout d'un coup, mais après beaucoup de vibrations qui vont toujours en diminuant. Ces vibrations des corps élastiques attestent tous la constance de la matière dans le mouvement tout aussi bien que les vibrations du pendule.

Le premier de ces phénomènes, celui de la corde tendue, produit les sons de nos instrumens à cordes; le second, celui de la boule d'ivoire, les effets du jeu de billard; le troisième, celui de la lame d'acier, le mouvement de nos montres et la mollesse de nos équipages à ressorts.

*Mr. de G.* Comment ces phénomènes se rapportent-ils à la cohésion?

*Mr. de P.* Rien de plus simple, sans qu'on soit forcé, comme bien des auteurs en Physique l'ont fait, d'avoir recours à une force de répulsion, dont aucun phénomène naturel ne nous prouve l'existence. Si les molécules des corps sont unies par la cohésion, elles résisteront dans l'expérience du cheveu tendu, mais

pas absolument; elles cèdent plus ou moins et se rétablissent dans leur premier état lors qu'on cesse de les tirailler. Dans l'expérience de la boule d'ivoire les parties choquées cèdent également au choc, se pressent, se coignent proprement entre les parties voisines et les écartent les unes des autres: Dès que l'effort du choc a cessé, celles-ci se rapprochent de nouveau et rechassent les premières à leur ancienne place. Enfin dans l'expérience de la lame d'acier nous avons les deux premiers phénomènes réunis. Supposez la lame d'acier originellement droite. Quand vous la courbez les molécules qui sont du côté convexe s'éloignent directement tant soit peu l'une de l'autre et celles du côté concave se coignent les unes dans les autres.

*Le Comte C.* Je conçois cela; mais je vois encore une difficulté essentielle. Pourquoi la corde de clavecin tendue ne se rompt-elle pas aussitôt qu'elle commence à s'allonger? Pourquoi la lame d'acier ne se casse-t-elle pas au premier effort qui la fait plier? Pourquoi la balle d'ivoire ne se fend-elle pas dès que les parties rentrantes écartent leurs voisines l'une de l'autre? Car si les molécules des corps sont retenues l'une près de l'autre par la cohésion, c. à d. par une attraction, cette attraction sera plus forte à une petite distance, plus foible à une grande distance, et d'après ce raisonnement la même force, qui peut produire le premier degré d'éloignement, devrait produire les suivans avec bien plus de facilité et par conséquent séparer tout-à-fait les molécules les unes des autres; c. à d. rompre le corps.

*Mr. de P.* Votre observation, Monsieur le Comte,

est très juste, et nous ne sommes pas encore parvenus à lever cette importante difficulté qui a également lieu pour les corps mous. Un de mes élèves en Physique et très bon Mathématicien, monsieur Pauker, a dit ce que nous savons de plus ingénieux là-dessus dans une dissertation latine très savante. Il a prouvé mathématiquement que si on suppose trois molécules douées d'attraction quelconque, dont deux  $a$  et  $b$  (fig. 4) soient censées fixes à leur place et la troisième,  $c$ , mobile, celle-ci sera non seulement attirée par les deux autres  $a$  et  $b$  dans une direction moyenne  $cd$  qui passe entre ces deux, mais aussi qu'il y a un point  $e$  sur cette direction tel que lorsque la molécule  $c$  s'y trouve, l'attraction des deux autres  $a$  et  $b$  sur elle est plus grande qu'à tous les autres points de cette direction; ce point  $e$  se nomme le point du maximum d'attraction. Monsieur Pauker suppose en outre que la molécule  $c$  d'un corps élastique est, dans l'état naturel de ce corps, en de çà de ce point du maximum, comme je l'ai dessinée dans notre figure. Si cela est, il est clair qu'en l'éloignant des deux autres  $a$  et  $b$  ou en la rapprochant du point du maximum, la force attractive augmente jusqu'à ce que la molécule  $a$  soit arrivée à ce point du maximum et exigera par conséquent une force croissante pour être surmontée; après quoi la moindre force ajoutée à celle qui fait équilibre au maximum d'attraction pour lui faire dépasser ce point, doit la séparer tout-à-fait des autres, par ce qu'en delà de ce point la résistance de l'attraction diminue.

*Le Comte C.* J'avoue que cette hypothèse est infiniment ingénieuse.

*Mr. de P.* Et surtout très conforme aux phénomènes des corps élastiques et j'entrevois qu'elle conduira un jour à expliquer en quelque sorte pourquoi les molécules des corps, douées d'attraction réciproque, ne s'approchent pas jusqu'au contact parfait, mais laissent entre elles des espaces qui varient de corps à corps, sans que l'on soit obligé d'admettre que les molécules des corps dont nous savons bien sûrement qu'elles s'attirent mutuellement, ont en même tems la faculté opposée, celle de se repousser ; ce qui m'a toujours paru une contradiction, quelque peine que l'on se soit donnée de la masquer.

*Le Comte C.* Ces espaces qui séparent les molécules de la matière sont-ils bien constatés ?

*Mr. de P.* Ils le sont par la densité très variée des corps et par l'élasticité qui sans cela ne pourroit avoir lieu. Je suis même parvenu au moyen d'un calcul assez simple à prouver que la distance à laquelle les molécules des corps élastiques peuvent s'éloigner l'une de l'autre plus qu'elles ne le sont dans leur état naturel, est de règle plus petite que le diamètre d'une molécule.

*Mde. de L.* Ah ! Monsieur le Professeur ! Vous voilà sur la cathèdre ! J'ai eu une furieuse peine à comprendre votre Monsieur Pauker.

*Mr. de P.* Assurément, Madame, je vous dois des excuses. Mais pouvois-je laisser le Comte sans réponse ? Il est trop aimable pour que vous puissiez m'en vouloir d'avoir répondu à son objection.

*Mde. de L.* Bien loin de là. J'aime mieux m'en prendre à mon ignorance.

*Le Comte C.* Madame *de L.* parle d'ignorance pour excuser la mienne.

*Mde. de L.* Vous plaisantez, Monsieur le Comte, et pour prouver que je suis de bonne foi je vais faire une question qui attestera mon peu de savoir. Dites nous, Monsieur *de P.*, si tous les corps solides sont élastiques?

*Mr. de P.* Oui, Madame, mais à différens degrés qui se rappétissent presque jusqu'à zéro. Le plomb, p. ex. a très peu d'élasticité, la terre glaise, molle, encore moins. Les métaux, comme le plomb, l'étain, le cuivre, le fer, l'or et l'argent en acquièrent plus ou moins sous le marteau, ce qu'on appelle écrouir.

*Mde. de L.* Mais le verre, qui est si cassant, est-il élastique?

*Mr. de P.* Oui, Madame, et beaucoup.

*Mde. de L.* Oui, Madame! et toujours oui, Madame! Dites moi une fois, non Madame.

*Mr. de P.* Non, Madame, cette fois-ci je ne vous dirai pas, non Madame. Le verre, tout cassant qu'il est lorsqu'il a une certaine épaisseur à proportion de sa longueur, devient très flexible lorsqu'on diminue son épaisseur ou lorsqu'on augmente sa longueur. Une lame de verre d'une demie ligne d'épaisseur et d'un pouce de longueur paroît ne pas se plier du tout. Donnez à cette lame 36 pouces de longueur sans diminuer son épaisseur, et vous la verrez se plier et faire ses vibrations presque aussi parfaitement qu'une lame d'acier, et nous devons en conclure que la même lame

d'un pouce de longueur est encore pliante, mais trente six fois moins que la lame de 36 pouces.

*Le Comte C.* Il paroît donc que les corps témoignent d'autant plus d'élasticité qu'ils sont plus longs et plus minces.

*Mr. de P.* Fort bien. Mais il faut observer que cela ne regarde que la grandeur des oscillations. Quant à la force, nous en parlerons tout à l'heure. Je veux seulement ajouter qu'on file le verre en fils presque aussi fins qu'un cheveu, et que ces fils sont très plians et très élastiques; on en fait de très jolies aigrettes de toutes couleurs, et quand on donne à ces fils plusieurs pieds de longueur on peut se les lier autour du corps comme une ceinture.

*Mde. de L.* Mais comment peut-on filer du verre?

*Mr. de P.* C'est une très jolie opération qui se fait au moyen d'une lampe d'émailleur et d'une simple roue. On prend un petit bâton de verre, on chauffe son bout à la lampe jusqu'à ce qu'il devienne très mou, presque fluide. Alors on scelle à ce bout ramolli un autre morceau de verre par le simple contact dans la flamme de la lampe et on écarte ce morceau du bâton; le verre fondu suit la main de l'ouvrier et ainsi se forme le premier fil de verre qu'on attache à la circonférence de la roue. Puis on expose de nouveau le bout du bâton de verre à la flamme; aussitôt qu'il est ramolli on tourne la roue; le fil se continue aussi longtems qu'on tient le bâton de verre dans la flamme, et devient d'autant plus fin que le verre approche d'avantage de l'état de fusion et qu'on tourne la roue avec plus

de vitesse. Ce qu'il y a de bien intéressant encore dans cette petite manoeuvre, c'est que, si au lieu d'un bâton de verre on prend un tube pour ce filage, le fil de verre devient un tube lui-même d'une finesse extrême. On en fait qui n'ont pas un millième de pouce à l'extérieur.

Quant à la force de l'élasticité, elle est d'autant plus grande que la lame est plus épaisse et sa résistance est d'autant plus petite que la lame est plus longue, et cette loi est celle qu'on observe dans les poutres qu'on fait rompre en les chargeant trop.

*Mr. de T.* Ceci est d'un usage pratique et m'intéresse particulièrement, relativement à mes bâtisses. Expliquez moi, je vous prie, plus clairement en quoi consiste cette loi.

*Mr. de P.* La résistance d'une poutre appuyée à ses deux bouts et chargée à son milieu est en raison directe de sa largeur et du carré de son épaisseur et en raison inverse de sa longueur. Les expériences de Buffon ont prouvé ce théorème que la théorie a fourni, et le calcul se fait d'après ces expériences de la manière suivante: Buffon a trouvé, qu'une poutre de chêne de 10 pieds de longueur, de 6 pouces de largeur et de 6 pouces d'épaisseur rompt par un poids d'environ 11,000 livres. Si l'on veut savoir sous quel poids rompra une poutre de chêne de 20 pieds de longueur, de 5 pouces de largeur et de 9 pouces d'épaisseur, il faut pour l'une et l'autre des deux poutres multiplier les largeurs par les carrés des hauteurs et diviser par les longueurs. Ces deux nombres, dans notre cas  $\frac{6 \cdot 36}{10}$  et  $\frac{5 \cdot 81}{20}$ , ou bien  $\frac{216}{10}$  et  $\frac{405}{20}$ , ou bien 432 et 405, donnent

le rapport des forces des deux poutres. Si donc on fait la règle de trois 432 à 405 comme 11,000 livres à la charge cherchée, on aura 10312 livres pour le poids qui feroit rompre l'autre poutre.

Mais comme nous ne voulons pas que nos poutres rompent et comme Buffon a observé qu'à la longue la moitié de cette charge fait rompre la poutre, il conseille avec raison de ne donner aux poutres, au plus que le quart de la charge qui les fait rompre d'abord.

*Mr. de T* Ce calcul m'explique une expérience que nos charpentiers connoissent fort bien, c'est qu'une poutre d'inégale largeur et d'inégale épaisseur porte moins posée à plat que sur le côté étroit. Cela doit être à cause du carré de la hauteur: car pour la poutre que vous avez calculée, si je la mets à plat j'ai dans le calcul de sa force 9. 25, ce qui fait 225; au lieu que, si je la pose sur le côté étroit, j'ai 5. 81, ce qui fait 405, ainsi presque le double de force.

*Mde. de L.* Mais, Messieurs, que fait tout cela à l'élasticité ou à la cohésion?

*Mr. de P.* La connexion de ces deux objets, la force des poutres et l'élasticité, se fonde sur ce qu'une poutre se plie, c. à. d. exerce son élasticité avant de rompre. Maintenant permettez moi, Madame, de retourner à l'élasticité et à la cohésion par un phénomène surprenant de charpenterie. M'en croirez-vous sur ma parole, Monsieur *de T.*, si je vous assure qu'on peut doubler la force d'une poutre en la sciant à son milieu d'environ la moitié de son épaisseur?

*Mr. de T* C'est un grand paradoxe, au quel mon charpentier auroit bien de la peine à croire.

*Mr. de L.* Je suis aussi charpentier, c. à d. incrédule.

*Mr. de P.* Voyons si je viendrai à bout de vous convertir. On scie en effet la poutre à son milieu avec une scie à large voye et jusqu'à la moitié de son épaisseur; puis on enfonce à grands coups de marteau un coin de bois dur et bien sec dans cette tranche. Par là on opère deux effets. Le premier est que la poutre se courbe vers le haut: et lorsqu'on la met à sa place, appuyée aux deux bouts, son propre poids et la charge qu'on lui donne en sus la rabaisse au milieu, en sorte qu'elle devient tout au plus droite, tandis que sans cela elle se courboit déjà vers le bas par son propre poids. Le second effet est une pression extraordinaire des faces sciées contre le coin qui les refoule les unes dans les autres et fait qu'elles ne peuvent plus être foulées d'avantage si ce n'est par d'autres forces beaucoup plus grandes.

*Mr. de T.* Je ne conçois pas encore parfaitement cet effet.

*Mr. de P.* Veuillez vous souvenir qu'un bâton ou une poutre qu'on courbe résiste de deux manières: du côté convexe, comme un fil qu'on veut rompre, du côté concave comme la boule d'ivoire choquée. Entre ces deux résistances et vers le milieu de l'épaisseur il doit se trouver une lame qui n'est ni allongée ni refoulée, et l'expérience a appris que la première des deux résistances est plus forte que la seconde. En faisant une large incision dans la partie qui deviendrait concave, je détruis cette seconde résistance; mais je la rétablis et l'augmente considérablement par

le coin qui refoule les surfaces qu'il touche, bien plus fortement que ne le feroit la charge et empêche par là ce refoulement pour la suite.

*Mr. de T.* Je conçois la chose à présent; mais cette idée est-elle praticable?

*Mr. de P.* Son auteur, Camus de Mezières, architecte français, l'a pratiquée et surement beaucoup d'autres après lui. Moi-même je l'ai fait exécuter deux fois avec succès, et notamment la dernière fois sur les poutres d'un vaste appartement, qui malgré leurs 14 pouces d'écartissage, faisoient par leur propre poids seul un arc très considérable qui aurait augmenté par la suite et formé un plafond à ventre. Je fis cette opération un avec deux coins à des distances qui partageaient la longueur de chaque poutre en trois parties égales. Les poutres se sont redressées et sont restées droites depuis huit ans, et le plafond est bien plus solide qu'un plafond ordinaire. Pardonnez moi, Madame, ces détails de pratique en faveur de plusieurs autres que je pourrois emprunter également de l'art du charpentier. Je ne me les suis permis que pour faire voir que nos principes sur l'élasticité sont susceptibles d'applications très importantes et je ne serois pas fâché que mon aimable auditoire en conclut que l'art du Charpentier devient très intéressant quand on le traite scientifiquement. Permettez moi de terminer ce sujet par une observation sur les corps cassans et sur les corps ductiles.

*Mde. de L.* Qu'appellez-vous corps ductiles?

*Mr. de P.* Ceux qui comme la cire et beaucoup de métaux peuvent s'applatir, s'allonger, s'amincir sans

se rompre. Le fil de platine d'un trois millième de pouce de diamètre et la feuille d'or battu dont nous avons parlé, sont des effets étonnans de ductilité. Lorsqu'un corps ductile rompt par la pesanteur d'un poids que l'on y suspend, il s'allonge et s'amincit avant de rompre, en sorte qu'au moment de la rupture il a moins d'épaisseur qu'auparavant, et c'est cette moindre épaisseur qui fournit proprement la dernière résistance; si par ex. un cylindre de métal avait primitivement 6 lignes de diamètre et qu'au moment de la rupture il en ait 5, alors nous dirons que le poids employé à rompre ce cylindre a rompu un cylindre de 5 lignes de diamètre et non pas de 6 lignes. Du reste nous ne comprenons rien à cet état de ductilité des solides; nous ne pouvons donner aucune explication de ce phénomène, pas même de bonnes conjectures ou des calculs tant soit peu vraisemblables, comme nous l'avons fait pour l'élasticité. Nous ne pouvons qu'admirer la différence de ces deux états des corps solides, qui changent dans le même corps, comme nous le voyons dans l'acier qui, trempé ou refroidi subitement, devient cassant et plus dur que le verre, et non trempé, est très ductile et presque aussi mou que l'étain.

---

## CINQUIÈME ENTRETIEN.

*Mde. de L.* Que nous donnerez-vous aujourd'hui, *Monsieur de P.*?

*Mr. de P.* Voulez-vous sérieusement, Madame, continuer nos entretiens? Hier je vous ai si fort ennuyé d'objets qui vous ont parus difficiles et peu intéressans que je n'ai pas le courage de poursuivre.

*Mde. de L.* Voilà un joli compliment! Vous avez parlé hier de plusieurs choses très utiles et vous me faites l'honneur de croire qu'elles ne m'intéressent point.

*Mr. de P.* Je ne doute pas, Madame, que leur utilité ne puisse avoir quelque droit à votre intérêt; mais il faudroit qu'elles eussent été accompagnées de plus d'agrémens que je n'ai pu donner à ma manière en les décrivant et je crains de retomber souvent dans cette sécheresse qu'on reproche à la partie mathématique de la Physique, sur tout lorsqu'il sera question des lois du mouvement.

*Mde. de L.* Pourquoi vous chagriner d'avance, *Monsieur P.*? Si je m'ennuie ce sera ma faute et non celle de la scienceni la vôtre.

*Mr. de P.* (d'un ton piteux) Eh bien continuons donc puisque Madame *de L.* l'ordonne; parlons au-

jourd'hui de l'attraction de surface dans les fluides et commençons par fâcher le Général en lui offrant une nouvelle division, en distinguant les *liquides*, comme l'eau, l'huile, le mercure &c. des *fluides élastiques* comme l'air atmosphérique, l'air inflammable et tant d'autres gaz que nous apprendrons à connoître par la suite.

*Mr. de L.* Vous avez tort de croire que je me fâcherai de cette distinction, car c'est la nature et non pas vous, Monsieur *P.*, qui l'a faite.

*Mr. de P.* Vous avez raison, et c'est le cas de toutes nos divisions.

*Le jeune L.* Les liquides ne sont-ils donc pas élastiques? Il me semble qu'ils le sont; car lorsque je lance une pierre plate bien de biais sur notre étang, elle rebondit et fait plusieurs sauts sur la surface de l'eau avant de couler à fond, ce qui, à ce que je crois, prouve l'élasticité de l'eau.

*Mr. de P.* Voyez, Madame, quel jour malheureux pour moi! Toute votre famille a aujourd'hui raison contre le Professeur. Oui, mon cher ami, les liquides sont élastiques et très élastiques, quoique votre expérience très bien alléguée ne puisse pas servir de preuve. Car je pourrois vous répondre que l'air qui se trouve entre votre pierre et la surface de l'eau au moment du choc est ce qui produit les bonds de la pierre. Mais nous avons des expériences directes sur l'élasticité de l'eau, de l'Anglois Canton et de deux Allemands Zimmermann et Abich. Ces derniers ont prouvé que ce liquide se laisse comprimer de la cent quarante deuxième partie de son volume par une pres-

sion d'environ mille cinq cent livres appliquée sur une surface d'un pouce carré.

*Le Comte C.* C'est bien peu à raison d'un poids si considérable.

*Mr. de P.* Et c'est même encore trop, c. à d. que ce résultat est plus grand que la Nature ne le livre; j'en juge par la nature de l'appareil employé à ces expériences. Mr. Canton a trouvé qu'en dégagant l'eau du poids de l'atmosphère, elle ne se dilate que d'un vingt-millième, ce qui fait environ  $\frac{1}{4}$  moins du résultat des Physiiciens allemands.

J'avoue au reste que je ne conçois pas l'élasticité des liquides. Celle des gas a un tout autre caractère. Un gas augmente toujours de volume quand on diminue la pression sous la quelle il se trouve, et nous ne connoissons aucune terme à cette dilation. L'eau par contre et tous les liquides ne se dilatent que d'une quantité presque insensible quand on les dégage du poids de l'atmosphère.

*Mde. de L.* Que doit-on donc croire?

*Mr. de P.* Selon moi, que c'est l'air logé dans les pores de l'eau qui est cause de cette élasticité apparente des liquides.

*Le Comte C.* Je crois avoir lu qu'on a fait les expériences avec de l'eau purgée d'air.

*Mr. de P.* Assurément, et vous pouvez lire cette assertion dans les ouvrages les plus récents. Mais les auteurs oublient que d'un côté nous n'avons aucune raison de croire que nous puissions purger l'eau de tout l'air qu'il contient, et d'un autre côté que, lorsque

nous croyons l'avoir fait, le contact seul de l'air, qui est inévitable lorsqu'on verse l'eau dans l'appareil, lui rend sur le champ la plus grande partie de l'air qu'on lui avoit enlevé. Nous n'avons aucune analogie qui nous fasse concevoir que, si les liquides sont élastiques, ils ne le soient que jusqu'à des limites si resserrées, d'autant moins qu'à tout degré de chaleur au dessus du point de congélation l'eau se change en vapeur qui a précisément la même élasticité que toutes les espèces d'air.

*Mr. de L.* Votre opinion, Monsieur *de P.*, n'en est pas moins une hypothèse.

*Mr. de P.* Assurément, mais une hypothèse permise, puisqu'elle a toutes les analogies de son côté.

*Mde. de L.* Que fait l'attraction de surface à tout cela?

*Mr. de P.* Rien du tout; et je vous suis reconnoissant, Madame, de m'avoir rappelé à l'ordre du jour, d'autant plus que ce sujet nous offre des résultats bien plus certains que l'autre.

L'adhésion des particules des fluides entre elles existe bien sûrement, témoin la forme sphérique d'une goutte d'eau qu'on enlève avec un petit bâton de bois ou de verre. Si cette attraction mutuelle n'existoit pas, chaque molécule suspendue au petit bâton tomberoit, se sépareroit des autres sans résistance comme un sable infiniment fin. Nous retrouvons encore l'effet de l'adhésion dans le phénomène de deux grosses gouttes d'eau ou de mercure qu'on approche l'une de l'autre jusqu'à ce qu'elles se touchent; à l'instant du contact elles coulent, pour ainsi dire, l'une dans l'autre et

ne forment plus qu'une seule goutte. Ainsi l'adhésion lie non seulement les particules qui se touchent entre elles, mais aussi elle fait marcher celles qui ne se touchent pas encore, l'une vers l'autre, et ceci est important, par ce qu'il est prouvé par là que l'adhésion des liquides agit à certaines distances, sans quoi ce mouvement seroit impossible.

*Mr. de L.* Arrêtez, je vous prie, Monsieur *de P.* ; Vous voilà en contradiction avec vous-même.

*Mr. de P.* Voyons, mon Général. Pointez votre batterie.

*Mr. de L.* Vous nous avez dit que l'attraction de surface n'a lieu que quand les corps se touchent, et c'est là-dessus que vous avez fondé la distinction entre la gravitation et l'attraction de surface. A présent vous nous dites que celles-ci s'exerce aussi à de certaines distances. Lequel des deux devons nous croire?

*Le Comte C.* Je prends le parti de Monsieur *de P.* Pardonnez moi, Monsieur *de P.*, cette liberté; c'est seulement pour vous prouver que j'ai été attentif à vos leçons. Voyons, mon Général, comment je me tirerai d'affaire. Monsieur *de P.*, nous a prouvé par les phénomènes de l'élasticité des solides que l'attraction de surface agit là également à certaines distances, mais infiniment petites, plus petites que le diamètre des molécules de ces corps. Ici ce sera un cas semblable et je ne vois à cela qu'une analogie de plus entre l'attraction de surface des solides et des liquides.

*Mr. de L.* Eh bien! si l'on suppose une distance quelconque, grande ou petite, à la quelle les molécules de la matière exercent leur attraction de surface, on

n'a pas droit de dire qu'elles ne l'exercent que quand les corps se touchent. Cela me paroît clair.

*Mr. de P.* Pas à moi, Général. Car j'ai parlé, lors qu'il étoit question de la gravitation, de distances assignables. Celles aux quelles l'attraction de surface s'exerce dans les phénomènes de l'élasticité, sont inassignables, plus petites que ce que nous connoissons d'ailleurs de plus petit.

*Mr. de L.* Voilà une défaite qui sent un peu trop la subtilité.

*Mr. de P.* Nous ne nous accorderons qu'en fixant le sens qu'on attache au mot *contact*. Lorsqu'on rejoint le mieux possible les deux surfaces d'un corps fendu, nous disons que ces deux surfaces se touchent, quoique nous ayons vu plus haut que ce contact est beaucoup plus imparfait que celui qui avoit lieu avant que le corps fut fendu. La couche d'air par ex., logée entre deux, les sépare quoique son épaisseur puisse être si petite que nous ne l'apercevions pas à l'oeil nud. Le microscope nous prouvera que cette épaisseur n'annuie est assignable. Mais cela n'a pas lieu pour les espaces incomparablement plus petits qui se trouvent entre les molécules des corps dans leur arrangement naturel et dont l'existence n'est pas douteuse. Je dis donc que les molécules des corps se touchent, lorsque leur distance est si petite que je ne puis la mesurer ni à l'oeil nud, ni au moyen de microscope; et si nous voulons donner un sens encore plus déterminé au mot *contact*, nous dirons que les molécules *se touchent physiquement*, lorsque leur distance est assez petite pour

que leur attraction de surface devienne sensible. L'expérience et l'observation ne vont pas plus loin.

*Mr. de L.* Tout cela me paroît bien subtil.

*Mr. de P.* Cela doit être puisque la matière et l'arrangement de ses molécules l'est à un si haut degré, et que tout nous indique que la Nature opère ses plus grands phénomènes par des causes qui sont pour nous infiniment petites.

*Mr. de G.* Vous nous ferez la grace, j'espère, d'en excepter les phénomènes de la gravitation des corps célestes; les masses qui sillonnent le firmament ne sont pas du genre des infiniment petits.

*Mr. de P.* Assurément, elles sont de ce genre. Veuillez ne pas oublier que la masse d'une planète est composée de parties également infiniment petites, que chacune d'elle est donnée de la gravitation vers sa voisine et vers le soleil, que c'est à cette attraction mutuelle de leurs parties que les corps célestes, y compris notre terre, doivent leur figure à peu près sphérique et à l'attraction de chacune d'elles vers chaque particule du soleil, qu'elles doivent leur mouvement elliptique. Ce n'est qu'en suite d'un raisonnement qui rapporte toutes ces attractions individuelles à un centre commun, que le Physicien et l'Astronome se permettent de considérer toutes ces molécules comme une seule masse réunie dans son centre de gravité. Mais que direz-vous, mon cher, pour en revenir à notre adhésion, si je vous annonce d'avance que cette attraction des molécules d'un seul et même fluide nous apparoit tantôt très foible et tantôt très forte?

*Mr. de G.* Que c'est un paradoxe qui semble contenir une contradiction.

*Mr. de P.* Voici le fait: On suspend une plaque de verre d'un pouce carré bien horizontalement à un fléau de balance et au côté opposé un poids qui lui fasse équilibre. Puis on abaisse la balance, jusqu'à ce que cette plaque horizontale touche la surface d'une portion d'eau que l'on a placée au dessous. La plaque s'attache à l'eau et on peut l'en arracher en ajoutant un poids à l'autre côté de la balance, et ce poids est de 55 grains, poids de Nuremberg. J'ai répété cette expérience sur différens liquides; l'huile d'olives exige  $45\frac{1}{2}$ , l'esprit de vin  $33\frac{1}{2}$ , le mercure 497 grains. Lorsqu'on considère la plaque de verre après l'expérience (pour le mercure j'ai pris une plaque d'étain) on en trouve la surface couverte d'une couche abondante du liquide, et les poids nécessaires expriment la résistance que chacun de ces liquides opposoit à la séparation sur une surface d'un pouce carré. Voilà donc l'adhésion des molécules des liquides bien établie, puisqu'elle est mesurée.

Modifions à présent l'expérience. Prenons deux plaques de verre bien polies de deux pouces en carré, et étendons sur la surface de l'une d'elles une couche d'eau très mince; puis appliquons l'autre plaque dessus, et essayons de les séparer en attachant la supérieure à un point fixe et en suspendant des poids à l'inférieure. La résistance se monte à environ 2400 grains par pouce carré, ce qui fait, plus de 45 fois autant que dans l'autre expérience; et lorsqu'on examine les deux surfaces après la séparation, on les trouve toutes deux

couvertes d'eau; ce qui prouve que la couche d'eau qu'on avoit employée, s'est partagée en deux et que la résistance observée est également l'effet de l'adhésion des molécules entre elles.

*Mr. de G.* D'où vient donc cette extrême différence dans ces deux résultats?

*Mr. de P.* Elle provient de la grande mobilité des molécules de l'eau, en général des liquides, qu'on peut regarder comme extrêmement ductiles, la fluidité n'étant en effet qu'un degré supérieur de ductilité. Dans la première expérience les poids soulèvent la plaque avant de la détacher et élèvent en même tems une couche d'eau au dessus du reste. Lorsque cette couche d'eau a atteint une hauteur qui lui donne trop de poids pour qu'elle puisse être supportée en entier par l'adhésion, les molécules de cette couche s'écoulent alors par les quatre côtés vers le bas, ce qui rappétisse la surface de contact et par là la résistance totale de l'adhésion, et le contrepoids l'emporte sur cette attraction.

Dans la seconde expérience cet écoulement n'a presque pas lieu, parce que la couche d'eau est trop mince, et c'est comme si l'eau entre les plaques avoit perdu la plus grande partie de sa ductilité. Si la couche d'eau n'avoit en épaisseur que le diamètre de deux molécules, la résistance seroit bien plus grande encore. La couche d'eau dans la première expérience peut se comparer à un métal très ductile qui perd, avant de se déchirer, la plus grande partie de son épaisseur, et dans la seconde expérience à un corps peu ductile qui rompt sans perdre sensiblement en grosseur.

*Le Comte C.* D'après cela les liquides doivent être considérés comme possédant une ductilité infinie.

*Mr. de P.* C'est l'opinion du célèbre Kant et de plusieurs Physiciens parce qu'on ne trouve, qu'une résistance presque infiniment foible lorsqu'on veut déplacer quelques particules d'eau dans une masse libre de ce liquide. Mais l'expérience contredit cette opinion. Reprenons nos deux plaques précédentes avec la couche d'eau très mince entre elles, et fixons l'inférieure sur un support qui la tienne dans une position horizontale. Appliquons à présent à la plaque supérieure une force qui agisse horizontalement, pour la faire glisser sur l'inférieure; il faudra, pour opérer le premier degré de mouvement, une force de 3500 grains.

*Le Comte C.* Cette expérience est concluante et prouve, ce me semble, une grande force d'adhésion dans les liquides.

*Mr. de P.* Assurément et cette force nous paroitroit beaucoup plus grande, si nous pouvions employer des couches de liquide encore plus minces. C'est ce qui a lieu avec l'esprit de vin, qui dans notre dernière expérience résiste avec une force de 6000 grains, quoique notre première expérience nous ait appris que son adhésion soit plus petite que celle de l'eau.

Cette adhésion des molécules d'un liquide entre elles se retrouve de molécule à molécule de différents fluides. Le mercure et l'eau s'attachent ensemble avec une force de 180 grains, l'esprit de vin et l'huile d'olives, de 32, l'huile d'olives et l'eau, de 42 grains par pouce carré.

*Mde. de L.* Ceci me paroit singulier. Quoi, Mon-

sieur, l'huile et l'eau s'attirent, selon vous, mutuellement? Et cependant nous voyons tous les jours l'huile, loin de se mêler à l'eau, s'en séparer constamment, et vous nous avez dit vous-même que pour les réunir il faut un tiers âpre et mordant, de l'alcali.

*Mr. de P.* J'avoue, Madame, que je l'ai dit; mais cela ne fait rien à la chose; car là il s'agissoit d'une réunion intime, d'une affinité toute différente de l'attraction de surface. Ici il ne s'agit que d'une liaison extérieure, et nous allons voir que, quoique l'huile semble se séparer de l'eau, il n'en existe pas moins une attraction mutuelle de surface entre ces deux liquides. Veuillez, Madame, vous souvenir que l'adhésion des molécules de l'eau entre elles a été exprimée par une force de 55 grains et celle de l'huile à l'eau par une force de 42 grains, et que par là nous avons du côté de l'attraction des molécules de l'eau entre elles un excédent de 7 grains sur celle des molécules de l'eau vers celles de l'huile. Si donc une molécule d'huile se logeoit entre deux molécules d'eau, celles-ci chasseroient bien vite cet hôte importun et plus foible qu'elles.

*Mde. de L.* A présent cela me paroît clair, et me prouve qu'en Physique il faut avoir égard aux nombres.

*Mr. de P.* Assurément. Sans calcul et sans Géométrie il n'y a point de Physique. Je puis au reste, Madame, vous citer une bien jolie expérience que nous devons au Physicien italien Carradori, qui fait voir à l'oeil cette adhésion de l'huile et de l'eau. Imaginez un vase très plat, d'environ deux pieds de diamètre, dans le quel on a versé de l'eau. Nous attendons que cette nappe d'eau soit bien tranquille; puis

nous prenons avec une plume à écrire une goutte d'huile d'olives et la posons bien doucement sur le milieu de la surface de l'eau. A l'instant du contact la goutte d'huile quitte la plume et s'étend avec rapidité sur la nappe entière de l'eau.

*Mde. de L.* Cela me paroît incroyable, car je me souviens d'avoir vu une goutte d'huile d'olive rester entière sur la surface d'un verre d'eau.

*Mr. de P.* Celà vous a paru tel, Madame. Mais si vous aviez connu notre expérience et observé en conséquence la surface de votre verre d'eau, vous eussiez vu qu'elle étoit recouverte d'une pellicule infiniment mince d'huile. Ce que vous avez cru être la goutte entière n'étoit que le reste de la goutte, qui ne trouvoit pas assez de place pour s'épuiser par une couche aussi mince sur une petite surface. Retournous à notre grande nappe d'eau. Cette extension de la goutte d'huile sur cette grande surface se fait par des ondulations concentriques qui sont visibles à l'oeil par les couleurs de l'arc en ciel qu'elles nous offrent dans toutes leurs variétés, et qui disparaissent dès que les ondulations ont cessé.

*Mr. de T.* Cela doit être bien agréable à voir, un arc en ciel sur une nappe d'eau !

*Mr. de P.* Ce sont des cercles entiers nuances de toutes ces belles couleurs, et je suis parvenu à fixer ces couleurs pour une heure ou deux, en me servant de mercure au lieu d'eau, et d'huile de lin à la place de l'huile d'olives. Comme l'huile de lin, lorsque la couche est très mince, se sèche très promptement par l'action de l'air, celle-ci qui est d'une finesse extrême, durcit

après deux ou trois ondulations, forme en quelque sorte des ondes gelées sur le mercure, qui conservent la propriété de nous livrer ces belles couleurs.

*Mr. de G.* Mais pourquoi ces couleurs ne durent-elles qu'une heure ou deux ?

*Mde. de L.* Cela me fait aussi de la peine, qu'un si joli phénomène soit de si courte durée.

*Mr. de P.* Existe-t-il, Madame, une beauté physique qui ne soit passagère ? Il n'y a que celles du cœur et de l'esprit qui ne le soient pas. C'est l'air qui, comme vous avez vu, a donné la durée de deux heures à ces couleurs, c'est l'air lui-même qui la leur ôte ; car son action, continuée sur l'huile de lin, lui enlève sa transparence, qui est une condition essentielle du phénomène de ces couleurs.

L'attraction des molécules des liquides, l'adhésion, a lieu non seulement d'un liquide à un autre, mais aussi des liquides aux solides. Nous en avons la preuve dans les expériences précédentes. La petite plaque de verre d'un pouce carré, suspendue au fléau de la balance, a enlevé à la masse d'eau qu'elle touchoit une couche de ce liquide, ce qui prouve que l'eau s'attache au verre plus fortement qu'à l'eau, sans quoi la couche enlevée seroit restée réunie à la masse. Au reste tous les corps ne font pas cet effet, mais plusieurs se séparent de la surface de l'eau, sans lui rien enlever. On dit des corps de la première espèce que l'eau les mouille. L'eau mouille le verre, les pierres, le bois, le papier, les os, la chair, la plume à écrire, quand elle n'est pas enduite de graisse, les métaux rouillés &c. mais non les métaux bien polis, le suif, les graisses de toute espèce, la cire,

la résine &c. Le mercure mouille tous les métaux, à l'exception du fer, et les huiles mouillent tous les corps solides sans exception.

*Le jeune de L.* Les huiles mouillent-elles l'eau ?

*Mde. de L.* Quelle question ! comment peut-on mouiller l'eau ?

*Mr. de P.* Permettez moi, Madame, de donner raison à Monsieur votre fils contre vous. Les huiles mouillent réellement l'eau ; car l'eau arrache à une nappe d'huile une couche d'huile. Mais l'eau ne mouille pas l'huile, parce que l'huile n'arrache pas à une nappe d'eau une couche d'eau.

*Mde. de L.* C'est bien singulier !

*Mr. de P.* Par ce que nous ne sommes pas encore accoutumés à ces idées et que nous regardons l'eau seule comme substance mouillante et les solides comme les seuls corps mouillables, quoique plusieurs d'entre eux ne le soient pas par l'eau.

*Le Comte C.* Observe-t-on une adhésion entre les solides et les liquides qui ne les mouillent pas ?

*Mr. de P.* Assurément. Le suif et l'eau exercent une attraction mutuelle de 50 grains par pouce carré, le verre et le mercure une de 220 grains.

*Mde. de L.* Je vois que dans toutes ces expériences le mercure nous fournit toujours les plus grands nombres. D'où cela peut-il venir ?

*Mr. de P.* De ce que, à raison de sa densité, il offre, à même surface, beaucoup plus de points de contact que les autres liquides, par ex. treize fois et demie plus que l'eau. Mais gardons nous de conclure de là que le mercure soit moins fluide que l'eau ; car si nous divi-

sions le nombre de grains 497, qui exprime le degré d'adhésion de ses molécules entre elles, par  $13\frac{1}{2}$ , le quotient sera 36 grains, nombre bien plus petit que 55, qui exprime l'adhésion des molécules de l'eau entre elles ; ce qui prouve que le mercure est réellement plus liquide que l'eau.

*Le jeune de L.* Il y a donc des degrés de liquidité ?

*Mr. de P.* Assurément. Le syrop par ex. est moins liquide que l'eau, l'eau moins que l'esprit de vin, et même l'eau froide moins que l'eau chaude. Le mercure est probablement de tous les liquides le plus fluide ; et cependant on peut en porter une petite portion dans une bourse de crêpe.

*Mde. de L.* Comment est-il possible puisque le crêpe a tant de trous ? Vous voyez, Monsieur *de P.*, que je suis une écolière bien obéissante ; je n'appelle pas ces trous des pores.

*Mr. de P.* Cette obéissance, si obéissance y a, est d'autant plus flatteuse pour votre Professeur que vous le surprendrez peut-être lui-même à commettre la faute que vous évitez si bien, Madame ; tant il est vrai que l'habitude l'emporte souvent sur la réflexion. Au reste vous vous étonnerez encore davantage, lorsque j'aurai l'honneur de vous rappeler qu'on peut cependant faire passer du mercure par ces fins tubes presque imperceptibles dont le bois est composé, en sorte que le bois devient pour le mercure un vrai filtre, dont je me sers souvent pour purger ce fluide des immondices dont il se charge ordinairement par un maniement fréquent.

*Mde. de L.* Expliquez nous cela.

*Mr. de P.* Pour que le mercure passe à travers un crible, comme le crêpe, il faut une pression qui surpasse l'adhésion des molécules du mercure entre elles, ce passage étant une séparation d'un certain nombre de ces molécules. Aussi lorsqu'on met dans le crêpe une trop grande portion de mercure, le liquide passe alors facilement et s'écoule. Pour opérer la passe du mercure au travers du bois dans l'expérience de notre pluie de mercure, on employe toute la pression de l'atmosphère en faisant le vide dans une cloche de verre, au haut de la quelle on a introduit le vase de bois qui contient le mercure; Alors ce fluide passe avec rapidité.

*Le Comte C.* Il me semble que l'adhésion du mercure à la matière du filtre ne doit pas être oubliée.

*Mr. de P.* Assurément pas; car elle facilite le passage en ce qu'elle agit en sens contraire de l'adhésion des molécules du mercure entre elles, et il n'est pas douteux qu'un tamis de plomb ou d'or ne laissât passer le mercure jusqu'à la dernière couche très mince, qui resteroit attachée à ce tamis.

A présent, Messieurs, je vais prendre la liberté de vous faire une question. Nous avons traité l'adhésion des liquides; que pensez-vous de l'adhésion des gas? Existe-t-elle ou non?

*Mr. de G.* Donnez nous quelques vues.

*Mr. de P.* Volontiers. Les molécules des gas coulent les unes sur les autres comme celle des liquides. Quand on fait agir un soufflet dans l'air, non seulement l'air chassé du soufflet est en mouvement, mais aussi l'air ambiant participe à ce mouvement jus-

qu'à une certaine distance du courant, comme il arrive lorsqu'un fleuve passe au travers d'un lac. Un vent qui souffle à angles droits par dessus la crête d'une montagne, s'incline sur le derrière de cette crête et balaye le vallon que la montagne semble devoir mettre à l'abri du vent: tous phénomènes qui indiquent une adhésion entre la surface du courant d'air et celle de l'air ambiant. D'un autre côté l'élasticité des gas, qui tend sans cesse à disséminer leurs molécules à l'infini, prouve plutôt une répulsion de molécule à molécule qu'une attraction. Vous voyez, Messieurs, que la question est épineuse.

*Mr. de R.* Je me déclare pour l'adhésion des gas, en vertu du principe de l'analogie; car les gas sont des fluides aussi bien que les liquides et doivent par conséquent participer des propriétés de ceux-ci. Vivent les lois générales!

*Mr. de G.* Je me déclare contre l'adhésion des gas, de même par le principe de l'analogie, par ce que les liquides ne sont proprement pas élastiques, leur élasticité apparente ne provenant que d'un gas qu'ils contiennent. Et si ces deux genres de fluides peuvent différer par une qualité aussi éminente que l'élasticité, pourquoi ne différaient-ils pas aussi par l'adhésion? Je trouve par conséquent très naturel que l'adhésion soit le partage exclusif des liquides et l'élasticité l'appanage exclusif des gas.

*Mr. de P.* Bravo! le noeud se serre toujours mieux. Votre opinion, Monsieur le Comte!

*Le Comte C.* Ma foi, il est difficile d'opiner; cha-

cun de ces deux Messieurs a l'air d'avoir à la fois tort et raison.

*Mr. de L.* Que dit l'expérience? C'est elle seule qui doit décider.

*Le Comte C.* Si je croyois ici l'expérience faisable, j'aurois d'abord émis mon appel à cette souveraine de la Physique. Mais le moyen de séparer une portion d'air de sa voisine? Au moindre effort celle-ci se dilate par son élasticité et suit opiniâtement la portion qu'on veut lui enlever, sans pour cela qu'on puisse dire que c'est en vertu de l'adhésion. Mais il me vient une idée qui nous donnera peut-être quelque lueur. J'ai observé souvent que, lorsqu'on apporte un verre d'eau très froide dans une chambre chaude, la chaleur dégage de cette eau des bulles d'air qui s'attachent au verre. Ces bulles si légères devraient monter à la surface de l'eau comme le font celles, qui se dégagent également de l'intérieur du verre d'eau. Or comme elles sont arrêtées par la surface du verre, nous devons en conclure qu'il existe une adhésion entre le verre et l'eau.

*Mr. de P.* Cette adhésion se manifeste entre tous les airs et tous les corps solides, et même des gas envers les liquides. Car si vous mettez, Monsieur le Comte, pour votre expérience, une portion de mercure également froid sous l'eau froide, la chaleur de la chambre fera sortir des bulles d'air du mercure qui resteront à sa surface par leur adhésion au mercure, adhésion qui témoigne par là beaucoup plus de force que leur adhésion à l'eau, et l'on peut démontrer par un calcul assés simple que l'adhésion de l'air qui quitte l'eau et s'attache au verre, équivaut à aumoins 9000 grains par pouce carré.

*Le Comte C.* Si donc les fluides élastiques témoignent de l'adhésion envers les solides et le mercure, c'est une analogie de plus pour croire que leurs propres molécules s'attirent mutuellement et que cette attraction n'est que surmontée par l'élasticité dans le phénomène de la dilatation de l'air sous la cloche de la pompe pneumatique.

*Mr. de P.* Votre expérience, Monsieur le Comte, contient bien davantage; elle peut servir de preuve pour l'adhésion en question. Vous aurez sûrement observé plusieurs de ces bulles d'air d'une demi ligne de diamètre, qui ne touchent le verre ou le mercure que par une bien petite partie de leur surface, tandis que le reste est entouré d'eau. Comme ce liquide ambiant tend à détacher la bulle d'air de la paroi du vase, par quelle raison ne se sépare-t-il pas un quart, une moitié, trois quarts et plus de cette bulle d'air de la petite portion qui touche le verre? Or comme cela n'a pas lieu, il faut qu'il existe entre les molécules de la bulle d'air une attraction qui fasse au moins équilibre à la pression de bas en haut que l'eau exerce sur elles.

*Mr. de L.* Je ne puis rien objecter à cette preuve, quoique j'en aie bien l'envie. Et cependant ma conviction n'est pas encore complète. N'existe-il point d'autres preuves?

*Mr. de P.* Mon fils, alors encore étudiant, nous en a fourni une d'un genre tout différent. Voici son idée: Si les gas ont la propriété en question, les uns l'auront à de moindres degrés que les autres, et s'il

est possible d'observer une différence, cette différence fera preuve, aussi bien que la quantité absolue, si nous la connoissons. Cette différence, si elle a lieu, doit se manifester dans l'écoulement des gas. Si donc on fait écouler des gas d'espèces différentes successivement par le même orifice et au moyen d'une pression égale, les portions écoulées dans des tems égaux seront égales ou inégales. Si elles sont égales, l'expérience ne prouve rien; car alors il est possible que les gas aient des adhésions égales ou qu'ils n'en aient pas du tout. Si au contraire les portions écoulées dans des tems égaux sont inégales, alors l'expérience prouve que différens gas ont des adhésions inégales et parconséquent que l'adhésion des gas existe.

*Mr. de L.* Je crois, qu'alors l'expérience ne prouvera que l'adhésion des gas vers la matière de l'orifice de l'écoulement, et non l'adhésion des molécules des gas entre elles.

*Mr. de P.* Pardon, mon Général; elle prouvera cette dernière adhésion; car, la première étant déjà bien décidément prouvée, il est clair qu'il s'attachera une couche du gas à la surface intérieure de l'orifice de l'écoulement qui y sera retenue avec une certaine force, et formera parconséquent une enveloppe intérieure de gas, dans la quelle le reste du gas coulera; et la résistance, que l'adhésion exercera, sera celle des molécules du gas vers les molécules de l'enveloppe gaseuse, à moins que cette adhésion ne soit plus forte que l'adhésion du gas et de la matière de l'orifice.

*Le Comte C.* Cela est juste.

*Mr. de P.* Mon fils a fait et répété plusieurs fois

cette expérience avec l'air atmosphérique et avec le gas inflammable (hydrogène) au moyen d'un nouveau gazomètre de son invention, et a trouvé une inégalité notable dans les résultats. En outre il a fait une autre suite d'expériences avec le gas atmosphérique sous des pressions et densités inégales, et a trouvé des degrés inégaux d'adhésion qui sont dans le rapport des densités.

J'ose croire que ces nouvelles preuves, si différentes de la première, ne laissent plus de doute sur l'adhésion réciproque des molécules des gas, et que nous pouvons par conséquent admettre que l'adhésion est une propriété commune à tous les corps, solides, liquides ou gazeux.

---

## SIXIÈME ENTRETEN.

**Mr. de P.** Nous parlerons aujourd'hui de *l'Affinité*.

**Mr. de L.** Ah! Ah! De la sorcière qui métamorphose tout. J'espère que vous n'en ferez pas une Circe qui nous change en animaux.

**Mr. de P.** Peut-être; car je dois vous prévenir que souvent nous nous trouverons bien bêtes à l'aspect de ses prodiges.

**Mr. de L.** Je m'enfuirai comme Ulysse.

**Mr. de P.** Vous faites le compte sans l'hôte, Général! Croyez-vous que je vous avertirai, lorsqu'il sera tems de fuir? Pour vous aguerrir à la transfiguration qui nous attend tous, je vais commencer par vous parler de deux choses sans vous les définir.

Nous avons deux suites de substances, les *acides* et les *alkalis*, qui jouent un grand rôle dans la Chimie et au moyen des quelles nous nous formerons facilement une idée juste des phénomènes de l'affinité. Ces deux substances ont un caractère tout-à-fait opposé, et ce qu'elles ont de commun, c'est qu'elles se témoignent beaucoup d'amitié pour se dévorer mutuellement.

**Mr. de L.** Est-ce des femmes que vous parlez?

**Mr. de R.** Général!

*Mr. de P.* Les alcalis et les acides sont du genre masculins, tous deux mordants et méchants.

*Mr. de L.* Ah! je vous comprends. Ce sont mes portraits.

*Mr. de P.* A peu-près, et pour vous consoler j'ajoute d'abord que c'est de la réunion des acides et des alcalis que naissent les sels dont le nom est devenu l'expression de ce que le bon goût et l'esprit ont de plus piquant. — Mais laissez moi entrer en matière.

La teinture bleue de tournesol devient rouge dès qu'on lui mêle la plus petite quantité d'un acide quelconque. Si ensuite on y verse de l'alkali, elle redevient bleue. La teinture jaune d'orseille devient brune, dès qu'on y verse une petite portion d'alkali, et elle reprend son jaune clair lorsqu'on y verse quelques gouttes d'acide. Plusieurs teintures bleues du règne végétal deviennent vertes lorsqu'on y mêle un alkali et redeviennent bleues lorsqu'on y verse de l'acide. Quelques teintures rouges végétales, telles que celle de chou rouge et de bois de fernambouc deviennent violettes par les alkalis et d'un rouge pâle par les acides. Ces transformations de couleurs se font subitement et servent à indiquer les moindres portions d'acides ou d'alkalis qui se trouvent dans un mélange et qu'on ne découvreroit pas d'une autre manière. On étend de ces teintures sur du papier qu'on découpe ensuite en petites bandes qu'on trempe dans les liqueurs qu'on veut examiner à cet égard. De pareilles substances, qui servent à en découvrir d'autres masquées dans des liquides, s'appellent *réagents*. Nous en apprendrons à connoître beaucoup d'autres pour d'autres substances.

Voilà donc deux genres de substances, les acides et les alkalis, doués chacun d'une qualité opposée à celles de l'autre; car l'un détruit ce que l'autre a fait. Voyons à présent ce qui arrivera, quand nous les mêlerons ensemble, et versons d'abord goutte à goutte de l'acide dans un alkali. On observera au moyen du papier jaune que l'alkali perd peu à peu sa force de brunir ce papier et qu'ensuite le mélange commence à rougir le papier bleu. Versons à présent de la même manière de l'alkali dans de l'acide, et nous verrons que l'acide perd petit à petit sa force de rougir le papier bleu, et que le mélange commence enfin à brunir le papier jaune. Avant ce passage d'une qualité à son opposée chacun de ces deux mélanges se trouve n'avoir aucune de ces deux qualités, c'est-à-dire n'être capable de changer ni le papier bleu ni le papier jaune ni aucune des autres couleurs que les acides ou les alkalis seuls changent si facilement. Les deux amis se sont tués mutuellement, et le Chimiste, qui ne veut pas paroître cruel dans ses travaux, appelle cela se *neutraliser*.

*Mde. de L.* Je vois, Monsieur *de P.*, dans tout cela beaucoup de haine atroce entre les acides et les alkalis, mais pas un brin d'amitié.

*Mr. de P.* Elle a lieu cependant; l'acide recherche l'alkali et l'alkali l'acide, et cette amitié même est très chaude. Car si on mêle subitement ces deux substances en portions assez considérables, le mélange s'échauffe, bouillonne même; et cette amitié est si fortement prononcée, la réunion est si intime, que c'est en vain qu'on employe le fer et le feu pour les séparer.

*Mde. de L.* Vous parlez d'union, et moi je ne vois plus ni alkali ni acide; cette liqueur neutralisée n'est rien que de l'eau, puisqu'elle n'opère plus rien. Que sont devenus ces deux amis si chauds qui s'étranglent en s'embrassant?

*Mr. de P.* Ils sont dans le mélange, qui prend le nom de *sel*, se forme au moment de la jonction et paroît sur le champ si l'alkali et l'acide n'ont pas été mêlés auparavant avec beaucoup d'eau, mais qui ne paroît pas lorsque le mélange a assez d'eau pour le dissoudre. En ce cas-ci on force le sel de paroître en faisant évaporer l'eau.

*Mde. de L.* Ce sel, que vous composez ainsi, ressemble-t-il à notre sel commun?

*Mr. de P.* Oui, Madame; mais chaque sel diffère de tous les autres par le goût, par différentes qualités et par l'espèce de cristallisation. On peut aussi faire notre sel commun au moyen d'un acide et d'un alkali. La forme de ses cristaux est le cube ou le dé à jouer. D'autres sels ont la forme de prismes ou de bâtons angulaires à trois, quatre, cinq, six pans et plus; d'autres ont la forme de pyramides à trois et quatre côtés; d'autres sont comme deux de ces pyramides jointes par leurs bases; d'autres sont longs et minces comme les plus fines aiguilles à coudre, mais toujours angulaires, jamais ronds; d'autres prennent des figures de plumes, si délicatement travaillées qu'on n'en peut voir toute la beauté qu'à l'aide du microscope.

*Mr. de R.* Ces acides et ces alkalis, qui changent les couleurs à l'instant, qui s'unissent avec chaleur et se détruisent avec animosité pour se former subitement

en cristaux de tant de figures diverses, semblent agir par une force magique!

*Mr. de P.* En effet, et nous verrons à la suite que les métaux et les terres, et d'autres substances encore, produisent des phénomènes semblables, sans que nous connoissions autre chose que les effets; les causes nous ignorons complètement.

Mais passons à d'autres phénomènes aussi importants, quoique moins surprenans.

Versez de l'acide dans de l'eau. Le mélange aura les qualités de l'acide, mais à un degré inférieur à celui de l'acide pur. Versez de l'alkali dans de l'eau, et le mélange aura les qualités de l'alkali également à moindre force. Il en est de même des sels (de ceux qui se résolvent dans l'eau, car cela n'arrive pas à tous) du sucre, de la gomme, de l'esprit de vin. Vous aurez toujours un mélange qui participera des qualités de la substance que vous avez mêlée à l'eau.

*Mde. de L.* Y a-t-il ici aussi de l'amitié?

*Mr. de P.* Assurément, et c'est de la vraie amitié; car les deux substances ne se tuent pas réciproquement; elles s'unissent fortement, les unes en déployant beaucoup de chaleur comme les acides, les alkalis et l'esprit de vin avec l'eau, d'autres tels que les sels et l'eau en produisant du froid, et d'autres enfin, comme le sucre et les gommés, sans produire ni froid ni chaud.

*Mde. de L.* Ces amitiés sont-elles durables?

*Mr. de P.* Oui et non. D'elles-mêmes elles ne cessent jamais, mais elles ne résistent pas au feu de l'adversité. Lorsqu'on échauffe ces mélanges, l'eau s'évapore et quitte la substance à la quelle elle s'étoit liée.

*Mr. de L.* Ces amis là se retrouvent partout ; nous les avons à la cour et à la ville, dans les emplois et dans la littérature.

*Mr. de G.* Quel bonheur que le Général ne les trouve pas chez les femmes !

*Mr. de L.* Fi donc, Monsieur G. ! Qui voudroit dire des choses si connues ?

*Mr. de R.* Quelle atroce méchanceté ! Son silence même est une injure ! Vous mériteriez, Général ! que les Dames . . . . .

*Mr. de L.* Me prêtassent votre éloquence pour chanter leurs louanges. Ce seroit assurément la plus terrible pénitence qu'elles pussent m'imposer.

*Mr. de R.* Je n'y tiens plus. C'est du blasphème ! Réunissons nous, Messieurs, contre cet ennemi de la plus belle moitié du genre humain.

*Mde. de L.* Parlez nous, Monsieur *de P.* de l'affinité.

*Mr. de P.* Tous les phénomènes dont nous avons parlé, se rangent en deux classes et nous offrent deux genres d'affinité. Je considérerai d'abord l'affinité de l'eau avec les sels, les acides, les alkalis, le sucre &c. de l'esprit de vin avec les résines et avec l'eau, du mercure avec la plupart des métaux, de l'eau avec les airs ou gas &c. et je la nommerai *l'affinite physique*. C'est celle où les substances du mélange se communiquent leurs qualités principales ou caractéristiques, celle où rien n'est détruit et qui ne produit rien de nouveau. L'autre affinité, plus compliquée dans ses effets, plus mystérieuse dans ses causes, celle des acides avec les alkalis, les terres, les métaux &c. des acides ou des al-

kalis avec les teintures végétales &c., qui fait évanouir les qualités caractéristiques des substances mêlées et en produit d'autres, je la nommerai *l'affinité chimique*.

Ces deux genres d'affinité sont souvent réunis dans le même mélange. Versez par ex. quelques gouttes d'acide dans beaucoup d'alkali et d'eau; le mélange aura encore la propriété alkaline et l'acide a disparu. Cette petite portion d'acide s'est neutralisée, en vertu de l'affinité chimique, avec une quantité proportionnée d'alkali pour former un sel qui se trouve en solution dans le reste du liquide, en vertu de l'affinité physique. De même versez quelques gouttes d'alkali dans beaucoup d'acide; le mélange conservera encore la propriété acide. L'alkali a formé, en vertu de l'affinité chimique, un sel en se réunissant à une quantité proportionnée d'acide, et ce sel est tenu en solution dans le reste du liquide par l'affinité physique.

Cela vous paroîtra peut-être compliqué, Madame. Mais la chose est telle et vous paroîtra encore bien plus difficile à débrouiller, lorsque j'aurai l'honneur de vous dire que les affinités n'ont pas lieu pour toutes les substances de deux à deux, que par ex. tous les acides ne se combinent pas avec tous les métaux (l'or et la platine n'ont d'affinité que pour un seul acide qui porte le nom scientifiquement barbare: acide muriatique oxigéné ou selon d'autres le nom élégant: Chlorine. De même les terres n'ont pas toutes de l'affinité avec tous les acides; la silice par ex. n'en a que pour l'acide fluorique et quand elle est réunie à un alkali et forme notre verre, avec l'acide phosphorique. Les résines ne se résolvent pas dans l'eau, mais dans l'esprit de vin, dans l'é-

ther et dans les huiles, tandis que tous les alkalis ont de l'affinité avec tous les acides.

*Mde. de L.* Il faut beaucoup de mémoire pour retenir tout cela.

*Mr. de P.* Assurément. Aussi voulons-nous nous en tenir aux aperçus généraux et ne nommer à part de toutes ces substances que celles dont nous aurons besoin; car nous avons une quarantaine d'acides différens, à présent huit alkalis, sept à huit espèces de terres, une trentaine de métaux. Ajoutez à cela le soufre, le charbon, le phosphore, le diamant, les substances végétales et animales, composées elles mêmes de trois ou quatre substances simples, et tant de liquides et de gas; et vous concevrez que nous devons quelque reconnoissance aux Chimistes qui ont débrouillé ce cahos et fourni des règles sûres pour l'examen de tant de phénomènes variés et compliqués.

*Mr. de R.* L'imagination se fatigue à concevoir cette énorme variété de substances, agissantes les unes sur les autres par une double affinité.

*Mr. de P.* Ajoutez à cela le travail du Physicien, qui prouve que l'air atmosphérique, par sa pression et ses qualités chimiques, que la chaleur, que la lumière, que l'électricité, se mêlent en sus au jeu des affinités comme pour le rendre encore plus difficile à concevoir.

*Mde. de L.* C'est un mauvais rôle dont vous vous chargez là, Monsieur le Physicien. Pourquoi augmenter encore le nombre des difficultés dont l'aperçu seul me fait déjà trembler pour ma pauvre tête.

*Mr. de P.* C'est la Nature qui nous impose ce rôle, qui nous tourmente les premiers. Car nous sommes souvent à bout de notre science, lorsqu'il s'agit d'expliquer les effets de la combinaison de trois ou quatre substances. Que doit-on croire parcontre de ces Médecins qui nous donnent à la fois dans une seule et même mixture une douzaine de drogues dont chacune est souvent composée de trois ou quatre autres? Comment peuvent-ils s'imaginer connoître l'effet compliqué de tant de substances sur le corps humain, l'appareil chimique et physique le plus compliqué que la Nature ait formé, dans lequel, sans nos drogues, il se trouve une trentaine de substances toutes soumises au jeu des affinités, à l'influence de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, de l'action de l'air et en sus encore à l'empire de l'ame et de nos passions?

*Mr. de V.* Si j'étois Médecin je répondrois que la Médecine n'entreprend pas d'expliquer ce qu'elle opère, mais qu'elle n'agit que sur la foi des expériences routinières qu'elle fait chaque jour sur les malades.

*Mde. de K.* Grand merci, Monsieur *de V.*, pour ces expériences routinières de mon Médecin aux quelles vous me livrez avec tant de sang froid.

*Mr. de V.* Aussi, je frissonne, Madame, à chaque médecine que vous prenez; mais vous ne m'éconteriez pas, si je vous donnois l'avis de ne voir votre Médecin que comme un bon diable qui tient son petit coin dans la société, et non comme l'arbitre de vos jours.

*Mde. de L.* Pourquoi m'oter la foi à mon Médecin? Avec le peu de santé que j'ai je ne puis m'en passer.

*Mr. de P.* De la foi? ou du Médecin? — Mais, badinage à part, et ne donnons pas dans les extrêmes. Assurément le Médecin est souvent fort utile; mais permettez moi aussi, Madame, de vous observer que vous abusez un peu du droit de le mettre en réquisition.

*Mr. de L.* Vous voulez, Monsieur le Professeur, que nous croyons que les Médecins soient utiles et qu'en même tems ils ne sachent pas ce qu'ils font.

*Mr. de P.* Oui, Monsieur le Philosophe, et je forcerai votre croyance par l'exemple le plus fameux que l'histoire nous offre. Les Juifs, qui ont crucifié notre Seigneur, ont été très utiles au genre humain; car sans cela point de salut pour la race d'Adam; et cependant vous êtes bien persuadé qu'ils ne savoient ce qu'ils faisoient.

*Mde. de L.* Monsieur *de P.*, vous devenez aussi méchant que mon mari.

*Mr. de P.* Je n'ose aspirer à cet honneur là et surtout pas en ce moment. Je rends certainement justice aux Médecins; ils savent et font beaucoup de choses infiniment utiles. Leur tort est qu'ils se font à croire et veulent nous persuader que leur art soit une science. Il ne le sera que lorsqu'il cherchera des fondemens solides dans la Physique et la Chimie, que beaucoup d'entre eux voudroient bannir de notre organisation, et dont les systèmes ne sont qu'une

orgueilleuse Mystique qui a fini par nous jeter dans les égaremens du magnétisme animal. On imagine dans ces systèmes que la Nature suit dans l'organisme des lois non seulement différentes, mais même opposées à ses lois générales, uniquement pour la vanité d'expliquèr ce qui est encore inexplicable. On ferme les yeux sur cent phénomènes de la respiration, de la transpiration, de la nutrition, des sécrétions, de la chaleur animale &c., et même de la Mécanique pure et simple, qui attestent hautement l'identité de ces lois dans la matière organisée et vivante et dans la matière non organisée ou morte.

*Mr. de G.* Vous voilà, mon ami, en guerre avec tous les Médecins.

*Mr. de P.* Pas avec tous. Les idées que je viens d'énoncer sont entre autres la profession de foi du premier Médecin de nos jours, du célèbre Frank, qui, comme moi, ne trouve de salut pour la Médecine que dans la Physique et la Chimie; à proprement parler, je ne suis en guerre qu'avec les petits Médecins — Mais terminons cette digression.

Nous parlions de la complication des phénomènes des affinités. Permettez moi de vous en donner quelques exemples des plus simples, pris des cas où l'on veut séparer deux substances réunies au moyen d'une troisième, qu'on combine avec l'une des deux autres.

*Mr. de V* Sera-ce encore, Monsieur, une justification de la Politique?

*Mr. de P.* Ah! je vois, mon vénérable ami, que vous savez mieux pardonner qu'oublier.

Prenez une dissolution de cuivre dans l'acide sulfurique et plongez y une lame de fer. Au bout de peu de minutes vous verrez le fer se garnir de petits brillants de couleur de cuivre, qui enfin couvrent entièrement la lame de fer. Cette couche rouge est du vrai cuivre et le phénomène s'explique de la manière suivante : L'acide, lié auparavant au cuivre, a plus d'affinité avec le fer qu'avec le cuivre ; il quitte donc le cuivre pour se combiner avec le fer et dépose le cuivre à la surface de la lame, c. à. d. à l'endroit où il l'a quitté.

Faites une dissolution de plomb dans de l'acide acétique (du vinaigre) et délayez la dans trois ou quatre fois autant d'eau. Fixez ensuite à un bouchon de liège un cylindre mince de Zink, et placez ce bouchon sur la bouteille qui contient la dissolution de plomb, ensorte que le bâton de Zink y plonge. Le Zink, qui a plus d'affinité pour l'acide acétique que le plomb, s'empare de l'acide si rapidement que l'on voit le Zink se noircir à l'instant où il entre dans la liqueur. Petit-à-petit il se dépose à la surface du Zink une espèce de mousse de couleur gris-foncé qui n'est autre chose que du plomb dont les particules sont si fines et si légèrement posées les unes sur les autres qu'on n'en aperçoit pas d'abord le brillant. Bientôt après il se forme de petites feuilles qui grandissent peu à peu, et gagnent souvent une longueur de plus de 3 pouces. Elles sont toujours du plus parfait luisant, découpées de mille manières et quelques fois entrelacées de rameaux infiniment délicats. Le tout a assez l'air d'un arbre renversé dont le Zink est le

tronc ; de là le nom d'arbre de Saturne donné à cette espèce charmante d'arbuste métallique. La liqueur qui pendant cette opération surprenante n'a rien perdu de sa transparence primitive, contient à présent une combinaison du Zink avec l'acide.

L'argent dissout dans l'acide nitrique se précipite d'une manière semblable, mais moins étendue, au moyen d'un peu de mercure, qui s'empare de l'acide et dépose l'argent en un ou de plusieurs faisceaux d'aiguilles innombrables, entrelacées ou recouvertes de petites feuilles d'une délicatesse admirable. Cette production de l'art chimique se nomme l'arbre de Diane.

Plusieurs métaux, mais pas tous, sont susceptibles de métamorphoses semblables qu'on appelle *végétations métalliques*. La Nature nous offre très souvent des végétations d'or que l'art ne sait pas encore imiter. Ce procès chimique semble tenir le milieu entre les précipitations ordinaires en poudre qui n'ont point encore offert de figure précise, et les cristaux.

*Mr. de G.* Retrouve-t-on dans le liquide le métal qui a opéré ces végétations métalliques?

*Mr. de P.* Les alkalis nous les indiquent toujours, parce qu'ils ont plus d'affinité avec les acides que les métaux ; mais ces nouvelles précipitations ont un tout autre caractère ; c'est une poudre infiniment fine qui n'est pas même du métal pur. A la suite nous apprendrons à connoître cette substance. La Nature nous offre d'elle-même, dans le procès de l'arbre de Saturne, le zink ainsi masqué dans le liquide, lorsqu'on ferme l'orifice de la petite bouteille dès le commencement de l'expérience avec une vessie mouillée. Ce liquide

quide, résidu de l'opération, et pressé par un gas qui se dégage dans l'intérieur de la bouteille, suinte petit à petit en gouttes limpides au travers de la vessie et dépose par l'évaporation naturelle une matière blanche extrêmement cassante, ordinairement sous la forme d'une nouvelle végétation bien différente de la première, et qui a quelques rapports avec le corail. Les branches sont souvent d'une extrême finesse, et ce qui caractérise cette nouvelle végétation comme différente des autres, c'est que tous ces rameaux, les plus fins comme les plus gros, sont vides, sont de vrais tuyaux.

*Le Comte C.* J'ai vu plusieurs végétations métalliques mais pas celle-ci, qui d'après votre description a assés l'air d'être le degré le plus inférieur de la vraie végétation. En effet ce phénomène ne nous offre pas seulement un système de tubes nourriciers, dont plusieurs sont capillaires, mais aussi une nourriture qui vient de l'intérieur, mise en mouvement par l'action réciproque d'un gas et d'un liquide, et qui passe au travers d'une membrane. Le phénomène ressemble tout-à-fait à une vraie sécrétion, tandis que les végétations métalliques ordinaires ne sont que des accroissemens qui viennent de l'extérieur.

*Mr. de P.* Je vous suis infiniment obligé, Monsieur le Comte, de cet excellent commentaire sur mon phénomène.

Considérons à présent toutes ces précipitations sous un point de vue général et commun à toutes. Dans la formation des sels par l'acide et l'alkali, ces deux substances existoient auparavant sous la forme de

liquides. Par leur réunion elles ont pris la forme de cristaux solides. Au contraire les sels, le sucre, les gommes passent par leur solution dans l'eau de l'état de solides à celui de liquides, les résines de même par leur solution dans l'esprit de vin, les métaux par leur solution dans le mercure. De plus les métaux dissouts dans les acides ne formoient avec les acides eux-mêmes qu'un seul et même liquide; un autre métal ou un alkali les précipite, plus ou moins subitement, sous la forme de solides.

Ce passage d'une forme à une autre, qu'éprouvent les substances chimiques par leurs affinités, se nomme *changement de forme*. Ce changement s'étend à toutes les formes. Permettez moi de vous en citer quelques exemples, ce sujet étant de la plus grande importance.

Mêlez une livre de plâtre en poudre avec une demie livre d'eau; il en résultera une bouillie qui dans quelques minutes a déjà quelque consistance et au bout d'une heure ou deux la dureté de la craie; et cette dure consistance n'est pas l'effet de l'évaporation de l'eau comme dans les colles, les gommes et la terre du potier. Car, lorsqu'on pèse la masse entière, on trouve son poids égal au poids du plâtre et de l'eau qu'on a employés. Les gisseurs et les sculpteurs en plâtre employent autant d'eau que de plâtre, et il s'en évapore très peu; presque le tout prend la consistance que vous voyez, Madame, aux parois de vos appartemens et devient parfaitement solide.

*Mde. de L.* Ainsi dans le plâtre de ces parois, qui sont surement bien sèches, il y a encore à présent pres-

que autant d'eau que de plâtre? Je n'aurois pas imaginé cela.

*Mr. de P.* Prenez une bouteille et emplissez la d'un gas, qu'on nomme gas acide carbonique, et mettez la, l'orifice ouvert et en bas, dans un petit sceau plein d'eau. Au bout de 24 heures le gas a disparu, la bouteille s'est emplie d'eau et cette eau contient le gas qui auparavant remplissoit la bouteille.

*Mde. de L.* Comment sait-on si ce gas se trouve dans l'eau?

*Mr. de P.* D'abord il n'a pas pu s'échapper comme l'air commun s'échappe quand on remplit la bouteille d'eau, parce que l'orifice étoit tourné en bas. En second lieu on peut l'en faire sortir au moyen de la pompe pneumatique ou bien en échauffant cette eau. Enfin le gout et le papier bleu indiquent sa présence; car ce gas est un vrai acide, le principal ingrédient dont la Nature a imprégné les eaux minérales telles que celles de Pymont, de Selters, de Spaa &c.

*Mr. de G.* C'est donc ainsi qu'on falsifie les eaux minérales.

*Mr. de P.* Ce n'est pas une falsification et je crois que mainte imitation des eaux minérales est plus saine que son original. On a analysé toutes ces eaux naturelles; on en connoit les ingrédient qui sont, outre l'acide carbonique, des sels solubles dans l'eau ordinaire. L'art peut les construire et même leur donner plus de vertu, en forçant l'eau, par certains procédés mécaniques, de se saturer de plus d'acide carbonique que n'en ont les vraies eaux minérales.

*Mde. de L.* Mais j'ai ouï dire des Médecins que

ces eaux artificielles ne font pas le même effet que les eaux naturelles.

*Mr. de P.* Parceque les Médecins veulent toujours de la Magie dans leur art, dans tout ce qu'ils disent et font. Ce seroit, selon eux, ravalier la Médecine que de douter que la Nature ne se soit réservé un grand secret dans la composition de ces eaux que nous avons trouvées salutaires. Ils veulent bonnement nous faire croire que quelques rochers calcaires imprégnés de quelques sels, ou bien un volcan, grand ou petit, connu ou recélé sous terre, se soucient beaucoup de notre santé. Et si vous m'objectez, Madame, que c'est la Providence qui s'en soucie et qui a produit ces fabricateurs naturels des eaux minérales, j'aurai l'honneur de vous observer que la Providence a bien aussi le droit de se servir de notre entendement et de nos connoissances en Chimie pour le même but, puis qu'Elle se sert des connoissances des Médecins pour nous guérir ou nous tuer. Combien d'autres drogues ne fabrique-t-on pas, dont on n'emprunte de la Nature que les matériaux!

*Mde. de L.* Mais j'en reviens toujours à ce que j'ai dit, que ces eaux artificielles ne font pas le même effet que les naturelles, surtout bues à leur source.

*Mr. de P.* Pour ce dernier point, je vous l'accorde, Madame, volontiers. Car le plus célèbre fabricant de ces eaux, Mr. Paul de Genève, n'a pas encore trouvé l'art de fixer dans les cruches de ses eaux les plaisirs du voyage, les avantages du changement d'air, les agrémens d'un beau paysage, les jouissances libres d'une société qui offre cent nouvelles connoissances et

un tableau mouvant plus piquant que tout ce qu'on voit ailleurs, enfin le *dolce farniente*, au quel on se livre pendant la cure. Voilà, si j'ose dire mon avis, les principaux avantages des voyages aux eaux minérales; tous les autres, la Chimie les offre avec le même succès que les rochers et les volcans, qui sont eux-mêmes des produits de la Physique et de la Chimie. — Mais retournons à nos exemples.

Si on fait l'expérience de la bouteille avec l'alkali volatil (Ammoniaque) qui est un gas aussi bien que notre air atmosphérique, elle se consomme sur le champ; car si on présente seulement l'orifice de la bouteille pleine de ce gas au contact de l'eau, l'eau monte dans la bouteille avec une espèce d'emportement qui fait disparoitre le gas sur le champ s'il est bien pur. Voilà donc deux gas qui deviennent liquides.

Prenons le même alkali volatil et mettons le en contact avec l'acide muriatique, qui est également un gas quand on ne l'a pas encore combiné avec de l'eau. Ces deux gas se précipitent l'un sur l'autre et se changent comme les autres alkalis et acides, en un sel concret en forme d'une poudre du plus beau blanc. Ainsi voilà des gas qui se changent immédiatement en solides.

Prenons de l'acide sulphurique délayé d'eau et versons le sur de la limaille de fer. Il s'établit sur le champ une effervescence considérable, qui dégage une grande quantité de gas, qui n'est autre chose que du gas inflammable.

Versez de l'acide nitrique sur du fer ou du cuivre,

il se dégagera également beaucoup de gas, mais d'une touté autre nature.

Le premier de ces deux derniers gas est dégagé de la substance de l'eau et l'autre de la substance de l'acide. Ce n'étoient pas des gas absorbés par les fluides employés, mais vraiment des parties constituantes, l'un de l'eau et l'autre de l'acide. Voilà donc des liquides qui se dissolvent et passent en partie à l'état de fluides élastiques, tandis que les autres parties constituanes de ces liquides se réunissent au métal sous la forme de solides cristallisés.

*Mr. de R.* Ce sont réellement des prodiges!

*Mr. de P.* La Nature nous en offre bien d'autres encore. Ce que ceux-ci nous présentent d'important pour le moment, c'est le changement de forme, qui est notre seul moyen de séparer réellement les substances et parconséquent les analyser. Sans lui nous ne saurions pas si un corps quelconque est simple ou composé, nous ne connoîtrions les parties constituantes d'aucun corps, nous n'aurions pas de Chimie.

Entrons à présent un peu dans le détail de ces opérations surprenantes; tâchons de soulever un petit coin du voile que la Nature a jetté sur le mécanisme de l'affinité.

*Mde. de L.* Je crains, mon bon Monsieur *de P.*, que un pauvre tête n'y suffise pas pour aujourd'hui. Vous l'avez remplie de tant d'acides, d'alkalis, de sels, de métaux, de cristaux, de liquides, de gas et de changemens de forme, qu'elle a besoin de repos pour pouvoir vous suivre plus loin.

*Mr. de P.* Volontiers, Madame. A demain les choses sérieuses! Rions le reste de la soirée. J'espère qu'il n'y a pas d'Epaminondas qui guette le moment de nous massacrer cette nuit avant que nous ayons terminé notre entretien sur l'affinité.

---

## SEPTIÈME ENTRETEN.

**Mr. de R.** Vous nous avez promis hier, *Mr. de P.* de lever le voile qui couvre le mécanisme mystérieux de l'affinité. Je modère à peine mon impatience.

*Mr. de P.* Tant pis, Monsieur *de R.*, car je ne vous ai fait espérer que de soulever un très petit coin de ce voile immense, et même pour ce peu nous n'irons pas vite en besogne.

Autre fois, et même dans ces derniers tems, les Chimistes et les Physiciens ne considéroient le procès chimique que dans ses résultats. On mêloit tumultuairement les substances, sans se soucier de ce qui se passe pendant que le mélange s'opère; on se contentoit d'apprendre quelle nouvelle substance en résulte et dans quels rapports de quantité et de qualité elle se trouve avec les substances dont elle est provenue. J'ai voulu savoir ce qui se passe pendant l'opération même, pour me faire une idée juste de l'acte du mélange, du procès chimique. J'ai d'abord senti qu'il falloit éviter toutes les opérations tumultueuses et forcer la Nature à agir avec lenteur, pour pouvoir l'épier avec quelque succès.

*Mr. de G.* Je crois, mon cher ami, que dans

l'exécution de ce beau projet vous vous êtes fait à vous-même bien plus de violence qu'à la Nature. Qu'à dit votre vivacité à cette marche lente que vous lui avez imposée?

*Mr. de P.* Elle en a gémi, mais elle a obéi, espérant trouver par ce sacrifice le germe de plusieurs découvertes.

Il falloit d'abord un appareil propre à mettre en contact deux liquides l'un sur l'autre sans aucun bouleversement, et cet appareil est assés simple pour que je puisse le décrire aisément. Imaginez un verre cylindrique au fond du quel est adapté un tube étroit, recourbé vers le haut et terminé par un entonnoir muni d'un robinet. Permettez moi de vous le crayonner. ABDE (fig. 5) est le vase cylindrique, FGHI le tuyau étroit, K le robinet, L l'entonnoir.

On verse d'abord quelques gouttes de la plus pesante des deux liqueurs dans l'entonnoir, puis on ouvre le robinet et le referme très vite pour ne laisser descendre que ce qu'il faut de liqueur pour remplir le tube jusqu'en F; le surplus, qui pourroit avoir dépassé F, s'enlève avec du papier bulle. Puis on verse dans le vase cylindrique une portion de l'autre liqueur plus légère, autant qu'on présume en avoir besoin; supposons jusqu'en CC. Alors, après que cette liqueur a perdu tout mouvement, on verse de l'autre dans l'entonnoir, et on tourne le robinet tant soit peu, afin que la liqueur de l'entonnoir descende très lentement et se loge modestement sous l'autre liqueur, qu'elle force par là de monter insensiblement et avec la plus grande égalité sur tous les points, en-

sorte que ces deux liqueurs se trouvent l'une sur l'autre et comme si elles étoient séparées par une couche étrangère CC infiniment mince que nous nommons la *limite commune* des deux liqueurs X et Y.

Cette limite reste à sa place tant qu'on laisse les deux liqueurs l'une sur l'autre sans leur imprimer aucun mouvement. On s'en assure en prenant une légère teinture bleue de tournesol pour la liqueur Y et de l'eau imprégnée de sel commun pour la liqueur inférieure; la limite commune, constamment bien tranchée, reste fort longtemps dans cet état.

*Le Comte C.* Mais lorsque aucune des deux liqueurs n'est colorée, peut-on voir la limite commune?

*Mr. de P.* Oui, Monsieur le Comte, très distinctement par la différence du pouvoir réfractif des deux liqueurs,

*Mde. de L.* Je ne conçois pas encore comment deux liqueurs parfaitement transparentes et sans couleur peuvent se distinguer l'une de l'autre.

*Mr. de P.* Cela est très difficile à décrire. Ce qu'on peut dire de plus clair là-dessus, c'est que, lorsqu'on regarde un objet placé derrière l'appareil, ensuite que la lumière de l'objet passe à travers la limite commune des deux liqueurs, l'objet paroît coupé en deux et l'on croit voir entre les deux liqueurs une tranche de couleur grise qui n'offre à l'oeil aucune partie de l'objet. Nous verrons à la suite, lorsque nous parlerons de la lumière, comment cet appareil, ainsi chargé, offre des images surprenantes.

Voilà deux liqueurs posées l'une sur l'autre; supposons l'inférieure être une solution de sel, la supé-

eure de l'eau distillée ou pure, et laissons les à peu près deux heures en repos. En observant plusieurs fois pendant cet espace de tems, nous voyons que la limite commune n'a plus l'air d'être une surface plane mais nous paroît comme regonflée vers le milieu et prendre peu à peu la forme d'une lentille. Mais laissons là ce phénomène d'optique, auquel nous reviendrons un jour. Soûtirons à présent avec beaucoup de précaution, au moyen d'un petit syphon de verre, une petite portion de la partie supérieure GG de l'eau distillée, et goûtons la. Elle se trouvera un peu salée. Si nous prenons cette eau à un peu plus de profondeur elle le sera davantage et toujours de plus en plus, plus nous nous approcherons de la limite commune avec la pointe du syphon pour enlever la portion d'eau à goûter.

Chargeons notre instrument avec un acide et de l'eau distillée de la manière précédente. Au bout d'une heure, si vous plongez un papier bleu seulement à une ligne de profondeur dans l'eau distillée auparavant très pure, il rougira d'abord, foiblement il est vrai, mais davantage à de plus grandes profondeurs.

Chargeons à présent l'instrument avec un alkali et de l'eau distillée. Deux heures après nous aurons le même résultat avec le papier jaune (ou le bleu rougi auparavant dans un acide (qui indiquera la présence de l'alkali dans les couches supérieures de l'eau.

Plus on laisse écouler de tems avant de faire ces épreuves, plus le résultat est marquant.

Observez que l'instrument et les deux liqueurs restent parfaitement immobiles pendant tout le tems du mélange; et cependant nous voyons les acides et

les alkalis, les sels et les métaux, tous plus pesants que l'eau distillée, monter dans cette eau, contre les lois de la pesanteur, sans qu'on puisse s'apercevoir d'aucun mouvement dans les deux liquides.

*Mr. de R.* Cela me paroît une contradiction; comment un corps plus pesant que l'eau peut-il monter dans l'eau? Autant il vaudroit prétendre que le plomb peut nager!

*Mr. de P.* Ne l'avez-vous pas vu nager dans la liqueur dans la quelle nous avons fait végéter notre bel arbre de plomb? Avant cette opération le plomb nageoit dans cette liqueur, puis qu'il se trouvoit dans chaque goutte. C'est un effet de l'affinité, et les expériences que je viens de décrire, nous apprennent encore que cette propriété de la matière peut non seulement retenir ces substances dans chaque point du liquide, mais que ces substances s'y transportent d'elles-mêmes, sans qu'on ait besoin pour cela d'une force mécanique, d'un mouvement imprimé du dehors. C'est un vrai voyage que ces substances font vers les particules de l'eau et que les particules de l'eau font à leur tour vers les acides, les alkalis, les sels &c.

*Le Comte C.* Je conçois que les essais avec les papiers colorés, en général les réagents, (au nombre des quels on peut aussi compter notre langue) indiquent le passage des sels, des alkalis et des acides aux couches supérieures de l'eau, sous la quelle ils se trouvent; mais comment prouve-t-on que l'eau fait aussi ce voyage?

*Mr. de P.* Nous en avons deux preuves. D'abord on observe que la limite primitive CC reste à la

même hauteur tant qu'elle est visible ; ce qui seroit impossible s'il ne passoit que de l'acide dans l'eau et non autant d'eau dans l'acide. En second lieu, si on soutire après quelques heures ou quelques jours une portion de l'acide par en bas, on la trouve plus foible qu'auparavant, c. à. d. délayée.

*Le Comte B.* Je dois me rendre à ces preuves, mais je ne puis comprendre cette marche des substances les unes dans les autres.

*Mr. de P.* Peut-être vous paroitra-t-elle plus claire dans l'expérience suivante: Prenez une légère teinture de tournesol et placez la au moyen de notre instrument sur un acide. Vous verrez d'abord la limite bien prononcée par la couleur ; en outre vous verrez, même pendant que la charge se fait, que la dernière couche inférieure de la liqueur bleue se rougit ; petit à petit cette couche rougie augmente d'épaisseur et finit par s'étendre sur toute la liqueur bleue, et dans les momens intermédiaires vous avez trois couches superposées, l'inférieure non colorée qui ne change pas sa limite supérieure, puis celle du milieu, rouge, et qui, gardant sa limite primitive à sa partie inférieure, pousse constamment sa limite supérieure plus haut, et enfin la liqueur supérieure qui est encore tout-à-fait bleue, et diminue d'instant en instant.

*Mr. de R.* Voilà donc la marche de l'acide vers les couches supérieures dessinée ! Que dis-je ? peinte de couleurs diverses, visible, en quelque sorte palpable ! Il me semble que rien ne peut être prouvé plus clairement. Qu'en pensez-vous, Madame ?

*Mde. de L.* Ces expériences me paroissent frap-

pantes et m'intéressent beaucoup. Mais il me semble que Monsieur le Comte a encore quelque observation à faire.

*Le Comte C.* Avec votre permission, Madame, je présenterai encore une difficulté dans cette matière qui m'est absolument neuve. Si l'eau distillée ou pure entre dans l'acide comme l'acide dans l'eau, il me semble qu'on devrait également voir cette marche dans cette dernière expérience; elle devrait être marquée par la marche de la couleur rouge vers le bas, tandis que vous nous avez dit, Monsieur *de P.*, que la limite inférieure de la couleur rouge ne descend pas.

*Mr. de L.* Bravo! Monsieur le Comte. Voilà un noeud gordien. Qu'en dites-vous, Monsieur *de P.*

*Mr. de P.* Une nouvelle expérience le dénouera. Prenons un acide coloré, par. ex. de rouge par un peu de teinture de tournesol, et plaçons sur cet acide rouge une portion d'eau pure non colorée, et voyons deux heures après ce qui s'est passé. La couleur rouge est restée à sa place; sa limite n'a pas changé, et cependant l'eau, auparavant pure, contient à présent de l'acide, car le papier bleu qu'on y enfonce devient rouge.

*Le Comte C.* Cela est étonnant et qui prouve clairement que le passage des substances chimiques se fait sans déranger les parties colorantes.

*Mr. de P.* Et c'est une des découvertes que cette considération de l'affinité nous fournit, c. à. d. que les matières colorantes des fluides ne sont pas susceptibles, au moins par elles-mêmes, de cette marche que

l'affinité fait faire aux acides, aux alkalis, aux sels, à l'esprit de vin &c.

*Mde. de L.* Ce sont d'inignes paresseuses que ces parties colorantes.

*Mr. de L.* Ce sont de petites Générales *de L.* qui ne bougent pas de leur place, qui ne quittent pas leur boudoir, que le plus beau tems, ni même la curiosité, ne peut engager à sortir de chez elles.

*Mr. de P.* Cette apathie des parties colorantes nous prouve bien clairement que les alkalis, les acides &c. ne font pas leur marche en masse, en couches d'une certaine épaisseur, bref que la liqueur, comme telle, n'est pas en mouvement. Car le moindre mouvement, imprimé à la plus petite partie de la liqueur, transpose-roit les parties colorantes et mêleroit la liqueur colorée à la liqueur non colorée. Ainsi cette marche des acides, des alkalis, de l'eau, se fait de molécule à molécule par l'affinité, qui s'exerce de l'une à l'autre et produit leur transposition sans opérer de mouvement dans les masses. Et cette seconde découverte devient le vrai caractère de l'affinité, qui s'annonce par cette marche spontanée des molécules hétérogènes les unes vers les autres. Partout où l'affinité n'existe pas entre deux substances qui se touchent, cette marche spontanée n'a pas lieu. L'huile ne pénètre pas l'eau, le mercure non plus, à moins qu'on n'ait lié ces substances à d'autres qui leur donnent de l'affinité pour l'eau.

Ainsi qu'on nous donne deux liquides quelconques, nous sommes à présent en état de décider par une expérience très simple, si elles ont de l'affinité entre elles ou non, et cela non seulement pour les liquides,

mais aussi pour les fluides élastique entre eux et avec les liquides.

*Mde. de L.* Peut-on aussi mettre deux gas l'un sur l'autre comme deux liqueurs?

*Mr. de P.* Oui, Madame, et aussi facilement; l'appareil est seulement un peu plus compliqué. Et pourquoi cela ne seroit-il pas possible? Les gas différent de pesanteur spécifique entre eux beaucoup plus que les liquides; et pour notre opération nous n'avons besoin que d'une différence de pesanteur spécifique. Et c'est par ce procédé que j'ai découvert l'affinité de plusieurs gas qu'on ne soubçonnoit pas.

On peut également découvrir l'affinité d'un liquide avec un corps solide de la même manière, en versant la liqueur lentement sur le solide et en observant au bout de quelques heures ou de quelques jours si la substance solide a passé dans les couches les plus éloignées de la liqueur.

*Le Comte C.* Ce principe de la marche spontanée des substances, dont vous faites le caractère de l'affinité, explique à présent deux règles chimiques dont on avoit fait des principes primitifs, c. à. d. que les corps ne peuvent agir chimiquement les uns sur les autres que lorsqu'ils sont fluides, au moins l'un des deux, et que les substances hétérogènes sont les seules qui puissent avoir de l'affinité entre elles. Car quant à la première loi, il est clair que si les substances doivent voyager de molécule à molécule il faut qu'elles soient déjà séparées en molécules et par conséquent fluides; et quant à la seconde il est clair qu'il n'y a pas de raison pour qu'une molécule d'eau se déplace pour

passer dans une autre masse d'eau, ni une molécule d'acide pour passer dans une autre masse du même acide. Personne, pas même les molécules de la matière, quelque peu d'esprit qu'elles puissent avoir, ne voyage sans raison.

*Mr. de G.* Elles n'auroient pas même la raison de la curiosité et le proverbe: c'est partout comme chez nous, seroit ici parfaitement applicable.

*Mr. de P.* Revenons encore un moment à nos parties colorantes et plaçons une solution de tournesol sous une égale portion d'eau distillée non colorée. Nous verrons que la matière colorante garde sa place, ne voyage pas; et cela nous fournit une nouvelle découverte d'une grande importance pour la théorie des couleurs; c'est que *les parties colorantes ne sont pas solubles dans l'eau, ne deviennent pas fluides elles-mêmes* quoiqu'elles se mêlent facilement à l'eau.

Ainsi quand nous broyons une substance colorante dans de l'eau ou dans tout autre liquide, qui ne détruit pas la couleur, nous ne produisons pas une solution, nous ne faisons pas agir l'affinité, puisqu'elle n'existe pas; nous n'opérons qu'une trituration mécanique qui divise les morceaux de la matière colorante en de très petites parties, qui restent par là encore dans l'état de corps solides.

*Mr. de G.* Mais cependant lorsqu'on broye les couleurs avec de l'eau elles deviennent bien plus fines que lorsqu'on les broye à sec. Il faut donc que l'eau serve à diviser les matières colorantes.

*Mr. de P.* Assurément, mais ce n'est pas par

l'affinité; ce n'est que par l'attraction de surface qui fait que l'eau s'introduit dans les interstices de ces matières comme dans le papier, le bois &c., les goulle, en écarte les particules les unes des autres et affoiblit leur cohésion. C'est ainsi que le fabricant de papier parvient à triturer ses guenilles mouillées avec tant de perfection; c'est ainsi que le bois, imbibé d'eau, est plus facile à fendre et à scier que le bois sec.

*Le Comte C.* Je conçois la justesse de cette explication; mais permettez moi de vous offrir un nouveau noeud gordien, comme notre Général appelle mes questions, et veuillez me dire si les parties colorantes, ainsi triturées dans un liquide, ont gardé leur pesanteur spécifique.

*Mr. de P.* Nous n'avons pas plus de raison de croire le contraire que de croire qu'un petit morceau d'un rocher ait moins de pesanteur spécifique que le rocher lui-même.

*Le Comte B.* Si cela est, ces fines parties colorantes devroient tomber petit à petit au fond de l'eau, tout comme cela arrive à de plus gros morceaux, puis que vous nous avez prouvé que l'affinité du liquide n'agit pas sur elles. Or je ne crois pas qu'on l'ait observé.

*Mr. de P.* Assurément pas, lorsque la trituration est assés parfaite. J'ai des liquides colorés qui depuis dix ans n'ont rien déposé.

*Le Comte C.* Mon noeud gordien paroît, Monsieur *de P.*, vous affecter fort peu. Veuillez avoir la bonté de le dénouer.

*Mr. de P.* Vous le dénouerez, Monsieur le Comte, au moins aussi bien que moi. Prenez un mor-

ceau d'indigo, d'encre de la chine &c. et pilez le dans un mortier en sorte qu'il en résulte des parties de différente finesse, ce qui est l'ordinaire, et versez cette poudre dans un gobelet d'eau. Veuillez à présent me dire ce qui arrivera.

*Le Comte C.* Ah! Ah! Vous m'attaquez avec la méthode socratique. Voyons si je pourrai jouer le rôle d'Alcibiade. Les plus gros grains de notre poudre tomberont vite au fond du gobelet, puis les moins gros déjà plus lentement et les plus fins avec le plus de lenteur. Mais ils arriveront tous à la fin au fond de l'eau.

*Mr. de P.* Assurément. Mais veuillez me dire pourquoi les gros grains tombent plus vite que les fins.

*Le Comte C.* Assurément par ce que les gros à raison du moins de surface relativement à leur poids, trouvent moins de résistance de la part du fluide qu'ils doivent écarter pour tomber.

*Mr. de P.* Cette résistance que le fluide oppose à l'écartement de ses parties provient assurément de l'inertie de ces parties, qui résiste au mouvement. Mais cette espèce de résistance est-elle la seule qui agisse ici?

*Le Comte C.* Assurément pas; l'adhésion des particules du liquide est encore là. Mais elle est si petite!

*Mr. de P.* Si petite qu'elle pourra être négligée pour les grains qui auroient  $\frac{1}{10}$  de ligne de diamètre. Mais pour ceux qui n'auroient qu'un dix millionième de ligne?

*Le Comte C.* Assurément pas, et me voilà au fait. Mais veuillez achever vous-même l'explication.

*Mr. de P.* Volontiers. La force qui fait tomber

un corps est sa pesanteur, et s'il tombe au travers d'un fluide, cette force sera l'excédent de sa pesanteur sur celle du fluide dont il occupe la place, théorème que nous démontrerons à la suite. La résistance du fluide provenant de l'adhésion, est exactement proportionnée à la surface, c. à. d. au carré du diamètre du corps tombant, tandis que la pesanteur du corps, dans le fluide comme hors du fluide, est proportionnelle à l'espace solide ou au cube du diamètre. Ainsi si nous avons deux corps de même espèce, mais dont les diamètres fussent dans le rapport de 3 à 1, les forces pour la chute seront dans le rapport de 27 à 1 et les résistances du fluide seront dans le rapport de 9 à 1. Ainsi le petit corps n'aura proprement qu'un tiers de la force du grand pour surmonter l'adhésion des particules du fluide. Si les rapports des diamètres étoient de 1000 à 1, le petit n'auroit donc qu'un millième de la force de l'autre. Si cela est (et c'est une vérité géométrique) il s'en suit nécessairement qu'un corps pareil peut être supposé si petit que son excédent de force pour tomber au travers du fluide soit égal ou même plus petit que la résistance que l'adhésion du fluide lui oppose; et en ce cas il ne peut tomber mais doit rester en place.

*Mde. de L.* Ah! Monsieur *de P.* votre méthode socratique vous a mené sur la cathèdre.

*Mr. de P.* Un peu, Madame; mais j'espère que vous me le pardonnerez en faveur de Monsieur le Comte qui paroît s'intéresser particulièrement à l'objet que nous traitons. Veuillez vous en tenir au résultat, qui est que l'adhésion des molécules du fluide est assés forte pour empêcher les plus fines parties colorantes de

tomber quoi qu'elles soient plus pesantes que la liqueur dans la quelle elles nagent. Je ne hésite pas même à appliquer ce principe à la couleur de certains gas et vapeurs, comme celle de l'acide muriatique, de l'acide nitreux, au bleu de notre atmosphère, &c.

*Le Comte C.* Cela est hardi; mais je ne puis m'y refuser. Ainsi les matières colorantes sont des particules solides que la charité des molécules de tous les fluides veut bien supporter, un fardeau perpétuel imposé à l'adhésion.

*Mr. de P.* Fort juste. Mais tout ce que nous avons dit aujourd'hui ne concerne que l'affinité physique. Considérons à présent l'affinité chimique sous le même point de vue.

*Mde. de L.* Y aura-t-il aussi de la méthode socratique et des rapports des carrés et des cubes des diamètres?

*Mr. de P.* Non, Madame. Je ne me pardonnerois pas de mériter un reproche deux fois le même soir.

Reprenons notre appareil et chargeons le, par ex. d'acide sulphurique et de solution de potasse (qui est un alkali) et avec la moindre quantité d'eau possible; l'acide occupe la partie inférieure de l'appareil. Nous voyons bientôt de petites plumes se former à la limite, s'agrandir et tomber enfin au fond du vase. C'est le sel cristallisé produit par la réunion de l'acide et de l'alkali. Voilà donc le changement de forme qui met le produit de ces deux substances hors du théâtre de l'opération, et nous avons dans ce phénomène l'action simple de l'affini-

té chimique. Puis donc que cette affinité produit sur le champ une substance concrète qui s'éloigne d'abord, et que les molécules de ces deux substances, employées à former les molécules du sel, disparaissent du lieu où se fait le procès chimique, il est clair qu'en vertu de l'affinité chimique il ne s'effectue aucune marche chimique, aucun voyage dans des contrées éloignées; toute l'opération se consomme à la limite commune des deux liqueurs.

*Mde. de L.* Cela me déplaît; vos voyages chimiques m'amusoient beaucoup.

*Mr. de L.* Apparemment par ce qu'ils ne dépassent les bornes d'un verre d'eau, comme les vôtres, Madame, celles de votre appartement,

*Mr. de P.* Pour vous dédommager, Madame, je vous ferai un jour la description de voyages pareils à des distances qui surpassent toute imagination.

*Mr. de L.* Je vous réponds qu'alors ma femme ne sera pas de la partie. Mais retournons au petit gobelet où vous faites vos sorcelleries. Je m'intéresse à cette formation si prompte des cristaux; car si nous appliquons ici la théorie de Häüy qui, fait consister chaque cristal en une infinité de petits cristaux apposés les uns sur les autres, ce sont des millions d'actes de cristallition répétés dans une minute, peut-être dans une seconde. C'est une création entière, qui vaut cent fois mieux que tous vos voyages.

*Mr. de R.* Voilà le Général une fois enthousiasmé! Je vous salue, mon vénérable confrère.

*Mr. de P.* Malheureusement je suis forcé, mes-

sieurs, de tremper votre vin. Le cas où l'acide et l'alkali sont purs se trouve rarement. Bien plus souvent ils sont mêlés à de l'eau et alors la scène se change. Considérons à présent le gobelet magique ainsi chargé d'acide et d'alkali tous deux délayés d'eau.

Ils construiront sûrement leur sel, mais pas sous la forme de cristaux visibles, par ce que l'eau tient ce sel en solution, et voilà une nouvelle liqueur qui se forme entre les deux autres, l'eau imprégnée de sel. Nous avons donc dans notre appareil trois liqueurs, l'acide en bas, l'alkali en haut et cette liqueur neutre au milieu. Cette nouvelle liqueur séparerait pour toujours l'acide de l'alkali, si elle n'étoit elle-même pour ces deux substances un objet de voyage, un pays à parcourir; et voilà d'abord l'alkali et l'acide en route pour se rencontrer et former de nouvelles portions de sel, dont l'eau s'emparera et dont la couche de la liqueur neutre augmentera son propre volume.

*Mde. de L.* Votre Alkali et votre acide sont de singuliers voyageurs; ils font eux-mêmes et à leur fantaisie, le pays où ils voyagent, et cela sans sortir de chez eux.

*Mr. de L.* Comme bien d'autres voyageurs humains dont nous lisons les relations avec beaucoup de foi.

*Mde. de L.* Vous me réconciliez, Monsieur *de P.*, avec l'affinité chimique, puis que, n'en déplaise à mon cher mari, elle fait aussi faire des voyages.

*Mr. de P.* Pardon, Madame. Ce n'est pas elle qui fait voyager; c'est l'affinité physique qui se manifeste ici comme la médiatrice, qui amène l'acide vers

l'alkali et l'alkali vers l'acide, afin que l'affinité chimique puisse opérer leur combinaison.

*Mr. de R.* Cela me plait fort. C'est comme une nation marchande qui nous apporte mille productions des deux indes et leur reporte les fruits de notre industrie .....

*Mr. de L.* Pour en former cinq cent vices, tantôt saillans, tantôt noyés dans l'eau fade de nos convenances, dont nous nous empoisonnons nous mêmes et les nations innocentes qui ne les connoissoient pas.

*Mr. de P.* Nous ne sommes pas encore au bout de nos voyages. La liqueur neutre, objet de voyage pour ses deux voisines, contient elle-même des millions de voyageurs, les molécules du sel qui parcourent, les uns le domaine de l'alkali, de bas au haut, les autres le domaine de l'acide de haut en bas.

*Mr. de L.* Vos voyageurs éternels me fatiguent et votre Chimie est puisée assurément dans Gulliver; vous nous avez menés chez les Liliputiens. Quand nous conduirez-vous chez les Brobdignacs?

*Mr. de P.* Nous y avons été il y a quelques jours, lorsque nous parcourions le domaine de la gravitation. Les planètes et les comètes valent, ce me semble, au moins les Brobdignacs.

*Le Comte C.* Moi, je ne me fâche pas de tous ces voyages; j'y vois un tableau fidèle de nos innombrables courriers diplomatiques qui croisent la surface du globe en tout sens. Dites nous, Monsieur *de P.*, si ces courses de vos molécules sont aussi souvent aussi inutiles que celles de nos couriers et estafettes?

*Mr. de P.* J'avoue que je ne sais trop à quoi

servent les voyages des molécules du sel dans notre cas présent; elles pourroient ce me semble rester chez elles, comme bien des couriers des cabinets.

*Le Comte C.* Permettez moi à présent de vous faire une question sérieuse.

Vous avez découvert ce jeu compliqué des deux affinités, que je crois avoir compris. Mais vous ne nous avez encore rien dit d'une loi concernant les vitesses. N'y en auroit-il pas une, comme pour la gravitation?

*Mr. de P.* Assurément; mais cela nous conduira à des recherches bien différentes et à des résultats d'un autre genre.

Reprenons une de nos premières et la plus simple de nos expériences, celle où nous avons placé un acide sous de l'eau distillée. Nous avons vu qu'il a fallu un certain tems pour que l'acide passât dans l'eau en quantité suffisante pour rougir le papier bleu dans les couches supérieures de l'eau, et que sa quantité se trouve toujours d'autant plus grande qu'on plonge le papier bleu à plus de profondeur. Cette progression de l'imprégnation de l'eau par l'acide est très rapide; à la limite commune nous avons égale portion d'acide et d'eau. Comme cette marche de l'acide dans les régions de l'eau se fait par le contact de deux couches, nous pouvons considérer deux couches quelconques comme ayant leur limite à part. Ainsi nous aurons de couche en couche le même procès qu'à la limite commune ou primitive CC, avec cette différence seule que la quantité d'acide contenu dans chaque couche diffère de l'une à l'autre. A la limite commune nous

avons dans la première couche inférieure infiniment mince une certaine quantité d'acide que nous voulons représenter par l'unité, et dans la première couche d'eau au dessus, une couche dont l'acide qui y est contenu avant le mélange, sera représenté par zéro. Le mélange fait, chacune de ces deux couches contiendra  $\frac{1}{2}$  d'acide. Voyons ce que cette quantité d'acide deviendra. Elle se partagera entre la couche où elle est et la couche prochaine d'eau, en sorte que chacune aura  $\frac{1}{4}$  d'acide. La supérieure des deux fera de même son partage avec la couche prochaine d'eau et chacune d'elles aura  $\frac{1}{8}$  d'acide. Si donc nous ne tenons compte que de cette portion d'acide qui se communique aux couches d'eau voisines et supérieures, nous aurons pour loi de ces distributions la série géométrique  $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \frac{1}{64}, \frac{1}{128}$  &c, c. à. d. que ces fractions, toujours de moitié plus petites, exprimeront la quantité d'acide contenu dans les couches d'eau au moment de leur première imprégnation, et nous saurions ainsi la loi des imprégnations si la Nature s'en tenoit là. Mais tandis que cette première distribution a lieu, il s'en fait en même tems une seconde. Car lorsque par ex. la première couche d'eau, qui a reçu  $\frac{1}{2}$  d'acide en a donné la moitié à sa voisine et n'a par conséquent plus que  $\frac{1}{4}$  d'acide, la couche inférieure qui en a  $\frac{1}{2}$  lui en donne une portion, en sorte que les deux ont à présent  $\frac{3}{8}$  d'acide; et la couche voisine inférieure, qui en a encore davantage, en donne de nouveau à celle-là, en sorte qu'à chaque instant il se fait un nouveau partage.

Par là voilà notre série précédente dérangée, et la grande question seroit de savoir quelle nouvelle sé-

rie il résulte de tous ces nouveaux partages. Cette série varie de moment à moment pendant toute l'opération et c'est ce qui m'a empêché, moi et de beaucoup meilleurs Mathématiciens que moi, de trouver une formule générale qui contient la série cherchée pour tous les tems, problème qui paroît passer les bornes de notre analyse mathématique.

*Le Comte C.* C'est dommage, car il me semble que cette solution seroit d'une grande importance.

*Mr. de P.* Le résultat de l'opération est qu'enfin, à force de ces partages compliqués, la liqueur entière devient homogène de part et d'autre, de haut en bas. Car l'eau se distribue dans l'acide comme l'acide dans l'eau, et au bout du procès nous avons dans chaque couche égale portion d'eau et d'acide, si les portions séparées étoient auparavant égales, et des portions réciproquement proportionnées, si elles étoient auparavant inégales.

*Mr. de R.* Mais quand cette opération finit-elle?

*Mr. de P.* J'avoue que je n'ai pas en la patience d'en attendre la fin; car j'ai trouvé qu'au bout de plusieurs semaines et même de plusieurs mois, le procès étoit encore loin d'être terminé. Et si nous considérons que les couches supérieures de l'eau ne reçoivent leur acide qu'en portions presque infiniment petites, il est clair qu'il faut un tems presque infini pour consommer cette opération.

*Le Comte C.* Cette lenteur extrême est d'autant plus frappante que d'ailleurs, dans les opérations ordinaires de la Chimie, la chose se fait très vite.

*Mr. de P.* Assurément; mais cela s'explique aisément. Dans ces opérations ordinaires il s'établit, souvent de soi-même, un grand mouvement en masse dans les fluides, ou bien on le produit à dessein pour accélérer le mélange. Dans notre opération le mélange se fait comme nous avons vu à des degrés bien différens selon les couches, et la lenteur totale provient de la différence presque infiniment petite qui a lieu entre chaque paire de couches voisines. Mais si l'on mettoit en contact une des couches les plus inférieures avec une des plus supérieures, le mélange se feroit à raison de la grande différence qui existe entre elles. C'est ce qu'on opère par un mouvement mécanique imprimé aux deux fluides. Au reste je suis persuadé que ce que nous appelons un mélange parfait après avoir bien remué ou même secoué les liqueurs, ne l'est pas encore tout-à-fait, et qu'il est composé d'un très grand nombre de couches très minces qu'on doit considérer comme encore composées chacune de couches infiniment minces qui varient entre elles quant à leur imprégnation comme les couches tranquilles de notre appareil.

*Le Comte C.* Cette lenteur avec la quelle la saturation se fait, est étonnante et doit être très utile à découvrir bien des choses qui se passent dans les procès chimiques, dont on ne s'aperçoit pas d'ailleurs. Mais il me reste encore une question concernant la vitesse avec la quelle les molécules exécutent leur passage.

*Mr. de L.* Quelle vitesse peuvent-elles avoir après que Monsieur *de P.*, nous a dit qu'elles ont be-

soin de plusieurs mois pour traverser l'espace d'un pouce? Leur marche est à celle d'un limaçon comme celle du limaçon est à la vitesse d'un courrier russe.

*Mr. de P.* Voyons. Nous savons que l'acide ne s'avance dans l'eau et l'eau dans l'acide qu'en vertu de partages réitérés à chaque couche infiniment mince. Il suit de là que la première portion d'acide qui arrive à la dernière couche d'eau, et la première portion d'eau qui arrive à la dernière couche d'acide, doit être d'une petitesse extrême. Car si nous supposons seulement 10000 couches ou molécules dans la hauteur d'un pouce, et par conséquent le partage de l'acide ou de l'eau répété dix mille fois en divisant chaque fois par 2, comme nous l'avons vu, alors la fraction qui exprime la grandeur de la portion d'acide qui arrive à l'extrémité de l'eau, aura l'unité pour numérateur, et un dénominateur que nous ne pourrons exprimer qu'avec environ 3000 chiffres. Iugez par là de la petitesse de cette première molécule!

*Mr. de R.* Vous allez nous rendre fous, Monsieur *de P.*! Quelle imagination pourra fournir à l'idée d'une particule aussi petite, d'un nombre qu'on ne peut écrire qu'avec trois mille chiffres?

*Mr. de L.* Ne vous l'ai-je pas dit, Monsieur *de P.*? Je m'en lave les mains.

*Mr. de R.* Et vous me tuez, Général, avec votre sangfroid diabolique.

*Mr. de P.* Non, mon cher, ne mourez pas de colère contre le Général. Notre tour à le faire enrager va venir bientôt. Nous ferons triompher les voya-

ges produits par l'affinité physique sur les transfigurations que l'affinité chimique opère.

Supposons que toute la marche des molécules se fasse selon la série que nous avons observée pour le commencement, alors il faudra en conclure que, pour rassembler dans les couches supérieures de l'eau assés d'acide pour pouvoir reconnoître sa présence au moyen du papier bleu, il faudra un nombre énorme de ces molécules dont nous ne pouvons concevoir la petitesse; et comme toutes ces molécules arrivent l'une après l'autre au bout de leur course, il faut que dans un certain espace de tems il se soit fait une quantité prodigieuse de ces courses d'un pouce, et leur vitesse pourra se déterminer par l'expérience suivante.

J'ai chargé l'instrument d'acide sulphurique et d'eau, comme à l'ordinaire et posé une bandelette de papier légèrement teint en bleu sur la surface de l'eau et j'ai attendu qu'elle commence à se teindre en rouge par l'acide qui s'avançoit vers lui. Ce tems fait à peu près 1000 secondes. J'ai ensuite fait l'épreuve d'une bandelette du même papier sur de l'acide extrêmement délayé d'eau en proportions données, et j'ai trouvé qu'elle commençoit à se rougir dans une liqueur composée d'une partie d'acide et de 10000 parties d'eau; d'où j'ai conclu que la liqueur de l'expérience contenoit au bout des mille secondes un cent millième d'acide et j'ai calculé combien de ces molécules d'acide de petitesse inconcevable étoient nécessaires pour produire ce cent millième et j'ai trouvé que pour exprimer ce nombre il ne faut que 5 chiffres moins que pour exprimer le dénominateur de notre petite fraction. Ain-

si il se fait des voyages d'un pouce de longueur dans l'espace de mille secondes, dont le nombre exige 2995 chiffres, et dans une seconde un nombre pour le quel il nous faut 2992 chiffres; ou bien la vitesse des molécules d'acide ou d'eau dans cette expérience est d'un pouce, répété autant de fois dans une seconde que le nombre exprimé par 2992 chiffres a d'unités. Imaginez une vitesse telle qu'un corps parcourrut l'espace du soleil à la dernière de nos planètes dans une seconde; Eh bien! cette vitesse s'évanouit presque en comparaison de celle que je viens d'exprimer. Car si vous calculez le nombre des pouces contenus dans une lieue de France, nous ne aurons qu'à retrancher au plus 6 chiffres de ceux du nombre énoncé, c. à. d. que la vitesse de notre molécule seroit telle qu'elle parcourroit en une seconde un nombre de lieues de France exprimé par 2986 chiffres, et la distance d'Uranus au soleil est d'environ 600 millions de lieues, nombre qui s'écrit avec neuf chiffres.

Le calcul que nous venons de faire n'est juste, il est vrai, que dans la supposition que le cent millième d'acide se soit accumulé par autant de voyages qu'il en faut pour composer cette portion d'acide de molécules de cette finesse extrême que nous avons calculée, et qui arrivent une à une, tandis que nous savons qu'à près le premier voyage tous les autres amènent plusieurs de ces molécules à la fois, ce qui diminue de beaucoup la vitesse calculée. Mais d'un autre côté nous n'avons supposé que dix mille couches d'eau dans la hauteur d'un pouce, tandis que la divisibilité de la matière nous eut permis d'en supposer un million et plus;

ce qui rendroit notre vitesse calculée incomparablement plus grande, puis qu'alors il nous faudroit cent fois plus de chiffres pour l'exprimer. Ainsi quoique nous ne soyons pas encore en état de calculer au juste cette vitesse, néanmoins ces considérations nous prouvent qu'elle passe à coup sur toutes les bornes de l'imagination. Il seroit à désirer qu'un grand Mathématicien s'occupât de ce beau problème pour le résoudre avec justesse.

*Le Comte C.* Mais si les molécules chimiques avoient dans leurs voyages une vitesse aussi prodigieuse, il semble que rien ne pourroit résister à leur mouvement; et l'acide, dans l'expérience alléguée, devroit s'enfuir jusqu'aux dernières frontières de l'Univers, au lieu de rester avec tant de sang froid dans votre appareil.

*Mr. de P.* S'il s'agissoit ici d'un mouvement produit par un choc ou par une attraction à des distances assignables, votre objection, Monsieur le Comte, seroit irréfutable. Mais la vitesse dont il s'agit ici n'est autre chose que celle avec laquelle une molécule d'acide et une d'eau se réunissent; c'est le produit de l'affinité de ces deux substances. Si donc la molécule d'acide qui arrive aux frontières de la masse d'eau vouloit, en vertu de sa force de mouvement, quitter la dernière molécule d'eau à laquelle elle est unie, elle devroit surmonter l'affinité qui l'a réunie, la même force qui lui a imprimé le mouvement, ce qui seroit impossible.

*Le Comte C.* Je vous conçois; mais je m'étonne

encore plus de cette vitesse prodigieuse; car j'imaginois d'abord qu'elle croissoit par accélération de couche en couche comme la vitesse produite par la gravitation; et cela servoit un peu à me rendre compte de cette vitesse incompréhensible. Mais non: cette vitesse existe dans toute sa violence dès le premier instant. Elle naît et acquiert toute son intensité dans le tems infiniment petit qu'il faut à deux molécules hétérogènes pour se joindre!

*Mr. de P.* Précisément et cela suppose une force d'attraction inconcevable que l'observation au reste nous confirme. Car aucune force mécanique n'a jamais pu séparer une molécule d'acide d'une molécule d'eau, et nous voyons l'affinité physique se moquer de toute la force de la pesanteur et de l'inertie, faire monter ou descendre dans l'eau les acides, les alkalis, les sels et même les métaux avec une vitesse aussi prodigieuse, comme s'ils n'étoient pas pesants et comme s'ils n'avoient pas d'inertie qui résistat à ces mouvemens rapides.

---

Nous avons appris à connoître trois grands phénomènes de la Nature que nous retrouvons partout où il y a de la matière, la *gravitation*, l'*attraction de surface* et l'*affinité*, et en tant que nous connoissons les conditions de ces phénomènes, *trois lois générales de la Nature*. Voilà les bases de toute Physique, les principes aux quels nous devons tous les phénomènes connus, et au moyen des quels le Physicien doit

chercher à expliquer tout ce qui est de son ressort. J'espère, Madame, et vous aussi, Messieurs, que vous me dispenserez de vous prouver encore que ces trois lois générales de la Nature diffèrent entre elles, et que, au moins dans l'état actuel de nos connoissances, ce seroit présomption que de vouloir les fondre en une seule, ou même en diminuer le nombre. Les preuves en sont si faciles que je ne pourrois que vous ennuyer par leur détail. Jetons plutôt un coup d'oeil rapide sur ces trois grands phénomènes pour en mieux saisir l'ensemble, et passer ensuite aux lois du mouvement.

Nous avons analysé les propriétés de la matière qui produisent les phénomènes, qui donnent le mouvement et la vie à l'Univers. Nous avons trouvé partout des attractions, que la différence des phénomènes nous force de partager en trois genres.

D'abord nous avons vu que les corps s'attirent mutuellement à toutes les distances assignables, grandes ou petites, et s'avancent les uns vers les autres en vertu du genre d'attraction que nous nommons *gravitation*. La pesanteur nous a prouvé dans le phénomène de l'accélération de la chute des corps que cette propriété est une qualité interne, liée à la matière qu'elle n'abandonne jamais. La marche des planètes, des comètes et des lunes nous prouve que cette attraction agit à des distances énormes et nous instruit de la loi du carré inverse des distances, imposée à cette attraction. Enfin la balance de torsion nous a appris que cette propriété appartient aux plus petites portions de matière et non pas exclusivement

aux grandes masses des astres, dont la figure sphérique est par conséquent elle-même un effet de cette attraction.

Puis nous avons considéré l'attraction qui réunit en masses les molécules de la matière, avec plus ou moins d'énergie, et en compose les solides, les liquides et les fluides élastiques. Nous avons vu qu'elle n'est sensible qu'à des distances infiniment petites. Nous l'avons nommée *attraction de surface* par ce qu'elle n'agit que lorsque les surfaces des corps sont extrêmement proches les unes des autres et par ce que son action ne dépasse pas ces surfaces. Nous savons que cette attraction produit néanmoins des mouvemens, dont les lois nous sont au reste encore inconnues ; et nous avons déduit de ces mouvemens les phénomènes de l'élasticité des corps solides. Les liquides surtout nous ont offert des phénomènes intéressants dans leurs attractions vers les solides que tantôt ils laissent à sec quand on les sépare, tantôt les mouillent à leur surface extérieure, tantôt pénètrent à leurs surfaces intérieures, sans apporter aucun changement de nature à ces solides ou en subir eux-mêmes. Nous avons enfin retrouvé cette propriété même dans les fluides élastiques qui semblent au premier coup-d'oeil ne pas la partager.

Puis nous avons découvert un troisième genre d'attraction qui modifie les propriétés particulières et caractéristiques des substances matérielles et nous l'avons nommée *l'affinité*. L'attraction de surface unit les molécules de la matière de sorte cependant que nos

forces mécaniques peuvent les séparer. L'affinité au contraire produit une réunion de ces molécules qui triomphe de toutes les forces mécaniques et ne peut être vaincue que par l'affinité elle-même. Ce nouveau genre d'attraction n'a lieu qu'entre des substances hétérogènes, tandis que l'attraction de surface s'exerce sur chaque couple de substances homogènes ou hétérogènes. L'affinité nous offre en outre deux séries de phénomènes absolument différents les uns des autres. Dans l'une, qui est le domaine de *l'affinité physique*, nous voyons les deux substances mêlées se prêter mutuellement leurs propriétés; dans l'autre, qui est le théâtre de *l'affinité chimique*, nous voyons les propriétés des substances disparaître dans le mélange et former une autre substance avec des propriétés nouvelles, espèce de création toujours surprenante, que l'habitude journalière ne peut priver des attraits qu'elle offre à l'imagination. Nous avons vu que la première de ces deux affinités opère la réunion, la pénétration mutuelle, de deux ou plusieurs substances par des marches, des voyages, d'une rapidité incompréhensible et jusqu'à présent incalculable, marches qu'elle fait faire réciproquement aux molécules, sans opérer le moindre mouvement en masse dans les fluides où ces voyages s'effectuent. La seconde par contre n'assimile que les molécules qui se touchent immédiatement et a toujours besoin de l'affinité physique pour rapprocher les substances soumises à ses lois. Ces deux affinités opèrent tous ces changemens de forme surprenants qui changent la face de toutes les substances, et composent cette texture admirable des cristaux de cent figures diverses si

variées et si déliées que nous sommes souvent obligés de les contempler à l'aide du microscope.

Eh bien ! Messieurs, faisons à présent un effort d'imagination. Réunissons nous pour inventer un nouveau mode d'attraction que la Nature n'ait pas encore exécuté..... Votre silence me dit que nous n'y réussirons pas. En effet le cycle de toutes les attractions imaginables est épuisé ; car l'attraction ne peut se manifester qu'à toutes les distances assignables ou à des distances infiniment petites ; et dans le second cas elle ne peut que s'attacher aux surfaces sans aller plus loin, ou bien pénétrer dans l'intérieur des corps. Enfin cette pénétration ne peut qu'établir une jonction intime des molécules sans rien changer à leur nature, ou bien détruire les qualités primitives et composer des corps d'une nature nouvelle. .... Que reste-t-il à ajouter à cette variété d'effets qui épuise toutes les possibilités ?

*Mr. de G.* Rien que l'adoration de l'Être suprême qui a construit l'Univers avec une sagesse si profonde que le plus beau triomphe de l'entendement humain est de soulever un coin du voile dont Il a sagement couvert son ouvrage pour nous ménager la jouissance des découvertes et nous ramener à chaque instant à la source de tant de merveilles qui est en même tems la source intarissable de tous les biens dont nous jouissons.

*Mde. de L.* Quelle consolation pour l'homme, que l'Auteur de la nature, le Créateur et le Conservateur de l'univers, dont nous apercevons la sagesse et la puissance infinies dans le plus petit comme dans le plus

grand de ses ouvrages, soit en même tems un Dieu de bonté qui se rapproche de nous comme un Père de ses enfans, qui veille à nos besoins, qui élève notre âme, qui la purifie et la prépare aux jouissances célestes que l'oeil n'a point vues, que l'oreille n'a point entendues!

---

## HUITIÈME ENTRETIEN.

**Mr. de P.** Nous connoissons trois lois générales de la matière, que la Nature emploie pour former toutes ses productions, pour construire ses phénomènes, pour déployer toutes ses forces. Suivons leur marche, cherchons leurs traces dans les six grandes classes de Phénomènes sous lesquelles la Divinité les a voilées comme pour nous introduire petit - à - petit dans le tableau immense de la Nature dont notre foible imagination seroit écrasée si nous parvenions tout d'un coup à en apercevoir l'ensemble.

*Mr. de R.* Je vois dans ces trois lois de la Nature les trois parques qui filent le destin physique de l'homme, les premiers précepteurs de notre enfance et de l'enfance du genre humain, qu'elles instruisent insensiblement par l'attrait du merveilleux.

*Le Comte C.* Quelles sont, *Mr. de P.*, les six classes de phénomènes dont vous parlez ?

*Mr. de P.* La mécanique, la chaleur, la lumière, la composition et décomposition des corps, l'électricité et le magnétisme.

*Mde. de L.* Vous nous parlerez de Mécanique ? Y comprendrai-je quelque chose ? Si je ne me trompe,

il y aura beaucoup de calculs. Il sera sûrement question des cubes et des carrés.

*Mr. de P.* La Mécanique, traitée scientifiquement, est fondée sur la Géométrie et le calcul. Mais je ferai mon possible pour vous en offrir les résultats débarrassés de ces profondeurs qui font les délices de ceux qui sont à leur portée et le tourment de ceux qui n'y sont pas initiés. Je compte aussi sur votre vigilance pour me rappeler à l'ordre et me faire parler clairement, de même que sur votre indulgence, lorsque je m'oublierai. Je serois fâché de vous priver de toutes les belles choses que la Mécanique nous offre; ses phénomènes, produits par la gravitation, la pression, le choc et l'élasticité, parlent à tous nos sens, entrent pour beaucoup dans tous les arts qui ont rapport à nos besoins et à nos plaisirs et ont par eux-mêmes un droit bien fondé à notre intérêt. De plus ils sont pour ainsi dire la clef qui ouvre le sanctuaire des autres parties de la Physique; car aucun phénomène n'a lieu, ne peut même être conçu, sans mouvement, et la Mécanique est la science du *mouvement*.

*Mr. de L.* Vous commencerez donc par la Mécanique? Monsieur *de T.* vous suivra facilement; il est Mécanicien lui-même, tourneur habile, constructeur de moulins et de machines. Il vous donnera du fil à retordre.

*Mr. de T.* A la vérité, Général, j'aime tout cela. Mais je ne suis malheureusement qu'un amateur au pied de la lettre et ne puis avoir d'autre ambition que celle de m'instruire; je tâcherai au reste de la sa-

tisfaire de mon mieux, si Madame de L. veut bien me le permettre.

*Mde. de L.* Vous êtes beaucoup trop modeste, mon cher Monsieur de T. Nous sommes accoutumés au plaisir de vous écouter; à présent nous aurons l'instruction par dessus le marché.

*Mr. de T.* Ce que vous me faites l'honneur de me dire, Madame, me rappellera sans cesse que je ne dois user de votre permission qu'avec retenue.

*Mr. de P.* Madame de L. ne craint assurément pas un manque de retenue de votre part. Vous n'êtes impétueux que lorsqu'il s'agit du bien de l'humanité. Mais entrons en matière.

D'abord j'ai l'honneur de vous prévenir, et surtout Mr. le Général de L., qui sans cela seroit tenté de me trouver en contradiction avec moi-même, que je me servirai souvent du mot de *force*, mais pas dans le sens de forces primitives, d'agens universels de la Nature. Une force mécanique n'est proprement qu'une certaine quantité de mouvement qui a lieu, ou qui auroit lieu si un obstacle ne s'y opposoit pas. Une balle de plomb au sortir du fusil est une force mécanique; de même une balle posée sur une table, parce que, si vous ôtez la table, la balle tombera, c. à d. qu'elle aura un certain mouvement. Autrefois on nommoit les forces du genre de la première, forces vives et celles du genre de la seconde, forces mortes.

*Mr. de L.* Dites nous, je vous prie, d'abord ce que c'est que le mouvement, puisque nous allons en parler.

*Mr. de P.* Cette question va mal au philosophe

qui prétend nous donner les définitions primordiales de tout.

*Mr. de L.* Si le mouvement est un phénomène, s'il est quelque chose de visible, c'est à la Physique à nous le décrire.

*Mr. de P.* Avez - vous déjà vu, Général, un mouvement ?

*Mr. de L.* Quelle question ! Il me semble bien que oui.

*Mr. de P.* Permettez moi de croire que non. Voyez - vous par exemple le mouvement du boulet de canon ?

*Mr. de L.* Il est trop rapide.

*Mr. de P.* Voyez vous le mouvement de l'aiguille des heures de votre montre ?

*Mr. de L.* Il est trop lent.

*Mr. de P.* L'un est trop rapide, l'autre est trop lent ! Quel mouvement voyez - vous donc ?

*Mr. de L.* Tous ceux qui ont une vitesse modérée.

*Mr. de P.* Vous n'en voyez proprement aucun. *Le mouvement*, soit qu'il ait une extrême vitesse ou une extrême lenteur, ou qu'il tienne un milieu quelconque, vous ne le voyez jamais, vous voyez seulement le corps mu, qui se trouve à différents tems dans différens points de l'espace.

*Mr. de L.* Voilà de la scholastique toute pure.

*Mr. de P.* Pas du tout ; car cela nous mène à la connaissance des trois élémens du mouvement qui sont la masse ou le corps mu, l'espace à parcourir et le tems nécessaire pour parcourir cet espace, notions indispen-

sables pour parler du mouvement avec connoissance de cause; et si je vous ai fait faire, mon Général, un petit détour pour arriver à ces trois élémens du mouvement ou de la force mécanique, c'étoit une revanche pour la question captieuse que vous m'aviez faite.

*Mde. de L.* Fi, Monsieur de P., il ne faut pas être vindicatif.

*Mr. de P.* Il n'est pas donné à tout mortel d'être un ange de bonté comme vous, Madame. Et d'ailleurs c'est pour faire plaisir au Général que je me fais un devoir d'être par fois un peu méchant.

*Mde. de L.* Je vous dispense de ce devoir; cela que réveille le lion qui dort.

*Mr. de P.* Considérons d'abord dans le mouvement l'espace parcouru et le tems. La proportion de ces deux données est ce que nous nommons *vitesse*. La vitesse est d'autant plus grande que l'espace parcouru est plus grand et le tems plus court; elle est d'autant plus petite que l'espace parcouru est plus petit et le tems plus long. A cet égard on dit que les vitesses sont en raison directe des espaces et en raison inverse des tems. Pour comparer aisément les vitesses entre elles, on prend la seconde pour unité de tems, et l'on dit: la vitesse de ce mouvement est telle que le corps parcourt vingt pieds, trente pieds &c. dans une seconde, et l'on dit même simplement: La vitesse de ce corps est de vingt, de trente pieds, qu'on suppose toujours parcourus dans une seconde. On trouve cette expression de la vitesse, lorsqu'elle n'est pas donnée immédiatement par l'observation, en divisant le chemin parcouru par le nombre des secondes qu'a duré le

mouvement. Si par ex. l'observation donne 200 pieds parcourus en 5 secondes, la vitesse est de 40 pieds.

Voilà donc deux élémens de la force mécanique réduits à une seule expression, et nous pouvons considérer maintenant la force mécanique comme composée de deux élémens, la masse et la vitesse. Supposez un boulet de canon et une balle de fusil chassés avec la même vitesse; la première fera beaucoup plus d'effet en raison de la grandeur de sa masse. Ainsi nous disons qu'à vitesses égales la force mécanique est en proportion de la masse. A présent supposons une balle de fusil, chassée par la violence de la poudre; elle fera, en raison de sa grande vitesse, un bien plus grand effet que jetée avec la main. Nous disons par conséquent qu'à masses égales, la force mécanique est en proportion de la vitesse; ce qui nous autorise à représenter la force mécanique par le produit de la masse et de la vitesse.

*Mr. de T.* Veuillez nous en donner un exemple.

*Mr. de P.* Volontiers. Supposons deux mouvemens. Dans l'un la masse mue est de six livres et la vitesse de 500 pieds; nous exprimerons la force par le produit de 6 par 500 ou par le nombre 3000. Dans l'autre la masse mue est de 30 livres et la vitesse de 12 pieds; nous exprimerons la force par le produit de 30 par 12 ou par le nombre 360 et nous dirons que le rapport de ces deux forces est de 3000 à 360 ou de 300 à 36 ou de 100 à 12.

*Mr. de T.* Ainsi nous ne connoissons que le rapport des forces entre elles.

*Mr. de P.* Assurément, parce que nous n'avons

point de mesures absolues ni pour les masses, ni pour les espaces, ni pour les tems, ni pour les vitesses. Mais nous n'avons pas besoin de ces mesures absolues en Mécanique, et ce défaut ne nous force qu'à une seule précaution, qui est d'employer dans la comparaison de deux forces les mêmes unités de masse, d'espace et de tems pour l'une et l'autre force, afin de ne pas sortir des proportions.

Considérons à présent deux forces qui agissent en même tems sur le même corps. Il faudra d'abord nous occuper d'un nouvel objet, de la *direction* des forces. Imaginons premièrement que ces deux forces agissent dans le même sens et sur la même direction, il est clair que le corps sera mu dans cette direction comme avec une force égale à la somme des deux forces données. Supposez à présent que ces deux forces agissent en sens diamétralement opposés. Si l'une des deux est plus grande que l'autre, la plus petite sera vaincue, et le corps marchera dans le sens de la première; mais avec quelle force? Avec une force égale à la différence des deux qui le sollicitent; car l'une des deux est détruite, annullée, par l'autre. Si les deux forces sont égales, le corps ne suivra ni l'une ni l'autre mais restera en repos. Ce repos, le résultat de l'action de deux forces égales qui agissent simultanément sur le même corps et en directions opposées, se nomme *équilibre*. Proprement nous ne connoissons aucun repos dans la Nature qui ne soit en effet un équilibre.

*Mr. de R.* Les montagnes, les rochers, nos maisons, les pyramides d'Egypte sont en repos; mais je ne vois pas les forces qui produisent l'équilibre.

*Mr. de T.* Quand on bâtit une maison sur un terrain marécageux sans fondemens, elle s'enfonce; mais quand on a établi un bon fondement qui résiste au poids dont il est chargé, la maison ne s'enfonce pas. Je crois que dans tous les cas que vous avez cités, le poids des masses est une des deux forces et que la résistance de la base constitue l'autre,

*Mr. de P.* Fort juste, et la Nature elle-même nous fournit des exemples qui nous instruisent de cette espèce d'équilibre. Il lui prend quelquefois l'envie de détruire ou d'affoiblir petit-à-petit les fondemens de grandes masses de rocher, qui depuis tant de siècles étoient à leur place et paroisoient inébranlables. Alors ces rochers tombent tout-à-coup, et s'ils rencontrent un village dans leur chute, il est écrasé ainsi que ses malheureux habitans. La Suisse nous offre de tems en tems des exemples de pareilles catastrophes.

*Mde. de L.* Reconnoissez, mon cher *Mr. de R.*, la toute-puissance de l'équilibre et ne bâtissez jamais trop près d'un rocher.

*Mr. de R.* Si j'avois à bâtir, Madame, ce seroit le plus près possible de votre demeure; là je braverois la chute du Chimborazo, sûr que la providence me protégeroit pour l'amour de vous.

*Mr. de P.* Nous avons vu ce qui résulte de l'action de deux forces qui agissent parfaitement en sens contraire. Voyons à présent ce qui arrive lorsque deux forces agissent dans des directions, différentes il est vrai, mais pas tout-à-fait opposées. Permettez moi de vous crayonner quelques figures. Supposez (fig. 6) que le corps se trouve au point C et que deux forces le

sollicitent, l'une dans la direction CA, l'autre dans la direction CB; de même que le corps soit au point D (fig. 7) et qu'il soit sollicité dans les directions DE et DF, il est clair que dans le premier cas il ne suivra, ni la direction CA, ni la direction CB, et dans le second, ni la direction DE, ni la direction DF, mais que dans tous les cas semblables il sera forcé de suivre une direction moyenne; et notre problème est de trouver cette troisième direction que le corps est obligé de prendre. Vous sentez que cette moyenne direction peut varier à l'infini, non seulement parce que les directions des forces peuvent former entre elles une infinité d'angles, tantôt aigus comme C, tantôt obtus comme D, mais aussi parce que les deux forces, qui sollicitent le corps à se mouvoir, peuvent avoir entre elles une proportion quelconque; car si la force qui agit dans la direction CA est double de la force qui agit dans la direction CB, le chemin que le corps prendra, sera différent de celui qu'il prendroit si les deux forces étoient égales.

*Mr. de T.* Cela est sûr, mais nous mènera à des détails infinis.

*Mr. de P.* Ce n'est pas tout. Il ne s'agit pas seulement de savoir quel chemin le corps prendra, il faut aussi savoir quelle force résultera de ces deux forces données et avec quelle vitesse le corps se mouvra dans sa direction moyenne. Car il est clair que dans le cas de notre première figure (fig. 6) la force résultante ne sera pas égale à la somme des deux forces données, puisque celles-ci n'agissent pas absolument dans le même sens, et que dans le cas de la seconde figure (fig. 7)

la force résultante ne sera pas égale à la différence des deux forces données parce, que celles - ci n'agissent pas absolument en sens opposés.

*Mde. de L.* Et vous voulez que moi, pauvretté, je trouve tout cela?

*Mr. de P.* Oui, Madame, et même à l'aide d'un seul théorème, facile à comprendre et aussi facile à construire avec la règle et le compas.

*Mde. de L.* Voyons; je ferai mon possible, et je prierai en cas de besoin *Mr. de T.* de vouloir bien dessiner à ma place.

*Mr. de P.* Volontiers. Prenez, *Mr. de T.*, le crayon et tracez nous deux lignes droites inégales AB et AD (fig. 8) qui partent du point A où nous supposons le corps qui doit se mouvoir. Les lignes AB et AD expriment la direction des deux forces données. Bien plus : nous pouvons leur donner telle longueur qu'il nous plaira, laquelle exprime la proportion des forces. Si par ex. la force qui agit selon AB est de 3 livres et la force qui agit selon AD est de 2 livres, nous prendrons pour AB une longueur de 3 pouces et pour AD une longueur de 2 pouces. Ainsi les deux droites AD et AB représentent en même tems la direction et la proportion des forces. A présent partez du point D et tirez une autre ligne droite parallèle à AB et qui soit sensiblement plus longue que AB. Puis partez du point B et tirez une parallèle à AD; il est clair que ces deux nouvelles lignes se couperont au point C, et nous avons à présent une figure de quatre côtés qu'on nomme parallélogramme. Tirez à présent une ligne droite par les points A et C; cette droite AC, la

diagonale du parallélogramme, exprimera en même tems la direction que le corps suivra et la grandeur de la force avec laquelle il se mouvra. Et si nous trouvons au moyen du compas que cette ligne a quatre pouces, nous disons que le corps doit se mouvoir avec une force de quatre livres.

*Mr. de T.* Cela est très beau. Que n'ai-je appris ces choses dans ma jeunesse!

*Mr. de P.* Bien plus. Nous pouvons dire que si l'une des forces est telle que par son impulsion le corps décrive dans une seconde l'espace  $AB$  et par l'impulsion de l'autre force l'espace  $AD$ ; supposé que chacune de ces forces agisse seule sur le corps  $A$ , alors la diagonale  $AC$  exprime l'espace que le corps  $A$  a parcouru dans une seconde, sollicité par les deux forces à la fois.

Ainsi le parallélogramme étant construit comme nous venons de le faire, sa diagonale exprime à la fois la direction que le corps prendra, sa force de mouvement et sa vitesse, c. à. d. tout ce qui nous importe ici de savoir.

*Mr. de R.* Voilà un théorème sublime! Et ce n'est ce me semble que de la géométrie.

*Mr. de P.* Assurément, et permettez moi d'ajouter, que ce théorème est la base de toute la Mécanique. Tout ce que nous savons sur le mouvement n'est qu'une suite de corollaires, un grand arbre dont ce théorème est le tronc.

*Mr. de R.* A qui devons-nous ce beau théorème.

*Mr. de P.* A Newton. Mais ce grand homme ne

nous en a point donné de démonstration, apparemment parce qu'il la croyoit trop facile. Et voici le moment, *Mr. de L.*, de vous rappeler ce que vous dites dans notre premier entretien sur les échaffaudages de la science. Les sucesseurs de Newton ne trouvèrent pas d'abord la preuve rigoureuse de cet important théorème, et quittèrent par cette raison la route de ce grand Mécanicien, pour établir un autre principe fondamental de la Mécanique, compliqué, difficile à saisir et mal prouvé; ce qui força de commettre une autre faute, de traiter les élémens de cette science uniquement par l'analyse et d'en bannir la Géométrie, pour réduire la science du mouvement en formules.

*Mr. de T.* Mais a-t-on aujourd'hui une preuve géométrique de ce théorème?

*Mr. de P.* Je l'ai donnée, et tout le monde auroit pu le faire à ma place; car cette preuve est très facile. Mais on s'étoit entêté à ne vouloir admettre dans cette preuve que la loi de l'équilibre, et à bannir l'idée du mouvement de la démonstration d'un théorème qui est la base de la théorie du mouvement.

*Mr. de L.* Cela me rappelle le mot d'un gourmand romain, Appicius, si je ne me trompe, à qui on servoit une lamproye, espèce de poisson très rare alors, que le cuisinier avoit apprêtée avec plus de simplicité que de coutume, afin que son maître la distinguât des poissons plus communs. Fi, dit-il, cette lamproye a le gout du poisson.

*Mr. de P.* La comparaison est très juste, car nous poussons quelque fois en Physique le raffinement jusqu'au ridicule.

*Mr. de G.* Bannissez-vous donc l'Analyse de la Mécanique? J'ai ouï dire qu'elle fait des merveilles.

*Mr. de P.* Pourquoi me priverois-je de ses avantages? Mais je veux qu'on ne se serve de cette machine, excellente il est vrai, mais très compliquée, que dans les cas compliqués, où la géométrie ne peut atteindre. Sans quoi personne ne pourra apprendre un mot de la Mécanique avant d'avoir passé des années à étudier l'Analyse; tandis qu'avec un peu de Géométrie on peut savoir, et très bien savoir, quantité de choses excellentes et infiniment utiles. Newton lui-même, l'inventeur de calcul de l'infini, n'a point employé ce haut calcul dans les ouvrages immortels qui contiennent ses plus sublimes découvertes en Physique.

Mais retournons à notre *théorème du parallélogramme des forces*. Ce que nous avons fait avec deux forces, nous pouvons, au moyen de ce théorème, le faire avec trois, quatre, avec tel nombre de forces que nous voudrons; c'est-à-dire que, si on nous donne plusieurs forces qui agissent en même tems sur le même corps, nous pourrons déterminer la direction, la force et la vitesse que le corps recevra de toutes ces forces réunies. Car nous pouvons commencer par deux et trouver la force moyenne qui en résultera. Celle-ci pourra être combinée avec une des autres; ce qui produira une nouvelle force moyenne, que l'on combinera de nouveau avec une troisième, et ainsi de suite jusqu'à ce que le nombre des forces données soit épuisé.

Bien plus. Lorsqu'on nous donne une force qui agit sur un corps, nous pouvons, au moyen ce théorème-

me, la partager en deux autres forces qui agissent dans des directions différentes, dont l'une même peut avoir une grandeur et une direction prescrite. Jetons un coup d'oeil sur notre figure (fig. 8). On nous propose de décomposer la force exprimée par AC en deux autres, dont l'une ait la grandeur et la direction AB. Nous trouverons l'autre aisément, d'abord en tirant la ligne BC par les points donnés B et C, ensuite en dessinant par le point C deux parallèles, l'une à AB et l'autre à BC, qui se couperont au point D. La ligne AD exprimera la grandeur et la direction de la seconde force que nous cherchions.

Ces deux opérations sur les forces s'appellent la *composition* et la *décomposition* des forces; elles sont la clef de la Mécanique, la base de la solution de presque tous les problèmes sur le mouvement et l'équilibre.

*Mr. de T.* En considérant notre figure (fig. 8) je crois m'apercevoir d'une chose, c'est que la force moyenne, exprimée par AC, est plus petite que la somme des deux forces AB et AD qui l'ont produite.

*Mr. de P.* La remarque est très juste et générale. Car, comme AD est égale à BC, nous pouvons considérer les trois forces comme formant les côtés d'un seul et même triangle ABC et la Géométrie nous apprend que deux côtés d'un triangle pris ensemble sont toujours plus grands que le troisième. Cette vérité géométrique nous prouve donc, que, lorsqu'on combine deux forces qui agissent simultanément sur un corps sous un angle quelconque, il y a toujours perte de mouvement; la force qui en résulte est toujours

plus petite que la somme des forces données. Bien plus; comme les deux forces AB et AD sont changées en AC, il est clair que si on applique en A une force directement opposée à AC et précisément aussi grande que AC, cette force fera équilibre aux deux forces AB et AD. Considérons ces trois forces AB, AD, AE seules (fig. 9), il est clair que nous aurons équilibre, et que le corps A n'aura aucun mouvement. Nous pouvons même dire en général que chacune de ces trois forces fait équilibre aux deux autres, par ex. AB à AE et AD. En effet si on composeit avec AE et AD le parallélogramme des forces, sa diagonale seroit en ligne droite avec AB et égale à AB. Nous pouvons imaginer quantité de forces qui agissent sous différents angles sur le point A et qui se font mutuellement équilibre, et le point A s'appelle alors le *centre de mouvement*, par ce qu'en supposant que toutes ces forces gardent leurs positions relatives, elles peuvent tourner autour de ce point A sans que l'équilibre soit dérangé.

*Le Comte L.* Ceci paroît nous conduire au mouvement des astres.

*Mr. de P.* Cela nous y conduiroit sûrement; mais à présent nous restons encore sur notre pauvre petite terre, et je trouve ce point dans tout corps quelconque. Chaque corps solide a dans son intérieur un point comme A, tel que l'on puisse tourner le corps entier autour de lui sans déranger l'équilibre, c'est-à-dire que, dans quelque position qu'on place ce corps en le tournant sur ce point A, il y restera sans chercher une autre position; en sorte que, si ce point A est cen-

sé supporté par un point d'appui, le corps pourra se tenir en équilibre dans toutes les situations. On nomme ce point A le *centre de gravité* du corps, parce que l'on peut s'imaginer que toute la pesanteur de ce corps est réunie dans ce seul centre. Le centre de gravité d'une boule ou sphère est à son centre géométrique; de même celui d'un anneau, quoique le milieu soit vide; celui d'un bâton bien égal sur toute sa longueur, est au milieu de sa longueur et de son épaisseur.

Il suit de là que tout corps, dont le centre de gravité repose sur un point d'appui, ne peut tomber de lui-même. C'est par cette raison que la tour de la Cathédrale de Bologne, de même que celle de Pise, sont depuis plusieurs siècles encore debout, quoique leur situation inclinée semble menacer à chaque moment de leur chute.

*Mde. de L.* Comment peut-on bâtir ainsi? On doit être effrayé chaque fois qu'on va à l'église.

*Mr. de T'* Ce qui me paroît plus singulier encore c'est que tant de voyageurs, qui parlent de la position inclinée de ces tours et d'autres, n'aient pas encore décidé si ces tours ont été ainsi bâties ou si elles ont pris ensuite cette position inclinée par un défaut de solidité dans leurs fondemens. Ce qui seroit facile à décider. Car si le premier cas a eu lieu, les couches de pierres sont horizontales, tandis que dans le second cas elles sont inclinées. Ce dernier cas est au reste le plus probable, car il est difficile de croire que le Magistrat ou le Prince ait permis à l'architecte de bâtir une tour panchée, supposé qu'il ait en cette ridicule idée.

*Mr. de P.* Imaginons un corps appuyé sur un autre point que le centre de gravité. Qu'arrivera-t-il? Le corps balancera jusqu'à ce qu'il ait pris une certaine position, la seule qu'il puisse garder à demeure; cette position est celle où le centre de gravité et le point d'appui sont dans la ligne d'aplomb. Car si nous considérons toute la pesanteur du corps comme réunie dans le centre de gravité, nous aurons proprement un pendule dont le point de suspension est le point d'appui. Le centre de gravité, et par conséquent le corps, fera ses oscillations comme un pendule jusqu'à ce qu'il ait atteint la verticale. Ceci explique certains joujoux d'équilibre, dont on amuse notre enfance.

*Mr. de V* Que ne pouvez-vous, *Mr. de P.*, ramener à des principes aussi clairs l'équilibre des puissances de l'Europe, donc les cabinets s'amusez depuis des siècles, souvent sans le comprendre mieux que les enfans ne comprennent leurs joujoux!

*Mr. de L.* Si cela étoit possible l'équilibre n'amuseroit plus, et les grands enfans, que vous nommez les cabinets, veulent de l'amusement. Ils n'auroient plus le plaisir de lancer les couriers, de faire marcher les armées, d'égorger les peuples et de se partager le reste comme des troupeaux de moutons.

*Mr. de P.* C'est du sérieux, Général! Restons à nos joujoux. Voyez ces petites figures de moëlle de sureau, matière très légère, qui ont sous leur pied une petite masse de plomb arrondie par le bas.

*Le jeune de L.* Ah! je les connois. J'en avois un jeu de quilles entier. Quand je les jetois sur la table elles se dressaient d'elles-mêmes et je ne pouvois ve-

nir à bout d'en abattre un seule avec la boule. D'autres fois je les plaçois en ligne; et alors je m'imaginois avoir des soldats immortels qu'aucun boulet de canon ne peut tuer. Quel plaisir si nos vrais soldats leur ressembloient!

*Mr. de L.* Taisez-vous, misérable! Quand aurions nous donc la paix? Heureusement que les soldats sont tuables; cest le dernier contre-poison de la guerre!

*Mr. de P.* Permettez moi, Général, de vous expliquer pourquoi les soldats de moëlle de sureau ne sont pas tuables. Le centre de gravité de toute la figure, la moëlle et le plomb y compris, se trouve dans l'intérieur de la masse de plomb. Lors donc qu'on couche la petite figure, son centre de gravité n'est pas supporté; il tombe et force par là la figure de se relever.

C'est au fond le même principe qui explique l'aplomb et le balancement d'un bateau, qui au reste nous offre encore un phénomène, c'est que, lorsqu'on se déplace dans le bateau, le bateau change de position, parce que le centre de gravité du tout, la personne qui se meut y comprise, se trouve déplacé par le mouvement que la personne a fait. Ces principes du centre de gravité, que nous avons observés dans des joujoux sont précisément ceux sur les quels se fonde la plus importante partie de la construction des vaisseaux, celle qui a pour but de donner au vaisseau l'assiète la plus solide que possible. Nous y reviendrons peut-être un jour.

*Mr. de R.* Mais le déplacement d'un homme sur un grand vaisseau peut-il avoir quelque effet?

*Mr. de P.* Assurément ; mais cet effet est petit en proportion de la masse d'un homme à celle de tout le reste du vaisseau. A prendre la chose rigoureusement je pourrais même vous assurer que quand vous vous promenez dans votre chambre, *Mr. de R.*, vous déplacez le centre de gravité de tout notre globe, c'est à dire que vous mettez tout notre globe en mouvement.

*Mr. de R.* Comme une mouche fait balancer un vaisseau de guerre.

*Mr. de P.* Encore moins, mon cher. Mais, peu ou beaucoup ; je crois avoir assés fait pour aujourd'hui, *Monsieur de R.*, de vous avoir prouvé que vous faites mouvoir la terre quand bon vous semble, et *Mde. de L.* me saura surement gré de finir ; je crains que le parallélogramme des forces ne l'ait fatiguée on même ennuyée, et je sais gré à notre cher Alexandre de l'en avoir dédommée par l'idée de ses soldats de moëlle de sureau.

*Le jeune de L.* Assurément je compte sur votre reconnoissance, *Monsieur de P.* puis que ma bonne action m'a valu une bourrasque de Papa.

---

## NEUVIÈME ENTRETEN.

**Mr. de P.** Nous avons eu les préliminaires des lois du mouvement. A présent entrons en matière et commençons par les lois de l'équilibre, c. à d. par les phénomènes, dans les quels les causes du mouvement produisent du repos.

*Le jeune de L.* Cela est singulier. Pourquoi ne pas commencer par les phénomènes du mouvement eux mêmes?

*Mr. de P.* Parce que le cas de l'équilibre est plus simple et plus facile à saisir que celui du mouvement. Ce que nous allons traiter sera la théorie des machines, dont les effets sont souvent si surprenants que bien des gens croient qu'on peut tout faire par une machine.

*Mr. de R.* Voilà un champ bien vaste et presque sans bornes!

*Mr. de P.* En apparence. Nous avons, il est vrai, une quantité presque innombrable de machines dans les ateliers de l'art et de la Nature, mais .....

*Mde. de L.* La Nature fait-elle aussi des machines? Je croyois que c'étoit l'affaire des Mécaniciens.

*Mr. de P.* La Nature est le plus habile des Mécaniciens. Elle fait des bras et des jambes, des mains

et des pieds, des doigts et des griffes, des ailes et des nageoires, des poumons et des coeurs.

*Mr. de L.* Fi donc, Monsieur *de P.* Osez-vous vous permettre de faire du coeur une machine?

*Mr. de P.* (d'un ton comiquement piteux). La délicatesse de mon sentiment en souffre cruellement, Madame. Mais le coeur, ce sanctuaire de l'amour, de l'amitié, de tous les beaux sentimens..... il n'est pour le Physicien qu'une pompe aspirante et foulante, qui suce le sang des veines et le chasse avec vigueur dans les artères pour mettre la grande machine de tout notre corps en mouvement.

*Mde. de L.* Cela me déplaît souverainement.

*Mr. de L.* Avouez, Madame, que d'ailleurs les battemens de cette machine hydraulique ne déplaisent pas aux Dames, que ce soient les battemens de leur coeur ou ceux du nôtre.

*Mde. de L.* Vous êtes un ingrat, mon cher époux, ou plutôt vous vous donnez l'air de l'être. Mais j'en veux toujours à *Mr. de P.*

*Mr. de P.* Faites lui grâce, Madame, en faveur de la modestie qu'il a de ne pas vous raconter qu'on a calculé, au reste fort gauchement, en livres et onces la force avec la quelle le coeur fait circuler le sang dans nos veines. D'ailleurs, le coeur, considéré moralement, est en effet la grande machine qui donne le mouvement et la vie à tout le genre humain. Les Poètes et les Moralistes nous l'assurent tous les jours et pourquoi m'en vouloir de ce qu'en Physicien je lui suppose le mérite de donner également à notre corps la vie et le mouvement? Il me semble que ce n'est pas l'avilir que

de le placer sur le double trône de notre nature physique et morale.

*Mde. de L.* Me voilà réconciliée, et je suis prête à vous entendre parler de machines.

*Mr. de P.* Quelque innombrables et variées que paroissent les machines, quelque grande et souvent effrayante que soit la complication qu'elles nous offrent, cependant la Mécanique prouve que nous n'avons proprement que trois machines, dont toutes les autres ne sont que des modifications et des complications. Ces trois machines sont : la *machine funiculaire*, le *levier* et le *plan incliné*.

*Mr. de T.* Je n'ai jamais entendu parler de la machine funiculaire.

*Mr. de P.* C'est une machine composée uniquement de cordes ou de fils et d'un ou de deux points d'appui.

Imaginez d'abord une poulie fixée à un chassis perpendiculaire et une corde posée dans la gorge de cette poulie. Suspendez à un bout de la corde un poids à élever et à l'autre bout plusieurs cordes plus minces auxquelles un nombre égal d'hommes appliquent leur force pour élever ensemble le poids attaché à l'autre bout.

*Mr. de T.* C'est le mouton, dont on se sert pour enfoncer les pilotis.

*Mr. de G.* Vous vouliez, *Mr. de P.*, nous parler de l'équilibre et voilà que vous nous parlez du mouvement. Il me semble au reste que les machines n'ont d'autre but que le mouvement.

*Mr. de P.* Fort bien, mais cependant nous pouvons considérer les machines dans le cas où la force

fait précisément équilibre à la charge, fardeau ou résistance. Lorsqu'on a trouvé les conditions de cet équilibre, il ne faut plus qu'ajouter un peu de force et le mouvement a lieu.

*Mr. de G.* Cela simplifie beaucoup la chose.

*Mr. de P.* Dans la machine que je viens de décrire les petites cordes, attachées à un bout de la grosse, sont tirées par des hommes, chacune dans une direction particulière, et il est clair que toutes ces forces doivent produire une force moyenne dont nous pourrions calculer la grandeur par le théorème du parallélogramme des forces; et comme ce théorème prouve qu'une combinaison de ce genre produit toujours un déchet de force, nous apprenons par là que si nous employons par ex. 30 hommes et que, si chaque homme fait un effort de 25 livres, nous ne pourrions pas faire équilibre à un poids de 30 fois 25 livres ou de 750 livres, mais peut-être à un de 600, ce qui réduit la vraie force à 20 livres par homme, et prouve que, pour soulever un poids de 750 livres par cette machine, il nous faudra 38 hommes, si l'effort de chacun d'eux ne doit être que de 25 livres.

Imaginez à présent deux clous fixés quelque part et une corde lâche attachée par ses bouts à ces deux clous. Si vous suspendez un poids à un point quelconque de cette corde, elle sera tendue de chaque côté. On trouve cette tension en dessinant le parallélogramme des forces. Dessinons. Soient A et B (fig. 10) les deux clous, ACB un fil tendu par le poids Q. Prolongeons la direction du fil CQ vers le haut et exprimons le poids Q par la ligne CF. Tirons ensuite les parallèles FD et FE, les lignes CD et CE exprime-

ront les tensions du fil du côté de B et de A. Si par ex. Q est de 12 onces et que CF ait également douze parties égales, et si l'on trouve que CD a 6 de ces parties et CE huit, alors la tension du fil CB sera de 6 onces et celle du fil CA de 8 onces. Supposez en A une poulie, dans la gorge de laquelle le fil CA soit placé, prolongé vers le bas et tendu par un poids P. Alors nous dirons que le poids P doit être de 8 onces pour faire équilibre au poids Q de 12 onces.

A présent imaginez que le poids Q soit attaché à une poulie C (fig. 11) supportée par la corde BCAD, dont un bout est fixé en B et l'autre passe sur la poulie A et porte un poids P. Si la poulie A est placée ensorte que les parties BC et CA de la corde soient parallèles, le parallélogramme des forces prouvera qu'alors le poids P d'un livre fera équilibre au poids Q de deux livres. Cette machine très usitée s'appelle une *moufle*. On fait des moufles composées de plusieurs paires de poulies que l'on joint, les inférieures dans une chape et les supérieures dans une autre chape. Si l'on a deux poulies a chaque chape, une livre en P fera équilibre à 4 livres en Q, et à 6 livres si on a trois poulies dans chaque chape.

Au moyen de cette machine qui prend très peu de place on peut élever des fardeaux considérables, si à la place du poids P on fait tirer la corde par deux ou trois hommes. Voilà pourquoi on l'emploie sur les vaisseaux de préférence aux autres machines, qui exigent toutes un plus grand espace pour être mises en activité.

*Mde. de L.* Il doit être fort avantageux de pouvoir élever de grands fardeaux avec de petites forces;

c'est en quelque sorte multiplier le pouvoir de l'homme.

*Mr. de P.* Oui, Madame, mais seulement en quelque sorte, comme vous le dites vous-même. Car si nous faisons entrer le tems dans notre calcul, alors nous ne retrouverons plus ce grand avantage.

*Mde. de L.* Comment cela!

*Mr. de P.* Veuillez jeter les yeux sur notre figure (fig. 11). Supposez que vous saisissiez la corde au point D, assurément vous ferez remonter le poids Q avec facilité. Mais observez que pendant que vous avez fait avec la main un chemin, par ex. de 6 pouces, de haut en bas, le fardeau Q n'est remonté que de trois pouces; c. à. d. que Q ne remonte qu'avec la moitié de la vitesse avec la quelle P descend, parceque, quand vous allongez de 6 pouces la partie AD de la corde, les deux autres parties BC et CA ne se raccourcissent ensemble également que de 6 pouces et que la distance à la quelle le poids est monté, ne peut être que la moitié du raccourcissement de la corde BCA.

Si vous avez une moufle double, c. à. d. avec deux poulies à chaque chape, vous ferez, il est vrai, avec une livre en P équilibre à 4 livres en Q; mais aussi vous aurez quatre cordes parallèles, et chacune ne se raccourcira que du quart de l'allongement de la corde AD. Donc le fardeau Q ne s'élèvera qu'avec le quart de la vitesse avec la quelle le poids P s'abaissera. Il en est de même pour les moufles triples, dont le fardeau ne s'élèvera qu'avec un sixième de la vitesse de la force.

*Mde. de L.* Cela diminue de beaucoup l'avantage des machines.

*Mr. de P.* Assurément. Mais malgré cela les machines conservent encore tant de qualités avantageuses que nous ne devons pas leur en vouloir de ne pas produire l'impossible, c'est à dire nous faire gagner en même tems en force et en vitesse. J'aurai par la suite l'honneur de vous parler, Madame, de machines où la lenteur de la marche est très désirable, est le but que l'on tâche d'atteindre. Examinons à présent une autre combinaison de forces dans la machine funiculaire.

Reprenons notre première figure (fig. 10) et supposons plusieurs poids suspendus à différents points de ce fil. A chaque poids le fil fera un nouvel angle et se trouvera partagé en plusieurs parties dont chacune aura sa tension à part, que nous pourrons déterminer au moyen du parallélogramme des forces. Mais ne nous arrêtons pas à ces détails, et supposons un fil sans pesanteur, mais chargé d'une infinité de très petits poids suspendus à chaque point du fil. Il est clair que le fil se courbera selon une certaine courbe qu'on nomme chaînette. Or une véritable corde est proprement le fil dont nous venons de parler et les petits poids en nombre infini dont nous le chargeons, sont la matière même de la corde. Ainsi une corde ordinaire, fixée par ses deux bouts à deux clous A et B, doit se courber par son propre poids et nous offrir une courbure du genre de la chaînette.

*Mr. de T.* Cela suppose que la corde ne soit pas tendue.

*Mr. de P.* Pardon; tendue ou non, la corde se courbera toujours. Il est vrai que la courbure d'une

corde tendue est souvent si petite qu'elle échappe à notre observation.

*Mr. de T.* J'avoue que cela me paroît difficile à admettre. Car si cela est généralement vrai, il faut que, lorsque je tends un fil jusqu'à le rompre, ce fil soit encore courbe jusqu'à l'instant où il rompt.

*Mr. de P.* Assurément. Mais levons le doute par la démonstration. Reprenons le crayon. Soient A et B, (fig. 12) deux points aux quels soient fixés les bouts du fil ACB que nous voulons imaginer n'être pas pesant, et suspendons à son milieu C un poids si petit ou si grand que vous voudrez; il tendra les deux parties du fil avec égale force. Construisons le parallélogramme des forces en prenant la ligne CD pour représenter le poids P; les tensions égales de part et d'autre seront représentées par les lignes CG et CK. A présent raccourcisons le fil, en sorte que le poids suspendu à son milieu produise l'angle AEB, et construisons pour ce nouveau cas le parallélogramme des forces en prenant pour expression du poids P une ligne EF de même longueur que CD, et en tirant de F des parallèles à EB et à EA. Vous voyez que nos parallèles FI et FH dépassent de beaucoup les points B et A et que pour obtenir les intersections il faut prolonger EB et EA. Ces intersections se feront en I et en H, et les forces de tension seront exprimées par les lignes EI et EH, lignes beaucoup plus grandes non seulement que CG et CK, mais aussi que la diagonale; ce qui prouve que la tension du fil est déjà beaucoup plus forte que le poids, et dans le cas de notre dessin à

peu près 4 fois aussi grande. Si nous raccourcissons le fil encore davantage, nous verrons que la proportion de la tension au poids augmentera dans une progression très rapide, à mesure que l'angle AEB s'agrandira, jusqu'à ce qu'enfin cet angle étant devenu égal à 180 degrés, les lignes AE et EB tombent dans la droite AB, et les côtés FH et FI deviennent parallèles à AB et ne coupent les autres qu'à une distance infinie. Ce qui prouve qu'alors la proportion de la tension au poids est infinie. Le calcul nous instruit que, lorsqu'il ne manque à l'angle AEB qu'un degré des 180, la tension est 115 fois aussi grande que le poids, et lorsqu'il ne lui manque qu'une minute, elle est près de 6900 fois et pour un défaut d'une seconde plus de 400,000 fois plus grande.

Si donc nous tendons un fil sans pesanteur en ligne droite et si nous suspendons un poids quelconque, grand ou petit, à son milieu, ce poids exercera une force de tension infiniment grande. Or comme nous n'avons pas de forces infinies à notre disposition et qu'aucune corde ne leur résisteroit, il est clair que le moindre poids forcera le fil à faire un angle en E, et comme la masse de chaque fil ou corde peut être considérée comme une infinité de poids suspendus à un fil sans pesanteur, il est clair que, chacun de ces poids faisant son effet à chaque point de la corde, celle-ci doit nécessairement se courber, quelque force qu'on emploie à la tendre.

*Mr. de T.* Me voilà au fait et je conçois à présent un effet que je ne pouvois pas m'expliquer, c'est qu'un cable d'environ 60 pieds de longueur, fixé par

un bout à 3 pieds de terre et tiré par six forts boeufs et deux chevaux , conservoit encore une courbure si considérable qu'à son milieu il ne quittoit pas la terre.

*Mr. de P.* La même chose arrive lorsqu'on fait remonter un bateau contre le courant d'une rivière. La corde fixée au haut du mât et tirée par des hommes ou des chevaux qui marchent sur le bord de la rivière, ne se tend jamais en ligne droite , mais forme une chaînette qui a d'autant plus de ventre que la corde est plus longue et plus pesante. Cette courbure, qui rend la direction de la force oblique par rapport à celle qu'elle devrait avoir, produit, en conséquence du théorème du parallélogramme des forces, un déchet de force souvent très considérable. Ceci s'applique aux longs attelages qui sont aujourd'hui à la mode et qui ont encore un nouveau désavantage : Car, comme le cheval, à chaque pas qu'il fait, cesse un instant de tirer, la corde se relâche et fait des bonds qui causent des tiraillemens violents et très fatiguans pour le cheval ; et l'on peut poser généralement en principe que la méthode d'attelage, où l'on ne se sert ni de courroies ni de cordes, est la plus avantageuse.

*Mde. de L.* Voilà un résultat utile qui me dédommage de la fatigue que j'ai eue à suivre votre démonstration.

*Mr. de P.* J'aurois bien voulu, Madame, vous l'épargner. Mais cela n'étoit guères possible, parceque je ne veux pas vous présenter des faits paradoxes sans vous persuader.

La Nature emploie cette théorie d'une manière admirable dans la circulation du sang. Supposez l'in-

stant où le coeur chasse le sang dans les artères ; il lui faudroit une force infinie pour le faire traverser, 70 fois en une minute, toutes les ramifications des artères qui à leurs extrémités sont d'une finesse qui échappe enfin à l'oeil et offrent au frottement des surfaces innombrables. Ainsi, la force du coeur n'étant pas infinie quoique très grande, la circulation n'auroit pas lieu ; le sang n'arriveroit pas à ces fines ramifications des artères pour passer dans les veines. Les artères viennent au secours du coeur. Gonflées par la force avec laquelle le coeur a pressé le sang dans leur intérieur, elles exercent une réaction sur ce fluide par l'élasticité de leurs fibres que nous pouvons considérer comme un tissu cylindrique de fines cordes. Cette élasticité comprime à son tour le fluide sur toute la longueur des artères et le chasse plus loin, en sorte que le sang se trouve toujours poussé en avant par la contraction de ces vaisseaux, contraction qui, d'après ce que nous venons d'apprendre sur la tension de la corde, agit avec un avantage immense.

*Mr. de T.* Je conçois cet avantage, et que le sang doit être poussé le long de ces canaux avec beaucoup de violence. Mais il doit l'être, ce me semble, dans les deux sens, en avant et en arrière ; et comme les artères se rétrécissent en avant et que par conséquent la résistance que cause le frottement est beaucoup plus grande que dans le tronc, il paroît que le sang devrait plus facilement rebrousser chemin vers le coeur, que passer dans toutes ces ramifications des artères.

*Mr. de L.* Voilà une difficulté d'importance !

*Mr. de G.* Voyons, mon cher *P.*, comment vous vous en tirerez.

*Mr. de P.* C'est l'affaire de la Nature et, croyez moi, vous ne la trouverez jamais en défaut. Elle a placé dans la grande artère, à sa sortie du coeur, une soupape qui empêche le reflux du sang vers le coeur en même tems qu'elle lui laisse le passage libre vers les extrémités. Et quelle soupape! L'art ne sera jamais capable d'en exécuter une semblable. Prenons le crayon; il faut que vous connoissiez cela.

L'anneau ABC (fig. 13) que je vous dessine est la coupe horizontale de l'artère à l'endroit de la soupape. Cette seconde figure (fig. 14) est une coupe verticale de l'artère au même endroit. Imaginez une membrane forte et très flexible en forme de gousset  $acbd$  dont les côtés  $bd$  et  $ad$  sont fixés ou plutôt crus aux parois intérieures de l'artère. Supposez à présent trois de ces petits goussets qui à leur partie supérieure comprennent la circonférence entière de l'artère, en sorte que, lorsque les membranes sont gonflées et pressées vers le milieu par le sang qui veut retourner, elles s'appuient les unes contre les autres, comme notre première figure (fig. 13) le fait voir. Il est clair que le sang ne pourra pas rebrousser chemin, et que son effort ne tendra qu'à fermer la soupape plus fortement, mais que, lorsque le sang sera chassé par le coeur dans le sens opposé, les membranes s'écarteront avec la plus grande facilité et se tapiront contre les parois intérieures de l'artère. Ajoutez à cela que, comme ces membranes doivent être assez fortes, elles ne peuvent pas se plier si rigoureusement qu'elles ne laissent un petit es-

pace libre au milieu de *ccc*, quand la soupape doit être fermée. Mais la Nature n'a pas voulu de cet espace libre, et pour le remplir elle a donné au bord supérieur de chaque membrane une petite protubérance *e* qui remplit parfaitement ce petit espace triangulaire et ne laisse pas passer une goutte de sang.

*Mr. de R.* Cela est admirable! Et l'on ne veut pas reconnoître les lois de la Physique dans notre organisation!

*Mr. de P.* La scholastique des forces organiques, qui règne à présent en Allemagne, nommée théorie de l'irritabilité, est plus facile à apprendre que la Physique et la Chimie, à qui on reproche en outre de ne pas encore tout savoir.

Au reste ce beau mécanisme est répété à plusieurs points des veines, et même dans l'intérieur du coeur avec cette différence que les soupapes des veines n'ont qu'un ou deux goussets. — J'espère que Madame *de L.* ne saura pas mauvais gré à la machine funiculaire de nous avoir conduit à ces considérations.

*Mr. de L.* Au contraire j'en suis charmée.

*Mr. de P.* Nous reviendrons par la suite sur ce chapitre de la circulation du sang.

---

## DIXIÈME ENTRETIEN.

**Mr. de P.** Si vous êtes satisfaite de notre première machine, permettez moi, Madame, de vous présenter la seconde, le *levier*.

*Mr. de T.* Voilà la vraie machine, celle dont nous nous servons le plus souvent.

*Mr. de P.* Assurément et par bonheur c'est aussi la plus facile à manier, en théorie comme en pratique. Imaginons, Madame un bâton droit AB (fig. 15) et faisons passer à quelque point de sa longueur un bout de fil de fer C qui dépasse ce bâton des deux côtés; puis plaçons ce bâton en sorte que le fil de fer repose sur deux apuis qui lui permettent de se tourner autour du point C sans que le fil de fer puisse bouger. Voilà le levier! Ses deux parties AC et BC s'appellent les bras du levier. Plaçons des poids ou des forces quelconques à leurs bouts, il est clair que chacune de ces forces tend à tourner le levier. L'effet de ces forces, ainsi appliquées, est ce que nous cherchons à connoître.

D'abord il est clair que si le point d'apui C partage le levier en deux bras égaux, deux poids égaux, placés à ses extrémités, se feront équilibre mutuellement, et

que le levier ne se tournera dans aucun sens, parce que ces deux forces égales agissent sous des conditions parfaitement égales. Mais supposez les bras de levier inégaux, comme ils le sont dans la figure que je viens de dessiner, il est sur que les effets seront inégaux et l'on devine aisément que le poids P l'emportera sur le poids Q, et forcera le levier de s'abaisser d'un côté et de s'élever de l'autre. Nous n'obtiendrons donc l'équilibre qu'en diminuant le poids P ou en augmentant le poids Q; et notre problème est de savoir dans quelle proportion les poids P et Q doivent être pris pour que, appliqués aux bras inégaux du levier, ils se fassent équilibre. Le théorème du parallélogramme des forces résoud ce problème.

*Mr. de T.* Pardon. Je n'en vois guères la possibilité, car les directions des poids P et Q étant parallèles il n'y aura pas de point d'intersection pour ces deux directions.

*Mr. de P.* Pourquoi pas? le centre de la terre sera ce point d'intersection; car les perpendiculaires AQ et BP prolongées s'y rencontrent.

*Mr. de L.* Vous allez chercher votre point d'intersection bien loin!

*Mr. de P.* La Mécanique me permettrait de le chercher dans Sirius, si j'en avois besoin. La Logique du Physicien ne doit pas s'effrayer des distances. Et dès que nous avons un point d'intersection, quelque part qu'il soit, nous avons alors une obliquité, grande ou petite, des forces et nous nous retrouvons dans l'empire du théorème fondamental de la Mécanique. Ce théorème nous donne pour notre question la ré-

ponse suivante: Lorsque deux forces agissent sur un levier en sorte que les angles de leurs directions avec les bras de ce levier soient égaux, les forces qui se font équilibre sont en raison inverse des bras de ce levier. Ainsi, si dans notre figure le bras de levier BC est double ou triple ou quadruple &c. du levier AC, la force ou le poids P sera la moitié ou le tiers ou le quart &c. du poids ou de la force Q.

Chaque problème sur le levier nous fournit donc une proportion qui se résoud par une simple règle de trois. Soient par ex. les bras de levier dans la proportion de 2 à 5 et le poids Q égal à 100 livres; nous aurons la règle de trois: 100 livres sont au poids P que l'on cherche comme 5 à 2, et par conséquent le poids P égal à 40 livres.

*Mr. de T* Cette propriété du levier va à toutes les proportions, et si la longueur du bras de levier AC n'est que le centième de celle de BC, une livre en P fera équilibre à cent livres en Q.

*Mr. de P.* Parfaitement et l'on peut pousser la proportion aussi loin qu'on voudra. Aussi Archimède, le plus grand géomètre et le plus grand Mécanicien de l'antiquité, disoit-il: „Donnez moi un point fixe et j'enlèverai la terre“. Cela supposeroit à la vérité un levier d'une jolie longueur; car le petit côté, si on suppose la terre à la place du poids Q, aura pour longueur le rayon de la terre au moins, et l'autre, à quelle distance faudroit-il en supposer le bout pour qu'Archimède ait pu, par la force de ses bras ou par tout son propre poids, soulever la terre, c'est-à-dire l'arracher de son orbite?

*Mr. de L.* A moins qu'à l'exemple du fameux magicien Merlin, il ne se fut mis à cheval sur un rayon de lumière, il ne seroit pas encore parvenu à la fin de son levier.

*Mr. de P.* Assûrément il est encore en route. Mais, arrivé ou non, nous ne nous apercevriens pas de son opération. Car le mouvement qu'il donnerait à la terre serait en raison inverse de la longueur de son bras de levier, c. à. d. infiniment petit, à moins qu'il ne pressat pendant quelques milliers de siècles sur son levier.

*Mde. de L.* Pourquoi en raison inverse? J'aime beaucoup mieux les raisons directes, elles sont bien plus claires.

*Mr. de P.* Si j'en étois le maître, Madame, je changerois d'abord la chose pour vous plaire. Mais voyez notre figure et supposez que, tandis que le levier tourne autour de C le point B soit arrivé en b, alors le point A sera arrivé en a, point déterminé par les arcs de cercle décrits et la droite ba qui passe par le centre. Si donc le rayon CB est double du rayon CA, l'arc Aa ne sera que la moitié aussi grand que l'arc Bb.

A présent, Madame, voudriez-vous que la chose fût autrement?

*Mde. de L.* Non; cela est trop naturel et me voilà récomiliée avec les raisons inverses.

*Mr. de P.* Vous le serez encore davantage si je vous fais faire attention que, si on multiplie chacune des deux forces par son bras de levier à elle, les produits de part et d'autres seront égaux. Nous avons vu p. ex.

que, si le rapport des bras de levier est de 2 à 5, les forces qui se font équilibre sont 100 livres et 40 livres. Si vous multipliez 100 par 2 et 40 par 5 vous avez de part et d'autre 200 pour produit. Ces produits d'une force multipliée par la longueur de son bras de levier, s'appellent les *momens des forces*. Ce sont proprement des expressions de l'effet des forces qui produisent l'équilibre.

*Mr. de T.* Nous avons plusieurs espèces de levier. Ne voudriez-vous pas nous en expliquer les propriétés.

*Mr. de P.* Il y a d'abord le *levier de la première espèce* et celui *de la seconde espèce*, qui ne diffèrent entre eux que par la position du point d'appui. Si ce point *c* se trouve comme dans cette figure (fig. 15) entre les points de suspension des deux forces *A* et *B*, c'est le levier du premier genre. S'il se trouve à une extrémité comme dans la figure que je vais vous dessiner (fig. 16) ensorte que les deux points de suspension *A* et *B* se trouvent tous deux du même côté, alors on a le levier de la seconde espèce. Mais cela suppose que si l'une des forces, p. e. *Q*, presse de haut en bas, l'autre, *P*, tirera de bas en haut. Si vous voulez exprimer celle-ci par un poids, supposez en *P* une poulie et un fil *BPp* au bout du quel pend le poids *p*.

*Mr. de T.* Aurons-nous ici la même loi que pour le levier de la première espèce?

*Mr. de P.* Assurément et pour nous en convaincre nous n'avons qu'à employer l'idée du moment des forces. Pour la force *Q* ce moment est le produit de *Q* par la longueur *AC* et pour la force *P* il sera le produit de *P* par la longueur *BC*. Pour avoir équilibre, les mo-

mens, c'est-à-dire les effets des forces, doivent être égaux. Soient par ex. la force  $Q$  égale à 100 livres, la force  $P$  égale à 40 livres, le bras de levier  $BC$  égal à 5 pieds, nous avons l'équilibre sous condition que  $AC$  sera long de 2 pieds. Car alors les momens seront pour la force  $Q$ , 40 multiplié par 5, ou 200, et 100 par 2, ou 200 pour la force  $P$ . Et cela donne la proportion: 100 livres sont à 40 livres comme 5 pieds sont à 2 pieds.

On distingue en outre les *leviers coudés* des *leviers droits*. Ceux-ci sont ceux que nous avons considérés jusqu'à présent. Les leviers coudés sont ceux dont les bras font un angle au point d'appui. En voilà un (fig. 17) Ses deux bras font l'angle  $BCA$ . Supposez en  $B$  un poids  $Q$ , en  $A$  une force  $P$  qui agisse sur le bras  $AC$  perpendiculairement, comme  $Q$  sur le bras  $BC$ , et vous avez de nouveau deux momens qui doivent être égaux pour obtenir l'équilibre. Au moyen d'une poulie placée en  $P$ , vous pourrez exprimer la force  $P$  par un poids  $p$  qui tirera le point  $A$  du levier dans la direction  $AP$ . Et nous avons pour ce levier la même loi que pour les autres, c'est à dire que les forces sont en raison inverse des bras de levier.

*Mr. de R.* Pourquoi avez-vous besoin d'une poulie pour adapter le poids  $p$  qui doit faire équilibre au poids  $Q$ ? Le poids  $p$  ne pourroit-il pas être tout simplement suspendu au point  $A$ , sans poulie?

*Mr. de P.* Cela pourroit être; mais alors il faudroit pour établir l'équilibre un autre poids  $q$  que celui qui produit l'équilibre au moyen de la poulie, parce que la direction de sa force seroit changée. Car, vo-

yez-vous, la force fait ici l'angle  $qAC$  qui est aigu, au lieu que pour notre loi du levier ce doit être un angle droit, parce que l'angle  $QBC$  en est un; la condition de cette loi étant que les directions des forces fassent les mêmes angles avec leurs bras de levier. Cela me rappelle que je dois vous parler de l'obliquité des forces et de l'effet de cette obliquité.

Supposons le cas que vous avez admis, *Mr. de R.*, c. à. d. que le poids  $q$  pende simplement au point  $A$ , il fera sûrement moins d'effet que s'il tiroit le long de  $AP$ , parce qu'une partie de sa force est employée à presser inutilement le bras de levier dans le sens  $AC$  de sa longueur sur l'appui  $C$ . Prolongez le bras de levier  $BC$  jusqu'à ce qu'il atteigne la verticale  $Aq$  en  $D$  et vous devinerez aisément que l'effet du poids  $q$  est le même que s'il étoit suspendu au bras de levier  $CD$ . Ce nouveau bras  $CD$  s'appelle *le bras de levier imaginaire*, par ce qu'il n'existe pas en effet. Pour un levier droit, sur le quel les forces agissent obliquement, nous nous en tirerons aussi facilement. Voilà un pareil levier  $AB$  (fig. 18); supposons que les forces  $P$  et  $Q$  agissent chacune en sens oblique sur son bras de levier à elle. Prolongeons vers le haut les directions de ces forces et traçons du point  $C$  une perpendiculaire d'abord sur la direction d'une des deux forces  $P$ , qui coupera cette direction en  $a$ ; il est clair que  $Ca$  sera le bras de levier imaginaire de  $A$ . Faisons en de même pour la force  $Q$ ;  $Cb$  sera le levier imaginaire de  $B$ . Donc voilà notre levier rectiligne, sur le quel les forces  $P$  et  $Q$  agissent obliquement, changé en un levier coudé sur le quel les mêmes forces agissent perpendiculairement;

et pour ce levier coudé nous aurons la proportion : P est à Q comme Cb est à Ca. Le Mécanicien au reste n'a pas besoin de dessiner ses bras de levier imaginaires ; il peut calculer directement l'effet de l'obliquité des forces, pourvu qu'il connoisse les angles, et il obtient le même résultat.

Voilà les principes de l'effet du levier, de cette machine dont l'application, comme l'a très bien observé *Mr. de T.*, se retrouve presque par tout.

*Mr. de T.* Veuillez, *Mr. de P.* nous instruire de quelques unes de ces applications.

*Mr. de P.* Volontiers, d'autant plus que je sais que vous donnez la préférence aux choses utiles.

*Mr. de L.* Croyez-vous que nous autres ne soyons pas partisans des choses utiles ?

*Mr. de P.* Vous, Général, vous êtes un grand philosophe. Tout cela est au dessous de vous.

*Mr. de R.* Mais moi qui fais profession d'économie politique ?

*Mr. de P.* Les financiers ont bien d'autres leviers pour enlever l'argent de notre poche !

*Le Comte C.* Et les Ambassadeurs ?

*Mr. de P.* Ils ont les jolies femmes, bien plus intéressantes et bien plus puissantes en Politique que mes leviers en Mécanique.

*Le jeune L.* Et les officiers aux gardes ?

*Mr. de P.* Ils se gâteroient la peau des mains à manier les leviers et ne plairoient plus à la cour.

*Mde. de L.* Et moi, Monsieur *de P.*, que ferez vous de moi ?

*Mr. de P.* Je suppose, Madame, que si je n'ai

pas le talent de vous inspirer quelque intérêt pour la Mécanique, vous aurez assés d'indulgence pour paroître au moins y prendre plaisir.

*Mde. de L.* C'est aussi une méchanceté: car j'y prends vraiment intérêt.

*Mr. de P.* Malheureux que je suis! Quand il m'arrive une fois en ma vie d'être modeste, vous, ange de bonté, vous y cherchez malice! Que ne feront pas ces Messieurs? — Mais puisque vous ne refusez pas votre intérêt aux machines, permettez moi, Madame de contiuner.

*Mde. de L.* Volontiers. Mais dites nous de jolies choses pour éfacer le souvenir de vos méchancetés.

*Mr. de P.* Je vais au moins commencer par des choses d'un genre très relevé. La première application du levier, c'est celle qu'en fait le paveur pour dépaver les rues.

*Mde. de L.* Voilà du sublime d'un nouveau genre!

*Mr. de P.* Madame! Ce qui sauve la vie à des milliers d'hommes et de femmes, est surement quelque chose de sublime. Imaginez une ville exposée au bombardement. Si l'on ne dépavoit pas les rues, la moitié des habitans seroient tués par les pierres que les bombes feroient sauter. Par conséquent la barre de fer qui, poussée avec force entre deux pavés et panchée en suite de côté pour en faire sauter un, tandis que l'autre sert d'apui, est un levier sublime.

*Mde. de L.* Avez-vous encore beaucoup de ce sublime là?

*Mr. de P.* Oui, Madame. La *poulie* par exem-

ple, c'est une levier perpétuel, comme ces almanacs perpétuels qu'on tourne autour d'un clou. Elle ne change rien aux rapports des forces, comme l'almanac ne change rien ni au nombre ni à la durée des jours. La poulie est employée à changer la direction des forces. Elle fait agir de bas en haut ce qui agit naturellement de haut en bas ; elle fait aller à droite ce qui veut aller à gauche. Vous avez vu cela dans la théorie du levier.

*Mde. de L.* Je n'y vois rien de sublime.

*Mr. de P.* Si *Mr. de V* pouvoit prendre sur lui-même de vous contredire, il vous diroit, Madame, que la poulie est l'image la plus sublime qu'on ait jamais donnée de la plus profonde politique. Se tournant toujours sur elle-même, sans changer de place et sans changer de face, elle dirige les mouvemens de tous ceux qui ont à faire à elle et les mène où elle veut, sans le moindre effort et en se donnant l'air de se laisser mener.

A présent je passe à la *balance*. Que n'avons-nous ici un poète pour vous rappeler, Madame, toutes les images superbes de justice, d'équité, de sagesse, de commerce, d'économie, de politique, qu'on a puisées dans l'idée de ce levier bienfaisant ! Être prosaïque que je suis, je passe ces beautés sous silence pour vous ennuyer par une sèche théorie !

*Mde. de L.* Eh bien ! ennuez nous donc.

*Mr. de P.* La balance est de deux espèces, à bras égaux et à bras inégaux. La première espèce est la balance commune, la plus usitée, la plus utile et celle qui est susceptible de la plus grande perfection.

Permettez moi de vous parler d'abord de la seconde

espèce qui se partage encore en deux autres espèces, *variétés*, la première qu'on nomme *balance romaine*, en usage dans le midi et l'ouest de l'Europe, et la seconde, nommée *peson*, en usage au nord et à l'est de l'Europe. Prenons notre première figure de levier (fig. 15) et supposons en C une fouchette qui porte le pivot autour duquel balance le levier, et qu'on tient à la main ou suspendue à un crochet. Imaginez au bout du petit bras AC (que l'on fait à proportion de l'autre encore bien plus court) un crochet, au quel on suspend la chose à peser. En cet état le levier et son crochet doivent être en équilibre, et le levier horizontal. Ajoutez à cela un poids d'une livre (ou d'une once selon qu'on veut peser des choses plus lourdes ou plus légères) fixé à un anneau plat et tranchant à sa circonférence intérieure qu'on peut couler sur le bras BC, jusqu'à ce qu'on ait atteint l'équilibre. Supposez, que l'équilibre ait lieu lorsque le poids se trouve au point D; la proportion du bras de levier DC au bras de levier CB indiquera ce que pèse la chose. Pour ne pas chercher chaque fois cette proportion au moyen du compas et d'une échelle géométrique on fait d'avance les divisions nécessaires sur le levier. D'abord on transporte la longueur AC sur l'autre bras de levier; supposons qu'elle y aille 25 fois; il est clair que le poids d'une livre, lorsqu'il sera au numero 25, indiquera que la chose à peser pèse 25 livres; 6 livres quand il sera au numero 6. Pour avoir le poids des onces, lorsque la chose à peser ne pèse pas précisément un certain nombre de livres, on partage

chaque espace d'une livre à l'autre en 16 parties égales, et si l'anneau ne se trouve pas précisément à une de ces parties pour le cas de l'équilibre, on jugera au coup-d'oeil quelle partie de l'once il y a de plus.

Voilà donc une balance, au moyen de la quelle on peut peser avec le seul poids d'une livre tous les objets qui ne pesent pas plus de 25 livres, et cela avec assez d'exactitude pour ne pas se tromper d'un quart d'once. Cet avantage de n'employer qu'un seul poids, 25 ou 30 fois plus petit que la chose à peser, est très utile lorsqu'on a souvent à peser des masses très lourdes. Aussi cette balance est-elle en usage dans les villes marchandes et dans les ports, pour peser les ballots et les caisses. Car pour ces grands objets on substitue un bassin de balance au simple crochet. En Angleterre où l'on consomme tant de charbon de terre qui doit payer octroi à l'entrée de chaque ville, on a pratiqué dans le massif de la porte de la ville une pareille balance, dont le bassin est au niveau du pavé. On arrête le chariot lorsqu'il se trouve placé dessus, et le peseur, caché dans l'architrave de la porte, pèse le chariot en entier, qu'il n'a besoin pour cet effet de soulever que d'un ou de deux pouces.

*Mr. de R.* Cette méthode de peser est très commode et bien imaginée.

*Mr. de P.* Le *peson* est au contraire une des plus sottes inventions que je connoisse. Reprenons notre figure (fig. 15) et supposez toujours au point A le crochet pour y suspendre les marchandises, et au bout B un poids fixé à demeure au levier. Le levier et le poids sont tous deux de bois et ont la forme cylindrique; le

premier a de règle  $\frac{3}{4}$  de pouce d'épaisseur, le second a trois à quatre pouces et est lesté de plomb. Mais où mettrons-nous le point d'appui? Il n'a pas de place fixe; il est mobile et consiste en une corde nouée par les deux bouts qu'on passe sous le levier et qu'on tient par le haut avec la main, en sorte que le peson balance sur cette corde. Quand on a trouvé l'équilibre, la proportion des bras de levier donne la proportion de la marchandise au poids fixé en B, et le levier est divisé à cet effet. Mais voici le mal de la chose. Cette division ne peut pas se faire en parties égales, et pas même au compas selon les proportions que la théorie indiqueroit, parce que comme le point d'appui change à chaque opération, la masse du peson entier se trouve à chaque opération partagée inégalement entre les deux bras de levier, et qu'il faut en tenir compte. Aussi est on obligé de chercher ces points de division en mettant, à la place des marchandises, des poids connus de 1, 2, 3, 4 livres etc. jusqu'à 25 ou 30 livres. De même pour les demies livres et les quarts. Quant aux onces il n'en est pas question avec une pareille balance, à moins qu'on ne la fasse petite et légère; mais alors on ne pourra guères peser plus d'une livre ou deux.

*Mr. de T.* La balance commune doit être bien plus parfaite que ces deux balances-là.

*Mr. de P.* Assurément et je serois charmé que mon respectable auditoire voulût bien s'intéresser à sa construction qui est bien plus difficile qu'elle ne le paroit au premier coup-d'oeil, s'il s'agit d'une balance très sensible.

*Mr. de L.* Je n'y vois pas de sorcellerie. Il s'agit,

je pense, de placer le point d'appui bien au milieu des points de suspension des bassins, de faire les deux bras de levier bien égaux en poids, de même que les deux bassins.

*Mr. de P.* Chacun de ces trois problèmes est très difficile à résoudre avec une grande exactitude, et vous en avez oublié une quatrième, qui consiste à déterminer la position verticale du point d'appui.

*Mr. de L.* Pour ce quatrième problème, je ne le connois pas du tout; mais pour les autres il me semble que la chose n'est pas difficile.

*Mr. de P.* Examinons d'abord le premier. On exige d'une balance d'une grande justesse, qu'elle indique une différencé de poids d'un cent millième. Essayez donc de tracer la centmillième partie d'un bras de balance de 8 pouces de longueur, puisque un millième de pouce est la plus petite partie encore visible à l'oeil; ici il nous faut une partie  $12\frac{1}{2}$  fois plus petite. La construction des deux bras de levier égaux en poids est une chose impossible, parce qu'on ne peut pas les peser à part et qu'on ne peut pas se fier au compas pour juger de leur poids par leurs dimensions. Enfin on ne se procurera pas facilement deux bassins de poids parfaitement égaux sans une balance très sensible; c'est un problème dont tout le monde ne trouveroit pas aisément la solution.

*Mr. de L.* Je ne m'attendois pas à ces difficultés. Comment s'y prend-on pour construire ces balances si délicates?

*Mr. de P.* D'abord il faut savoir en quoi consis-

te la délicatesse ou sensibilité d'une balance. Imaginez un fléau de balance avec ses bassins et deux poids qui se font équilibre. Cet assemblage de pièces, toutes pesantes, aura un centre commun de gravité, point très important pour nos recherches. Le point d'appui, sur le quel le tout repose, est le second point que nous avons à considérer. Ces deux points peuvent se trouver réunis à la même hauteur en un seul point ou se trouver à différentes hauteurs. Supposons d'abord le premier cas, et plaçons dans un des bassins que nous voulons nommer A, un petit poids pour rompre l'équilibre. Qu'arrivera t-il? le bassin A s'abaissera et le fléau panchera de ce côté jusqu'à ce qu'il ait pris la direction verticale. Car, en ajoutant le petit poids, nous avons déplacé le centre de gravité du tout; nous l'avons fait avancer du côté de A; ce nouveau centre de gravité n'est plus porté par le point d'appui; il doit donc, en vertu de la loi du centre de gravité, tomber jusqu'à ce qu'il se trouve dans la verticale qui passe par le point d'appui, et ce n'est qu'alors qu'il est supporté. En cet état la balance auroit le plus haut degré de sensibilité, par ce que la plus petite différence imaginable entre deux poids, placés sur la balance, feroit pancher le fléau autant que possible, lui feroit décrire au arc de 90 degrés. Mais alors nous ne saurions jamais si la différence entre les deux poids, est grande ou petite et combien il faut ajouter au poids en B pour rétablir l'équilibre.

Posons à présent le second cas, c. à. d. que le centre de gravité de la balance soit un peu audessous du point d'appui, et mettons de nouveau dans le bassin A

un petit poids pour rompre l'équilibre. Il en résultera un nouveau centre de gravité, qui se trouvera dans la même ligne horizontale que le premier et éloigné de lui d'une petite distance proportionnée à la masse du poids ajouté. Ce nouveau centre de gravité n'étant pas appuyé, il tombera jusqu'à ce qu'en décrivant un arc de cerle, il se trouve dans la perpendiculaire du point d'appui. Mais cet arc, qu'il décrit et fait décrire au fléau de la balance, n'est pas un arc de 90 degrés comme auparavant.

*Mr. de T.* Pourquoi pas, puis que ce centre de gravité doit arriver comme l'autre à la perpendiculaire?

*Mr. de P.* Prenons le crayon. Soit le point *a* (fig. 19) le point d'appui, *c* le centre de gravité lorsque l'équilibre existoit encore et que le fléau avoit la situation horizontale *cf*. Soit *d* le centre de gravité, après qu'on a ajouté le petit poids; il est clair que le point *d*, en tombant, ne décrira que l'arc *de*, qui sera d'autant plus grand que la ligne *cd* l'est, et celle-ci d'autant plus grande que le poids ajouté est grand. Or comme le fléau décrit un arc semblable et prend la position *géc*, l'on voit que, par là, la grandeur du petit poids est dans une certaine proportion avec la grandeur de l'arc et qu'on peut juger par la grandeur de cet arc de la grandeur du défaut d'équilibre entre deux poids, et par conséquent se régler là-dessus pour ajouter ou diminuer lorsque l'on veut obtenir l'équilibre,

*Mr. de L.* Voilà bien des détails pour une balance!

*Mr. de P.* Prenez patience, mon Général! Je ne vous ai pas encore dit de quoi dépend la sensibilité de la balance; ce que je viens de dire n'explique que la possibilité d'une balance commode, mais pas encore l'extrême mobilité qu'on peut lui donner.

*Mr. de L.* Dites nous donc cela le plus laconiquement possible.

*Mr. de P.* Tout au contraire, le plus longuement que possible, pour ne pas être obscur. Une balance très sensible est celle qui panche considérablement par l'addition d'un très petit poids placé d'un côté, et nous voulons voir de quoi cela dépend. Nous supposons que nous ayons le même petit poids qui place le centre de gravité de  $c$  en  $d$ , mais que le point d'appui  $a$  soit rabaisé en  $x$ , par ex. jusqu'au milieu de  $ac$ . Il est clair que l'angle  $exd$ , qui détermine le panchement du fléau sera plus grand qu'auparavant. D'où il suit que, plus la distance  $cd$  du point d'appui au centre de gravité  $c$  est petite, plus l'arc d'inclinaison du fléau est grand. Ainsi, si nous voulons avoir une balance très sensible, qui panche par la plus petite addition de poids d'un côté, il faut rapprocher autant que possible le point d'appui du centre de gravité. Et vous pouvez vous imaginer de quelle petitesse la ligne  $ac$  ou  $cx$  doit être, si vous vous rappelez que la ligne  $cd$ , dans une balance très sensible, doit être tout au plus la cent millième partie de la longueur de la moitié du fléau, si le poids qui fait pancher la balance ne doit être que la cent millième partie du poids à peser. Si nous supposons que  $xc$  soit égal à  $cd$ , c. à d. un cent millième de  $cf$ , alors le fléau

pourra pancher de 45 degrés, mobilité qu'on n'a jamais pu atteindre.

*Mr. de T.* Je le conçois. Car comment mesurer une ligne d'une petitesse aussi extrême?

*Mr. de P.* Ce n'est pas seulement à cela que tient la difficulté. Nous en avons encore une autre, causée par le frottement que l'axe du fléau, placé en *a*, éprouve à se mouvoir sur le point d'appui. Dans la théorie du levier je vous ai représenté cet axe par un fil de fer. Dans la balance on lui donne une forme prismatique, comme celle d'une lame de couteau à dos très large et dont le tranchant doit être travaillé avec un soin extrême; car il faut qu'il soit très dur, très aigu et très droit. Un bon axe de fléau de balance est un petit chef d'oeuvre, et pour que ce petit chef d'oeuvre n'entaille pas le point d'appui, la base sur la quelle il repose, on fait cette base également d'acier bien dur et, ce qui vaut encore mieux, d'agate, ou de pierre à fusil.

*Mr. de L.* Je le répète, voilà bien du fracas, pour une balance!

*Mr. de P.* Dévidez, mon cher Général, un bon bout du fil de votre patience. Je suis bien loin d'avoir fini.

*Mde. de L.* J'avoue que tous ces détails me fatiguent un peu; mais je serois fâchée de ne pas en voir la fin.

*Mr. de P.* A présent nous savons ce qu'il nous faut pour une balance bien exacte, bien mobile, bien sensible. Récapitulons. D'abord un levier ou fléau, dont les deux parties, prises du centre de gravité, soient

parfaitement égales en longueur, puis égales en poids ; En suite il faut que le point d'appui soit extrêmement rapproché du centre de gravité, sans l'atteindre ni le dépasser, sans quoi nous aurions ce que l'on appelle une balance folle, qui panchoit jusqu'à la verticale ou même se renverseroit. Ces trois conditions sont difficiles à remplir et il ne nous reste d'autre moyen pour réussir, que le tâtonnement, le compas ne peut nous suffire dans ce travail épineux.

Pour ce tâtonnement il est nécessaire que le centre de gravité  $c$  soit mobile dans le sens de la verticale et horizontalement c. à. d. sur la longueur du fléau. Le premier mouvement se donne ordinairement par une vis qui traverse l'axe du fléau verticalement, étant fixée au fléau lui-même et qui, en se tournant, fait monter ou descendre l'axe de tant soit peu. Le second s'opère ordinairement en déplaçant le point de suspension d'un des bassins, également au moyen d'une vis qui traverse le point de suspension en même tems qu'elle est fixée au bout du fléau.

Pour l'égal partage du poids du fléau de chaque côté du centre de gravité, on a adapté à chaque bout du fléau une vis horizontale sur la quelle on visse un petit disque de laiton qui *par là* peut être rapproché ou éloigné du point d'appui ou du centre de gravité. Ces petites masses mobiles, poids de compensation, font partie de la masse entière dont  $c$  doit être le centre de gravité et sont parlà à même de déplacer ce centre à volonté d'une très petite quantité et par conséquent de le placer où l'on veut.

Mais comme il s'agit de le placer au même point

qui est précisément le milieu entre les points de suspension des bassins, il naît de là une grande difficulté. Car ce milieu, je ne puis pas le trouver au compas, comme cela a déjà été observé. Je ne puis le trouver qu'en faisant des essais, en pesant. Et voilà où commence l'exercice affreux de patience au quel le Physicien doit se soumettre pour avoir une balance bien sensible.

D'abord il faut que le Physicien ait deux poids d'une justesse d'égalité proportionnée à la sensibilité qu'il veut obtenir, pour ne pas dire d'une égalité absolue. Une balance ordinaire ne les lui fournit pas, et il faut qu'il se les procure par sa balance encore imparfaite.

*Mr. de T.* Vous m'étonnez. Comment cela se peut-il? Il n'a pas même encore des bassins égaux en poids, sur les quels il puisse les placer.

*Mr. de P.* Cela n'est pas nécessaire. Il prend deux bassins aussi égaux qu'il peut les avoir avec une balance ordinaire, et les suspend à son fléau qu'il a réglé assez imparfaitement; il place deux poids, passablement égaux entre eux, dans les bassins, et il met le tout en équilibre en ajoutant du poids du côté où il en manque, et il reconnoit l'équilibre à un arc de cercle partagé en degrés et placé près d'un des bouts du fléau. La vis qui supporte le poids de compensation lui sert d'aiguille.

Cela étant fait, il cherche à donner une grande sensibilité à sa balance en faisant agir la vis qui supporte l'axe du fléau; et il s'aperçoit qu'il a réussi lorsqu'il ne faut qu'un poids d'une petitesse extraordinaire, par ex. un morceau de fin papier à lettres très mince de la

grandeur d'une ligne carrée, pour rompre l'équilibre. Pendant cette manoeuvre il s'aperçoit que ses bassins ne se font plus équilibre et il rétablit chaque fois cet équilibre. Il lui arrive souvent de dépasser les bornes en rapprochant le point d'appui du centre de gravité. Il faut une trentaine de tentatives, dont chacune lui coute peut-être dix minutes, avant qu'il ait atteint le degré de mobilité qu'il lui faut, et il n'ose pas se fâcher s'il ne réussit qu'à la cinquantième tentative.

*Mde. de L.* C'est un travail affreux!

*Mr. de P.* Ajoutez à cela qu'à la suite il s'apercevra peut-être qu'il s'est encore trompé. Mais admettons que cela ne soit pas. A présent il peut se faire deux poids aussi parfaitement égaux qu'il les lui faut.

*Mr. de T.* Je suis sur les épines et je crains d'apprendre que la balance ne soit pas encore ajustée.

*Mr. de P.* Sa balance est en équilibre. Il ôte un des poids d'un côté et le garde comme étalon. Puis il met dans le même bassin un autre poids qu'il augmente ou diminue jusqu'à ce qu'il fasse équilibre à celui qui est resté dans l'autre bassin. Il est clair, que, bien que la balance ne soit pas ajustée, ce nouveau poids doit être aussi parfaitement égal à l'étalon que la balance dans son parfait état ne pourra le livrer.

*Mr. de T.* Comme cela est simple! et je ne le devinois pas!

*Mr. de P.* Cette méthode nous procurera égale-

ment deux bassins égaux. Car nous pouvons en ôter un et mettre à sa place un poids qui fasse équilibre à l'autre. Puis nous oterons celui-ci et mettrons à sa place celui que nous avons ôté. Il se trouvera plus léger ou plus pesant; dans le dernier cas une lime douce, appliquée avec beaucoup de circonspection une dizaine de fois, le rammènera au poids, qu'il doit avoir; dans le premier cas on change les bassins, en sorte que celui qu'on veut rectifier soit le plus pesant.

A présent que nous avons deux bassins et deux poids qu'on peut regarder comme réciproquement égaux, nous pouvons nous mettre à ajuster la balance pour rendre ses bras égaux en longueur et en poids.

*Mde. de L.* Ce travail sera-t-il aussi long?

*Mr. de P.* Plus long que tous les autres.

*Mde. de L.* Que je suis malheureuse!

*Mr. de P.* Prenez courage, Madame, et donnez à ces messieurs une preuve éclatante de votre patience.

Le Physicien commence par ôter les poids et les bassins. Le fléau ne sera pas en équilibre, et on supposera que c'est l'inégalité du poids de ses deux bras qui cause ce défaut. Il fera avancer l'une ou l'autre des poids de compensation pour établir l'équilibre. Cela fait, après une demie douzaine d'essais, il suspend ses deux bassins avec leurs poids égaux, et il trouve que l'équilibre est rompu; ce qui prouve que l'un des deux bras est plus long que l'autre. Alors il fait agir la vis au point de suspension d'un des deux bassins pour allonger ou raccourcir ce bras du fléau selon le besoin. Après

maintes épreuves il obtient enfin l'équilibre. Alors il enlève de nouveau les bassins et voilà de nouveau son équilibre rompu. Il retourne à ses poids de compensation et les fait avancer ou reculer jusqu'à ce qu'il obtienne un nouvel équilibre. Observez qu'à chacun de ces petits essais la balance fait quantité d'oscillations avant de se mettre parfaitement en repos et que le Physicien, s'il ne veut pas prolonger ces oscillations à l'infini, doit en attendre la fin sans bouger, parceque le moindre mouvement de l'air les renouvelle. L'équilibre étant rétabli, il ôte les bassins et trouve encore un défaut d'équilibre, mais déjà un peu moindre qu'auparavant. Alors il continue la même manoeuvre jusqu'à ce qu'il atteigne l'équilibre pour le fléau seul et pour le fléau chargé des bassins et des poids. Et il peut se vanter de son bonheur si, après trente changemens pareils, il a atteint le but, et surtout si ces changemens n'ont pas eu d'influence sur la sensibilité de la balance. Car si la vis horizontale, qui avance ou recule l'un des deux bassins ou son point de suspension, n'est pas placée bien parfaitement dans la ligne droite qui passe par les deux points de suspension, le centre de gravité se trouve forcé de monter ou de descendre et la balance devient ou folle ou moins sensible. Quand cela arrive, il faut recommencer à ajuster le centre de gravité et ensuite reprendre le travail pour l'égalité des bras du fléau, jusqu'à ce que l'un et l'autre, la position du centre de gravité et le milieu du levier, soient trouvés.

*Mde. de L.* Tout cela est fort beau et je conçois qu'un Physicien ait la patience de se soumettre à un pareil travail. Mais moi, pauvrette, qui n'aurai jamais

à faire d'une pareille balance, pourquoi me tourmenter par cette description?

*Mr. de P.* J'avoue, Madame, que j'aurois pu vous donner à moins de frais une idée de cette balance. Mais j'ai cru qu'il n'était pas hors d'oeuvre que les gens du monde aient quelque idée des désagrémens aux quels nous nous assujettissons pour parvenir à des résultats que le beau monde veut toujours voir dans leur plus grande simplicité.

*Mde. de L.* Je ne puis vous donner tort. Mais dites moi, mon cher Monsieur *P.*, me tourmenterez-vous souvent de la sorte?

*Mr. de P.* Non, Madame, et j'ai l'honneur de vous assurer que c'est la première et la dernière fois que je me permets de mettre votre patience à cette rude épreuve. Comment pourrois-je me résoudre à abuser de votre bonté, Madame? Je serois un vrai ingrat. Seulement permettez moi de terminer notre entretien par une dernière observation.

.Les balances dont se servent les marchands ne sont pas à beaucoup près aussi exactes que celles dont je viens de parler, et n'ont pas besoin de cette grande exactitude. Mais quelques fois ils ont des balances fausses, à dessein; c'est-à-dire des balances dont un des bras du fléau est plus long que l'autre, et ils ont soin de mettre la marchandise dans le bassin du plus long bras et le poids dans le bassin du plus court, moyenant quoi ils vous livrent moins de marchandise que le poids ne l'indique. Si la différence est d'un seizième, d'un bras du fléau à l'autre, ce qu'on n'aperçoit pas au

coup - d'oeil, ils fripponnent l'acheteur d'une once par livre, ce qui fait 6 et un quart pour cent. On découvre cette fraude en déplaçant les matières, en mettant la marchandise où étoit le poids et le poids où étoit la marchandise. Alors on n'a plus l'équilibre, le poids se trouvant beaucoup plus pesant que la marchandise.

---

## ONZIÈME ENTRETEN.

**Mr. de P.** Etes vous rétablie, Madame, de la fatigue que ma balance vous a causée?

**Mde. de L.** Passablement, mais pas assés, je l'avoue, pour m'exposer de sitôt à une semblable. Aussi j'ai votre parole que vous ne l'exigerez plus.

**Mr. de P.** Et ma parole sacrée, Madame, que je tiendrai religieusement. Disons un mot du *treuil*, machine composée d'un cylindre au travers du quel passent deux leviers qui se croisent à angles droits, et dont on se sert pour élever des fardeaux suspendus à une corde dont le bout est fixé au cylindre autour duquel la corde se tourne à mesure que le fardeau monte. Le cylindre repose sur deux apuis à l'aide de deux tourillons de fer fixés à ses extrémités, qui lui permettent de se tourner avec peu de frottement sur ses point d'appui. On doit le considérer comme un assemblage de leviers qui ont tous leurs points d'appui dans l'axe du cylindre. Cette machine n'est donc qu'un levier répété, dont le rayon du cylindre est le petit bras et la moitié de la longueur de chaque levier est l'autre bras. Si donc le cylindre a 10 pouces de diamètre et chacun des deux leviers 60 pouces de longueur, la force né-

cessaire pour faire équilibre au fardeau, sera au fardeau dans la proportion de 10 à 60 ou de 1 à 6; C'est-à-dire qu'avec une force de 1 livre on fera équilibre à 6 livres de poids. Ainsi, si la force d'un homme appliquée au levier équivaut à 25 livres, un seul homme pourra élever un fardeau de 150 livres.

*Mr. de G.* Mais il est connu qu'un homme peut porter un fardeau de 150 livres sans machine. A quoi nous sert donc le treuil?

*Mr. de P.* Vraiment chacun de nous pourra peut-être supporter 150 livres chargées sur ses épaules, mais combien longtemps? et pourra-il monter avec ce fardeau sur le haut d'une tour ou du fond d'une mine? Il s'agit ici d'une action continuée d'un homme, qui dure au moins 4 heures le matin et autant l'après midi. Voilà pourquoi on n'évalue qu'à 25 livres la force d'un homme. S'il ne s'agissoit que d'un travail de quelques minutes, on pourroit l'évaluer au double ou au triple.

Le *cabestani* est précisément la même machine, avec la seule différence que le cylindre est placé verticalement et qu'il sert plus souvent à tirer des fardeaux ou à arracher des corps attachés quelque part, qu'à élever des poids. Lorsqu'on a des fardeaux très lourds à trainer, on remplace les hommes par des chevaux attelés aux leviers du cabestan. Nous en avons eu un exemple fameux dans la manoeuvre qui a servi à amener, le rocher qui sert de base ou de piedestal à la fameuse statue de Pierre le grand à Pétersbourg. Ce rocher pèse quatre millions.

*Mr. de T.* Sur quel chariot et sur quel chemin a-t-on mené cette masse énorme? Le meilleur pavé devoit s'enfoncer et le plus fort chariot en être écrasé.

*Mr. de P.* Pour le chemin, la Nature en avoit pris soin; on a opéré ce transport pendant l'hyver à 15 ou 20 degrés de froid; et le chariot! il étoit presque invisible.

*Mr. de R.* Voilà qui est drôle, un chariot presque invisible! Ce rocher n'est pas une mouche, *Mr. de P.*

*Mr. de P.* Assurément pas; mais vous allez me comprendre. Ce chariot étoit composé de deux voies de fer de fonte en forme de gouttières, et fixées solidement sur des poutres. Imaginez deux de ces voies posées parallèlement sur le chemin gelé et deux autres semblables sur celles-ci; cela formera comme deux traineaux plats. Mettez entre ces deux paires de voies plusieurs boules de métal, grosses d'environ 6 pouces, qui écartent ces voies l'une de l'autre, ensorte que la voie supérieure puisse se mouvoir sur sa longueur sans toucher l'inférieure; et placez le rocher sur la paire supérieure des voies, voilà le chariot fait et qu'on voit à peine sous la masse immense, qu'il porte. Il ne faut plus qu'une force suffisante pour le faire marcher; car on place en avant une paire de voies inférieures pour mouvoir le rocher lorsqu'il quitte la première paire.

*Mr. de R.* Il y a beaucoup d'esprit et de hardiesse dans cette manoeuvre.

*Mr. de P.* Assurément; aussi les gens de cour,

qui croyoient la chose impossible, disoient-ils par dérision. Ce sera le voyage d'une montagne sur des oeufs.

*Mr. de R.* Il paroît que les oeufs jouent toujours un rôle dans les attaques des gens de cour contre les hommes de génie. Ceci rappelle l'oeuf de Christophe Colomb.

*Mr. de P.* Les courtisans de Pétersbourg eurent cette fois-là un peu raison, mais pas longtems. Le mécanicien avoit fait faire ses boules de bronze, et elles s'écrasèrent en effet comme des oeufs. Mais dès qu'il les eut fait faire de fonte de fer elles résistèrent et le rocher continua sa marche triomphale de 15 Werstes, jusqu'à la Neva, et delà sur l'eau jusqu'à la place de Pétersbourg qui porte le nom du grand homme, dont la statue semble de là commander au Nord de l'Europe. Ces voies de fer de fonte, que l'on a oubliées depuis, les anglois les ont fait ressusciter et les ont établies (seulement les inférieures) sur diverses routes de peu de longueur pour transporter avec plus de facilité leur charbon de terre de la mine jusques sur bord des canaux. Leur vrai inventeur est donc un Russe, Monsieur Beds-koy, qui étoit chargé du voyage du rocher de Pierre le grand : Homme de Génie pour la Mécanique comme Falconet, auteur de la Statue, pour la Sculpture.

*Le Comte C.* Falconet étoit réellement un grand sculpteur. Sa Statue de Pierre le grand annonce un génie hardi qui se fraie une voie nouvelle dans la carrière du sublime, et sa Galathée, dans son groupe de Pygmalion, rivalise par ses grâces avec la Psychée des anciens ; et les deux figures de ce groupe délicieux sur-

passent en sentiment tout ce l'antiquité offre de plus noble et de plus pur dans l'expression de l'amour.

*Mr. de P.* Supporterez-vous, Madame, le saut que je vais oser vous proposer, du groupe de Pégéon et de sa statue vivifiée par un prodige de l'amour — jusqu'aux *roues dentées* de nos machines?

*Mde. de L.* Volontiers; sautons!

*Mr. de P.* Nous voilà transportés par ce saut dans la sorcellerie de la Mécanique. Considérez l'intérieur de cette montre avec toutes ses pièces, qui même ne sont pas toutes visibles; imaginez des rouages pareils de dix, vingt, trente pieds de diamètre dans les grands machines, et changez le foible tic-tac de la montre en un cliquetis, bourdonnement, criaillement, qui étourdit dans les moulins et autres grandes machines.

*Mr. de L.* Vous voulez que nous perdions la tête comme le bon Sancho, lorsqu'il entendit dans la nuit obscure les coups redoublés d'un moulin à foulons et qu'il crut être tombé dans les mains des plus terribles sorciers que l'enfer ait jamais vomis.

*Mr. de P.* Ces machines compliquées, composées de tant de rouages, sont faciles à comprendre dès qu'on sait quel est l'effet de l'engrenage de deux roues de diamètres inégaux. Imaginez sous la figure que j'ai l'honneur de vous dessiner (fig. 20) un cabestan avec ses deux leviers *ab* et *ab*, au cylindre du quel soit adaptée une petite roue dentée *A* (pignon) qui engrène en *e* dans la grande roue dentée *DD*, et que cette roue *DD* porte à son axe un cylindre *B* autour

du quel une corde  $bd$  se roule et porte le poids  $Q$ . Il est clair que, si on presse au point  $a$  du levier horizontal, le pignon  $A$  tournera et fera tourner en sens contraire la roue dentée  $DD$  qui fera tourner le cylindre  $B$  au quel elle est fixée et que le poids  $Q$  sera forcé de monter.

Le rapport de la force  $p$  appliquée en  $a$  au poids  $Q$  pour produire l'équilibre se trouvera facilement. Supposons le levier  $ab$  long de 60 pouces, le diamètre du pignon  $A$  égal à 10 pouces, il est clair que la dent du pignon exercera une force six fois aussi grande que  $p$ ; Cette force s'applique immédiatement à la dent de la roue  $DD$  dans la quelle elle engrène. Supposons à présent le diamètre de la roue  $DD$  égal à 60 pouces et celui du cylindre  $B$  égal à 12 pouces, la force appliquée en  $e$  à la dent de la roue  $DD$ , transportée ainsi en  $c$  sur le cylindre  $B$  sera quintuple de ce qu'elle est en  $e$ . Donc la force, appliquée en  $a$  et transportée par les leviers et le rouage jusqu'en  $c$  où le poids  $Q$  est suspendu, sera multiplié par 6 et par 5; C'est à dire qu'une force d'une livre, appliquée en  $a$  fera équilibre à un poids de 30 livres suspendu en  $c$ , et si nous évaluons la force d'un homme à 25 livres, le poids au quel il pourra faire équilibre, sera de 750 livres. Et nous aurons pour règle générale que la force est au fardeau, dans une machine de ce genre, comme le produit des diamètres du cabestan  $ab$  et de la grande roue  $DD$  au produit des diamètres du pignon  $A$  et du cylindre  $B$ . Dans les suppositions que nous avons faites, nous aurions 10 par 12 à 60 par 60 ou 120 à 3600 ou 1 à 30.

Changeons à présent le cylindre  $B$  en un pignon

et faisons y engrener en *i* la grande roue dentée *EE* fixée au cylindre *C* qui porte la corde *fh* à la quelle le poids *P* est suspendu. La force qui agit en *c* ou en *i*, transportée en *f*, se trouve multipliée dans le rapport des diamètres de la roue et du cylindre, que nous voulons supposer de 66 à 12. Alors nous aurons pour le rapport de la force *p* au poids *P* le rapport des produits 10 par 12 par 12 à 60 par 60 par 66, ou le rapport de 1440 à 39600 ou de 1 à 165; c'est à dire qu'avec une force de 1 livre, appliquée en *a*, nous ferons au moyen de cette machine équilibre à un poids *P* de 165 livres et avec la force d'un homme évaluée à 25 livres on enlèvera un poids de 4125 livres.

*Mr. de R.* Voilà des effets prodigieux.

*Mr. de T.* Je conçois qu'on pourroit les pousser aussi loin qu'on voudroit, en multipliant ainsi le nombre des rouages. Car si on construisoit par ex. une machine de 5 rouages, dont la proportion des diamètres fut de 10 à 1, le rapport de la force au poids seroit de 1 à 100,000, c'est-à-dire qu'avec une force d'une livre on feroit équilibre à un poids de 100,000 livres.

*Le jeune de L.* On peut donc par là et avec une très petite force élever des poids immenses.

*Mr. de P.* Assurément, mais avec une vitesse qui diminue dans la même proportion, tout comme dans le levier. Car si nous examinons la figure, nous trouverons d'abord que si *ab* a 60 pouces de longueur et le pignon 10 pouces de diamètre, les circonférences des cercles décrites dans la supposition du mouvement, étant en raison des diamètres, il est clair que le point *e* du pignon ne montera qu'avec le sixième de

la vitesse avec laquelle le point a descendra. Ce sixième de vitesse sera ensuite diminué dans la proportion de 60 à 12 ou de 5 à 1 de la roue dentée DD au cylindre B, et par conséquent le poids Q montera avec une vitesse qui ne sera que le trentième de celle avec laquelle le point a du levier descendra. Si nous ajoutons l'autre rouage, dont la proportion est de 66 à 12 ou  $5\frac{1}{2}$  à 1, cette vitesse d'un trentième sera encore diminuée dans la même proportion et ne sera par conséquent que  $\frac{1}{105}$  de la vitesse de la force; et dans l'exemple que Mr. de T. a choisi, le poids ne montera qu'avec un cent millième de la vitesse qu'a la force.

*Le jeune L.* Me voilà de nouveau déchu de mes grandes espérances. Car si on perd en vitesse autant qu'on gagne en force, à quoi servent les machines?

*Mr. de P.* Voyons, mon cher ami, si, malgré la loi qui nous fait perdre en vitesse ce que nous gagnons en force, les machines ne servent à rien; prenons pour exemple le rocher de la statue de Pierre le grand qui pèse 4 millions et supposons qu'il ait fallu pour le traîner une force de 400,000 livres. Un homme ne fournissant qu'une force de 25 livres, il eut fallu 16,000 hommes pour le transporter de la manière ordinaire. En employant des cabestans et des moufles on pouvoit réduire ce nombre à 270 hommes, et en employant des chevaux, à environ 40. Et quoique, par ce procédé, la marche du rocher se soit trouvée très ralentie, au moins elle a eu lieu, ce qui n'étoit pas possible sans machine; car vous ne voudrez pas sérieusement atteler 16000 hommes ou 2,300 chevaux à un rocher. En outre nous exécutons beaucoup de mouvemens, nous opérons

bien des choses en Mécanique, non par la force de l'homme ou des animaux, mais par la force du vent, d'une chute d'eau, par l'élasticité des ressorts, et même par celle de la vapeur. Comment appliquerez-vous sans machines ces forces si puissantes et si utiles?

*Le jeune L.* Me voilà bien réfuté et je chanterai désormais les louanges des machines.

*Mr. de P.* Permettez moi de vous observer encore une chose. La lenteur qui vous peine (et je conçois cela à votre âge) peut être très nécessaire, est même souvent le motif de nos soins. Jetez un coup-d'oeil sur votre montre. Son but est de faire tourner l'aiguille des minutes et celle des heures, en sorte que la première ne parcoure le petit cercle décrit sur le cadran que dans une heure et la seconde dans douze heures. Sans la Mécanique nous n'aurions ni montres ni horloges, et nous serions réduits aux clepsidres et cadrans solaires des anciens, misérables pisallers pour la mesure du tems.

Le même mécanisme que j'ai décrit, pris à rebours, produira une vitesse énorme. Imaginez que le poids P soit le moteur, et qu'il se meuve avec une vitesse d'un pied par seconde, les points a et b des leviers a b et ab auront une vitesse de 165 pieds par seconde. Nous avons des cas où nous voulons obtenir une pareille vitesse, malgré le grand sacrifice en force qu'elle suppose.

Ainsi tout se compense dans la Nature et l'habile Mécanicien, quoique réduit à ne gagner que dans un sens, sait employer les lois naturelles pour parvenir à son but.

Mais je ne puis passer sous silence une autre espèce de rouage dont les roues n'ont pas de dents et engrenent cependant les unes dans les autres.

*Mr. de T.* Apparemment la presse à cylindre des imprimeurs en taille douce.

*Mr. de P.* Ce n'est pas à elle que je songeois. J'en ai traité, il est vrai la théorie, mais elle n'est pas assez facile pour nos entretiens. Je veux parler d'une machine, à la quelle on n'a pas donné de nom en théorie, mais qu'on devoit appeler le *rouet*, parce qu'elle se trouve appliquée principalement au rouet à filer. Elle est composée de deux poulies de différents diamètres, dans les gorges des quelles passe une corde dont les bouts sont réunis par un noeud (appelée corde sans fin) et tendue assés fortement pour que, lorsqu'on fait tourner l'une des deux poulies, la corde fasse tourner l'autre. Le frottement de la corde dans les gorges des poulies fait l'engrenage. Si on tourne la petite poulie, on agit avec avantage de force sur la grande et si l'on tourne la grande on agit avec avantage de vitesse sur la petite, dans le rapport des diamètres des poulies, comme avec une engrenage de roues dentées.

*Le Comte C.* Je connois le rouet à filer et quelques petites machines de ce genre où ce mécanisme est employé. Mais je croyois qu'il n'étoit applicable que dans des cas pareils, où la résistance est très petite.

*Mr. de P.* Je l'ai vu employé et je l'ai employé moi-même, dans des cas où la résistance est assés considérable, où par ex. elle exigeroit la force entière d'un ou de deux hommes. Et cette méthode de communiquer le mouvement, a plusieurs avantages souvent très im-

portants. D'abord, si l'on a un mouvement donné dans un certain sens, on peut le transporter à l'autre poulie dans le sens contraire ou dans le même sens, selon qu'on croise la corde sans fin ou qu'on ne la croise pas. Puis on peut changer d'une petite partie la vitesse relative des deux poulies sans changer leur diamètre, en serrant plus ou moins la corde sans fin. On peut aussi exécuter plusieurs gorges de différents diamètres l'une à côté de l'autre sur la même poulie, ce qui a lieu dans les tours des tourneurs. Enfin on peut donner le mouvement à des choses placées à des distances considérables, simplement en faisant la corde sans fin plus longue. J'ai vu une machine de ce genre, où la poulie motrice se trouvoit dans une salle et l'autre dans une autre salle, une troisième dans un second étage, à des distances de 50 à 60 pieds. Pour faire la même chose avec des roues dentées, il faudroit qu'elles fussent d'un très grand diamètre ou qu'elles eussent des axes très longs, ou bien qu'on employât un grand nombre de roues de moyenne grandeur.

*Mde. de L.* Vos rouets me plaisent, et me donnent presque l'envie de filer.

*Mr. de P.* Quand vous en serez là, Madame, je prends sur moi de vous dévoiler dans le rouet à filer une Mécanique très fine que peu de personnes reconnoissent dans cette petite et ingénieuse machine. Au reste je doute fort Madame, que pour me procurer ce plaisir vous vouliez vous mettre à l'ouvrage de votre grand'mère.

*Mr. de L.* Nos dames feroient bien de s'y mettre. Nous aurions le plaisir peut-être de voir un jour

se répéter l'histoire de Pénélope, qui paroît n'être plus de mode.

*Mr. de R.* Général! Pénélope tissoit; et si elle filoit, ce n'étoit sûrement pas au rouet, mais au fuseau. Vous en voulez toujours aux Dames.

*Mr. de L.* Filer ou tisser, fuseau ou rouet; n'importe. Je parle de l'esprit de la chose, de l'amour de la vie domestique, qui a disparu avec le rouet et le fuseau.

*Mr. de R.* Je puis, Général, être de votre avis sans craindre de déplaire à Madame *de L.*, à qui nous reprochons tous de trop aimer son chez soi; et si elle ne soit pas filer, c'est qu'elle ne l'a pas appris au couvent, où de règle on n'apprend que ce qui est à mille lieues des vertus domestiques, qui dans madame *de L.* sont pour moi un miracle.

*Mr. de L.* Diable! vous faites là mon éloge, et comme cela vous arrive rarement, j'ai le droit de m'en rengorger. Car vous savez que ma femme avoit quinze ans lorsque je l'épousai, et c'est par conséquent de moi qu'elle tient ses vertus.

*Mde. de L.* (avec sensibilité) Oui, mon ami, je l'avoue avec plaisir et sérieusement, je me fais gloire même, de tenir de vous ce que j'estime de plus en moi.

*Mr. de L.* (profondément ému) Taisez vous. Vous êtes un Ange. Jamais femme n'a réuni tant de qualités excellentes à tant d'amabilité,

Pause pendant la quelle Madame *de L.* a peine à retenir l'essor de son sentiment.

*Mr. de P.* Continuez cette délicieuse querelle; il m'en coûte de l'interrompre.

*Mde. de L.* Il le faut pourtant, si je ne veux pas entendre de mes propres oreilles la liste de toutes mes perfections. Donnez nous la description d'une nouvelle application du levier.

*Mr. de P.* Comme ce sera aride! Non je ne le puis à présent.

*Mde. de L.* Vous ne m'avez jamais rien refusé.

*Mr. de P.* Le pourrois-je? Permettez moi au moins d'abandonner nos machines ordinaires et d'en choisir une dans l'atelier de la Nature.

*Mde. de L.* Volontiers. Où peut-on être mieux qu'au sein de la Nature?

*Mr. de P.* Nous retrouvons l'application du levier dans nos bras et nos jambes. Je vais prendre pour exemple la partie supérieure de notre bras, et vous en dessiner l'os tant bien que mal.

Voyez au bout B (fig. 21) cette portion ronde de l'os, nommée rotule; elle se loge dans une cavité de l'os de l'épaule, qu'elle remplit et dans la quelle elle peut se mouvoir en tout sens avec le bras entier. Le bout A est la partie, qui, avec le haut bout du bras inférieur, forme le coude. Pour le cas où le bras veut soulever un poids en se mettant dans la position horizontale (cas où il fait le plus grand effort) on peut regarder le point c comme point d'appui. Supposons le poids P placé en a ou au coude. Il s'agit de savoir quelle force il faut pour l'enlever.

Mais auparavant cherchons cette force et la manière dont elle agit. Elle réside dans un muscle nommé Deltoïde qui se trouve placé en partie sur l'épaule, en partie à notre os, au quel il est attaché à une

distance un peu moindre que la moitié de la longueur totale de cet os, ensorte qu'on peut regarder le point  $d$ , où la force est directement appliquée à l'os, égale au tiers de toute la longueur  $ca$  du bras supérieur. Pour soulever le fardeau le muscle deltoïde se raccourcit et force ainsi le bras à monter. Il s'agit donc de savoir de quelle grandeur est la force que la Nature emploie à ce raccourcissement.

Pour cet effet cherchons les bras de levier. Celui du poids est donné immédiatement, c'est  $ca$ . Pour trouver celui de la force tirons du point  $d$  une droite  $dbe$  qui indique la direction de la force, et nous aurons  $cd$  pour bras de levier de la force qui agit sous un angle aigu, tandis que le poids  $P$  agit sous un angle presque droit, que nous pouvons supposer parfaitement droit lorsque le bras n'est pas encore tout-à-fait horizontal. Si à présent nous tirons du point  $c$  une perpendiculaire sur  $dbe$ , cette perpendiculaire  $cb$  représentera le levier imaginaire sur le quel la force agit à angles droits. Ainsi notre bras se trouve être un levier coudé  $acb$ , et, pour faire équilibre, la force sera au poids comme la longueur  $ca$  à la longueur  $cb$ .

*Mr. de T.* Je croyois la solution de ce problème bien plus difficile. Sa simplicité me plait beaucoup.

*Mr. de P.* Par des mesures exactes j'ai trouvé que, pour un bras bien conformé et de moyenne taille, la longueur  $ca$  est de  $11\frac{1}{2}$  pouces et la longueur  $cb$  de 2 pouces. Ainsi pour soulever un poids d'une livre en  $a$  le muscle exercera une force de  $5\frac{3}{4}$  livres; et comme le bras inférieur, depuis le coude jusqu'au milieu de la main, a la même longueur que le bras supérieur de-

puis le coude jusqu'à la rotule, il est clair que, si on suppose le poids au milieu de la main, le muscle devra exercer une force double, c. à. d. une force de  $11\frac{1}{2}$  livres pour supporter une livre.

Le poids seul du bras, qu'on peut évaluer à 7 livres, et dont le centre de gravité se trouve à peu près au coude, exigera donc une force de  $5\frac{3}{4}$  fois 7 ou de  $40\frac{1}{4}$  livres. Et comme un homme peut supporter jusqu'à 25 livres à son poignet, le bras tendu horizontalement, le muscle deltoïde exerce pour ce poids une force de  $11\frac{1}{2}$  fois 25 ou  $287\frac{1}{2}$  livres, et, si l'on ajoute les  $40\frac{1}{4}$  du poids du bras, il s'en suit que le muscle deltoïde peut exercer une force de  $327\frac{3}{4}$  livres.

*Mr. de R.* Cela est étonnant !

*Mr. de P.* En effet ; et d'autres auteurs, tels que Borelli, Muschenbroek, Segner, font monter cette force bien plus haut, le premier jusqu'à plus de 2000 livres, et ces calculs outrés et qui ne sont pas justes, ont contribué à établir le préjugé, que la force des muscles est énorme.

*Mde. de L.* Selon votre calcul elle est déjà assés grande, et je n'immaginois guères que chaque fois que je lève le bras je fais un effort de 40 livres.

*Mr. de P.* Pour vous, Madame, ce n'est que  $34\frac{1}{2}$  livres, votre bras pesant assurément une livre moins que le mien. Et si nous considérons la manière dont la Nature exerce cette force, le ridicule merveilleux de ces forces énormes cessera. Car je ne vois pas ce qu'il y a d'admirable à ce que la Nature emploie des forces, immenses pour obtenir des effets médiocres.

Cette force s'obtient par le raccourcissement du

deltoïde; et ce raccourcissement se fait par un gonflement du muscle. Nous pouvons donc considérer la force qui agit ici comme agissant perpendiculairement à la surface de l'os qui lui sert d'appui, contre les fibres tendues du muscle. Ainsi nous avons le cas d'une infinité de cordes tendues, à qui on fait prendre une courbure par une force appliquée à leur milieu. Or nous avons vu que cette force peut être très petite et vaincre des résistances considérables qui tendent la corde. Imaginez par ex. que *a* soit une corde fixée à l'os par un bout et à un point fixe quelconque par l'autre bout. Si vous la saisissez en *b* pour l'éloigner de l'os, il est clair que vous y employerez une petite force et que cependant le bras entier s'élèvera. Ainsi la force, que la Nature emploie à soulever des poids par l'action des muscles, n'est rien moins qu'énorme et ne surpasse peut-être pas les poids à élever.

*Mde. de L.* Mais pourquoi donc cette mécanique compliquée que j'ai eu assez de peine à comprendre?

*Mr. de P.* Je pourrois, Madame, la justifier d'abord par les principes du beau. Car, comme cette mécanique est fondée sur ce que l'épaisseur de l'os en *B* est 11 fois et demie plus petite que toute la longueur du bras, le poignet y compris, il est clair que, si la Nature avoit voulu employer une force égale au poids avec un levier ordinaire, il eut fallu faire l'épaisseur *cb* de l'os aussi grande que toute la longueur du bras; ce qui eut exigé deux autres bras placés verticalement sur nos épaules qui eussent produit deux piliers bien hideux aux côtés de notre tête.

L'arrangement que la Nature a préféré, outre qu'il

cadre parfaitement avec les lois du bon goût, se justifie sur tout par le but qu'elle s'étoit proposé. Car l'homme ne doit pas être uniquement porte-faix. Ses membres doivent se mouvoir avec vitesse, et la petitesse du bras de levier *cb* y contribue très fort; car dans le même tems que le muscle se raccourcit d'un pouce, ou que le point *b* décrit autour du point *c* un arc de 1 pouce, le poignet décrit un arc de  $11\frac{1}{2}$  pouces, et a parconséquent une vitesse onze fois et demie aussi grande que celle du point *b*.

*Mr. de T.* Cette mécanique est admirable.

*Mde. de P.* Cela vaut bien, je pense, le merveilleux de ces forces énormes que l'on accuse drôlement la Nature d'employer à produire de petits effets; et si nous poussions l'analyse jusqu'aux derniers détails, nous retrouverions sûrement notre loi du levier et de la machine funiculaire parfaitement exécutée et le produit de la force par sa vitesse égal au produit du poids élevé par sa vitesse.

*Mr. de T.* J'en suis persuadé et je n'en admire que davantage le mécanisme du muscle sur le quel la force primitive agit avec tant d'avantage, tout comme sur une corde tendue.

*Mr. de P.* Cette belle Mécanique. la Nature l'a répétée à chaque jointure de nos bras, de nos pieds, de nos doigts et de nos orteils; c'est par tout le même principe. Et ce qui est vraiment admirable, c'est la rapidité de plusieurs de nos mouvemens. Je ne puis jamais voir sans étonnement le jeu d'un habile joueur de clavecin. Avec quelle célérité chacun de ses doigts se porte à la touche et se plie pour la presser! Nous

retrouvons une vitesse de mouvement encore plus prodigieuse dans la langue humaine, dont le mécanisme nous est encore inconnu, pour prononcer l'r; ce qui ne se fait peut-être que par cent vibrations dans une seconde.

Mais quelle est cette force qui anime les muscles, qui produit ces contractions et ces relâchemens avec cette énorme vitesse? C'est ce que nous ignorons totalement, et tout ce qu'on a dit d'une propriété particulière aux muscles, qu'on nomme irritabilité, ne satisfait ni la Logique ni la Physique. Car le mot irritabilité, réduit à sa vraie valeur, ne signifie autre chose que la faculté de se contracter et de se relâcher; il vaudroit tout autant ne rien dire. Nous apprendrons par la suite à connoître des phénomènes qui ont lieu dans l'organisation et hors l'organisation, dont les causes pourroient probablement être assignées de même aux mouvemens des muscles.

---

## DOUZIÈME ENTRETEN.

**Mr. de P.** Imaginez, Madame, une planche panchée vers l'horison, et vous aurez le *plan incliné*. Si nous représentons la coupe de cette planche par la droite AB que je dessine (fig. 21) et que nous tirions du point A une ligne horizontale, et du point B une verticale, dont le point d'intersection soit en C, on appelle la ligne verticale BC la hauteur du plan incliné, la ligne AB sa longueur absolue et la ligne AC sa longueur horizontale ou sa base. Nous supposons au point D un corps pesant, dont nous voulons nommer le poids Q, et que ce corps soit tiré par une force P dans la direction DP parallèle au plan incliné. Notre problème est de savoir quel rapport la force P doit avoir au poids Q pour faire équilibre à ce poids qui repose sur le plan.

**Mr. de T.** Ce rapport dépend sûrement de l'élévation du plan, et je prévois que la hauteur y entrera pour beaucoup. Mais je ne devine pas comment il faut s'y prendre pour trouver ce rapport.

**Mr. de P.** Le poids à élever est pesant; donc il tend naturellement à tomber verticalement, et c'est comme s'il n'étoit pas pesant, mais tiré de haut en

bas par une force verticale. Représentons cette force par la ligne DE. Alors nous pourrions considérer notre corps comme sollicité par deux forces, la pesanteur exprimée par DE et la force P que nous employons pour la tenir en équilibre. Ces deux forces font un angle de direction EDP. Par conséquent elles doivent, en vertu du théorème du parallélogramme des forces, en produire une moyenne.

*Mr. de T.* Votre théorème est un magicien; il est par tout et fait tout.

*Mr. de P.* Je vous l'ai dit. Mais il nous faut encore une considération préalable. Comme le corps doit être tenu en équilibre par ces deux forces, il ne doit ni monter ni descendre le long du plan incliné, et puisque la force moyenne est le produit des deux autres, il s'en suit qu'elle doit être perpendiculaire au plan incliné pour remplir la condition de l'équilibre. Si donc nous traçons du point D une perpendiculaire à AB, nous aurons la direction de la force moyenne, et partant ce qu'il nous faut pour construire le parallélogramme des forces. Tirons donc, du point E qui nous est donné, EG parallèle à la direction de la force P, c. à. d. parallèle au plan, et du point G une parallèle à ED; notre parallélogramme sera construit, et il nous dit: Deux forces dans le rapport de DE à DF, agissant sur le corps en D dans les directions indiquées, tiendront ce corps en équilibre sur le plan incliné AB. Si donc DE représente le poids, DF représentera la force et nous avons parlé la proportion cherchée.

*Mr. de T.* Mais je ne vois pas encore la hauteur du plan dans cette proportion.

*Mr. de P.* Vous l'y trouverez à l'instant en considérant que la Géométrie prouve que le triangle  $FGD$  dont le côté  $DF$  représente la force cherchée et  $FG$  le poids du corps, est semblable au triangle  $BAC$ , et que par conséquent nous pouvons prendre  $BA$  pour  $FG$  et  $BC$  pour  $DF$ . D'où nous tirons la conclusion très facile à retenir : que la force est au poids comme la hauteur du plan incliné est à sa longueur absolue. Ainsi, en supposant que la hauteur du plan soit la moitié de sa longueur (ce qui constitue un angle en  $A$  de 30 degrés) la force, qui doit retenir le corps en repos sur le plan incliné  $AB$ , sera égale à la moitié du poids de ce corps.

*Mde. de L.* Je vous ai laissé finir votre démonstration, *Mr. de P.*, mais avouez qu'elle sent un peu la cathèdre.

*Mr. de P.* Aussi je vous en demande pardon à genoux. C'est *Mr. de T.* qui m'a séduit, et qui sûrement aussi vous a séduite vous-même, Madame, et vous a portée à ne pas m'interrompre.

*Mde. de L.* Vous vous imaginez vraiment qu'une séduction excuse l'autre.

*Mr. de P.* Oui, Madame, quand le juge a lui-même la bonté de se laisser séduire. — Mais comme je vous vois, d'humeur à me faire grâce, je vais me hâter de démontrer un second cas de notre plan incliné ; car ce que je viens de démontrer n'est que le premier cas.

*Mde. de L.* Trêve de démonstrations. Donnez nous votre théorème sans preuve ; nous vous en croyons sur votre parole.

*Mr. de P.* (pathétiquement.) Vous l'ordonnez,

Madame! Eh bien! Lorsque la force, qui retient le corps sur le plan incliné, agit non parallèlement au plan, mais horizontalement, alors la force est au poids comme la hauteur BC du plan est à sa longueur horizontale ou à sa base AC. — Je vous ordonne, Messieurs, par édit de Madame de L., de croire à cette grande vérité, sans m'en demander la preuve.

*Mr. de R.* Pour moi, mauvais géomètre, je n'ose désobeir à l'édit.

*Mr. de V* Qu'en pensez-vous, Monsieur le Comte? Nous autres Politiques, nous sommes, je crois, ordinairement contents d'indices, de vraisemblances.

*Le Comte C.* Nous serions trop heureux si nous avions toujours la probité de Mr. de P. pour garant.

*Mr. de G.* J'aurois bien envie de n'être pas aussi obligeant que Monsieur le Comte; mais je redoute le courroux de Mde. de L.

*Mr. de L.* Et moi. je me contente tout bonnement de ce que Mr. de P. nous donne.

*Le jeune L.* Quel prodige de bonté, mon Papa! Ah! que n'ai-je à l'instant quelque permission à vous demander!

*Mr. de P.* Pour moi je profite de ces heureuses dispositions pour ajouter à mes deux théorèmes, que la Mécanique ne considère pas le plan incliné uniquement par rapport à un poids à élever, mais que, sans se soucier des verticales et des horizontales, elle traite généralement le problème de deux ou plusieurs forces qui agissent contre un plan sous des directions quelconques, et que cette analyse lui sert merveilleusement dans plusieurs problèmes d'ailleurs très difficiles.

*Mr. de T.* Ne voudriez-vous pas, *Mr. de P.* nous parler des applications du plan incliné?

*Mr. de P.* Je le veux bien, et la plus simple de toutes, vous l'avez chaque fois que vous bâtissez. Ces espèces de rampes qu'on applique à l'échafaudage et dont on se sert pour ammener sur la brouette ou sur un petit chariot les matériaux aux différents étages du bâtiment, ce sont des plans inclinés. L'homme, qui pousse la brouette horizontalement pour la faire monter, est dans le cas de la force qui agit sur le plan incliné en direction horizontale, et celui qui tire après lui le petit chariot est dans le cas de la force qui agit parallèlement au plan incliné. L'un et l'autre parviennent à ammener leur charge à la hauteur désirée.

Mais ceci me rappelle que je vous dois encore la comparaison des vitesses pour cette machine comme pour les précédentes. Il semble au premier coup-d'œil que, pour le premier cas du plan incliné, ce problème du rapport des vitesses n'ait pas lieu, la force et le fardeau suivant la même ligne et ayant la même vitesse. Mais il s'agit de l'élévation perpendiculaire du fardeau, qui est le but de la machine. Imaginez à la place de la force un poids  $p$  suspendu à une corde qui passe sur une poulie  $P$ . Si le poids  $p$  entraîne le fardeau, la chute de  $p$  et la marche du fardeau sur le plan incliné seront égales. Mais l'élévation du fardeau ne le sera pas; car tandis que le poids  $p$  parcourt dans la verticale  $Pp$  un espace égal à la longueur absolue du plan incliné, le fardeau ne s'élève que de la hauteur  $CB$ . Ainsi nous avons ici la même loi que pour le levier, c. à. d. que les espaces parcourus et les forces sont en rai-

son inverse les unes des autres et qu'on perd en tems ou en vitesse d'élévation ce qu'on gagné en force. Il en est de même du second cas; car lorsque la force a parcouru un espace égal à la longueur horizontale du plan incliné, le fardeau s'est élevé précisément de la hauteur du plan.

Une autre machine, également bien simple, et qui se rapporte aussi au plan incliné, c'est *le coin*, précisément celui dont on se sert pour fendre le bois.

*Le jeune L.* Je m'aperçois bien de deux plans inclinés qui font les faces du coin, mais je ne vois pas le corps qu'on fait marcher sur ces faces par une force parallèle à l'une d'elles.

*Mr. de P.* Mais si vous avez vu fendre du bois, vous avez vu sûrement les deux faces du coin, les deux plans inclinés, marcher vers l'intérieur de la buche que le coin fend.

*Le jeune L.* Fort bien. Mais .....

*Mr de P,* Mais ne seroit-ce pas la même chose si, au lieu de faire marcher notre fardeau sur le plan incliné, saisissant le plan incliné au point A, je l'avois trainé horizontalement, supposé que j'aie eu soin que le fardeau ne puisse pas reculer? Le fardeau seroit monté de la hauteur CB lorsque le plan incliné eut fait un chemin égal à AC. Voyez le coin que j'ai dessiné (fig. 23). L'angle qui se termine à la ligne cd s'appelle le tranchant, le rectangle abef la tête du coin; L'angle acf est celui que font les faces du coin qui ne sont autre chose que deux plans inclinés. Imaginez par le milieu de la tête et par le tranchant un plan iocd qui traverse le coin sur sa longueur, vous aurez deux plans inclinés

qui font les faces, et le plan  $ioed$ , qui partage l'angle  $acf$  en deux parties égales, représentera le plan horizontal commun aux deux plans inclinés.

Considérez à présent ce profil du coin (fig 24) et supposez deux forces qui agissent contre le coin dans les directions égales et opposées  $gh$  et  $ki$ , et une autre force appliquée en  $a$  qui agisse dans la direction  $oc$ . Si cette dernière force l'emporte sur les premières, le coin avancera dans la direction  $oc$  et pour l'équilibre nous aurons la force appliquée en  $o$  à la force appliquée en  $h$  comme  $fo$  à  $oc$ ; et comme l'autre côté se trouve dans le même cas, nous aurons pour la loi du coin, que la force est à la résistance appliquée à ses deux faces comme la moitié de la largeur de la tête à la longueur.

*Mr. de T.* Dans les autres machines je conçois qu'on puisse prouver le théorème par des expériences; mais dans celle-ci comment peut-on mesurer la résistance du bois à fendre et la force du coup de marteau?

*Mr de P.* Aussi cela n'a-t-il pas lieu et on prouve le théorème au moyen d'un appareil où l'on a un ou deux poids à soulever.

Le coin à fendre le bois n'est pas la seule application que nous ayons du coin; nos couteaux, nos ciseaux, la hache, le ciseau du sculpteur, le rabot du menuisier, les dents de scie, le clou, l'aiguille à coudre et l'épingle, bref tous les instrumens tranchants ou pointus, agissent comme des coins. Plus leur tranchant est aigu, moins ils exigent de force pour agir, parce qu'alors la moitié de la largeur  $aI$  de la tête est fort petite en comparaison de la longueur  $aC$ .

Mais nous avons encore une machine bien utile et

bien ingénieuse, qui se rapporte au plan incliné, *la vis*.

*Mr. de R.* J'ai toujours admiré cette petite machine qui s'insinue si facilement et ne lâche jamais prise.

*Mr. de T.* Et quel effort ne peut-on pas produire avec elle ! L'étau du serrurier me jette toujours dans l'étonnement.

*Mr. de P.* Ainsi vous prendrez intérêt à sa théorie ?

*Mr. de T.* Certainement et je suis sur que Mde. de L. ne lui refusera pas le sien.

*Mde. de L.* Vous pouvez y compter si je puis comprendre cette théorie.

*Mr. de P.* Imaginez une barre carrée, mince et flexible qu'on applique autour d'un cylindre massif sous un angle constant, que la surface de cette barre courbée fait avec l'axe du cylindre, de sorte que cette barre forme des bandes parallèles (filets) autour du cylindre ; vous aurez *la vis*. Imaginez une pareille barre flexible appliquée à l'intérieur d'un cylindre creux sous le même angle que l'autre, vous aurez *l'écrou* de cette vis, et vous pourrez introduire la vis dans l'écrou en tournant l'une ou l'autre, après les avoir placées en sorte que leurs axes se trouvent en ligne droite. Le plus souvent la barre ployante, que nous avons supposée appliquée à la surface des cylindres, est triangulaire ; telles sont la plupart des vis et écrous, telles sont toutes les vis sans écrou qui servent à être introduites dans le bois, par ce que le tranchant du filet sert à former l'écrou dans le bois en y introduisant la vis avec quelque force. Les vis à filets carrés ou plats servent

dans les cas où l'on a besoin de tourner et détourner souvent les vis, ce qui useroit les filets triangulaires trop vite. Les vis des étaus et des presses d'imprimeur sont de ce genre. Elles servent souvent jusqu'à mille fois par jour.

*Le jeune L.* J'aimerois à voir le jeu d'une vis de presse d'imprimeur.

*Mr. de T.* Faisons une visite à une imprimeur. Voilà la meilleure manière de s'instruire des arts mécaniques.

*Le jeune L.* J'accepte avec reconnaissance votre offre obligeante.

*Mr. de P.* La distance qui se trouve entre deux filets de vis s'appelle le *pas* de la vis, et c'est de ce pas que dépend l'action de cette machine. Vous sentirez cela clairement lorsque je vous aurai dit comment on décrit la courbe d'une vis, qui en détermine le pas. Imaginez le triangle rectangle ABC (fig. 25) dont la base AC soit égale à la circonférence du cylindre sur le quel on veut décrire cette courbe, et CB la longueur du pas de la vis. Si vous placez ce triangle autour d'un cylindre ensorte que le point A touche le point C, la ligne AB sera la courbe cherchée, que vous pouvez répéter autant de fois que vous voudrez, en décrivant préalablement des parallèles EF, GH &c. distantes de CB l'une de l'autre. En suivant ces traits à la lime on peut entailler les pas de vis à une profondeur convenable, laissant au filet une épaisseur suffisante. Selon cette construction la vis qu'on tourne dans son écrou est en théorie un plan incliné qui se meut sur le plan également incliné de l'écrou dans une direction paral-

lèle à AC. Nous avons donc le second cas du plan incliné, où la force agit parallèlement à la base du plan. Donc la force sera au fardeau comme la hauteur BC à la base AC, c'est à dire ici comme la hauteur du pas de la vis à la circonférence du cylindre. Si donc BC est par ex.  $\frac{1}{10}$  de AC, une force d'une livre, appliquée à la circonférence de la vis, fera équilibre à une résistance de dix livres.

*Mr. de T.* Voilà déjà une grande multiplication de la force et qui se conçoit très bien lorsqu'on suppose la hauteur du plan très petite à raison de sa longueur horizontale, ce qui a lieu dans la plupart des vis.

*Mr. de P.* Ce n'est pas tout. On n'applique pas la force à la circonférence de la vis, mais à un levier beaucoup plus grand que le rayon, ensorte que le moment de la force s'agrandit par là de beaucoup. Supposez le rayon de la vis que je viens de décrire, long de 6 lignes et le bras de levier, fixé à la vis, long de 6 pouces, la force employée gagnera dans la proportion de 1 à 12. Donc avec une force de 1 livre appliquée au bout du levier on fera équilibre à une résistance de 10 fois 12 ou 120 livres. Et comme un homme peut pour un instant employer une force de 100 livres au moins, il est clair qu'avec cette machine on pourra exercer une force de 12,000 livres.

*Mr. de T.* Cela est prodigieux. Mais la vitesse, avec la quelle on élève réellement le fardeau, sera aussi seulement la douze millièème partie de la vitesse de la force.

*Mr. de P.* Assurément; mais comme on emploie les vis ordinairement pour presser deux corps l'un con-

tre l'autre, on se soucie peu de la vitesse dans ces sortes d'opérations. Ce n'est pas un travail continu, mais seulement de quelques instants. Au reste cette lenteur dans la marche de la vis est l'âme de la machine à divisions dont j'eus l'honneur de vous parler dans le chapitre de la division de la matière. Les pas de la vis de la machine que j'ai fait construire sont si fins que 60 de ces pas font la longueur d'un pouce; c'est-à-dire que la vis doit être tournée 60 fois pour faire avancer d'un pouce le couteau qui fait le trait. Ce n'est pas tout, le levier au moyen du quel je tourne la vis, porte une aiguille de 3 pouces de longueur qui parcourt un cercle partagé en 200 parties égales, ou degrés, en sorte que, lorsque la vis n'est tournée que d'un degré, elle n'avance que de la douzemillième partie d'un pouce, quantité déjà imperceptible à l'oeil; en outre chacun des degrés est encore assez grand pour en assigner le cinquième au coup d'oeil avec beaucoup de sûreté, en sorte qu'on peut pousser l'exactitude de la division jusqu'à la 60 millième partie du pouce.

*Mr. de R.* Voilà le triomphe de la Mécanique en petit comme le voyage du rocher de la Statue de Pierre premier est son triomphe en grand. Cette science est aussi admirable dans ses détails que dans les produits immenses de ses forces.

*Mr. de P.* Pardon, mon cher Monsieur *de R.* vous n'êtes pas encore au terme des effets de la Mécanique dans la petitesse de ses détails; la *vis sans fin* nous en offre des exemples encore plus frappants.

*Mde. de L.* Vous voulez vous amuser de notre ignorance, *Mr. de P.* Peut-il y avoir une vis sans

fin, après que vous nous avez dit assez souvent que la Physique ne connoit pas l'infini.

*Mr. de P.* La vis sans fin, Madame, est de règle assez courte et elle n'a ordinairement que 3 à 4 pas. Mais on l'appelle vis sans fin, parce qu'elle engrène dans une roue dentée et que par là on peut la tourner sans fin, sans qu'elle cesse d'agir, tandis que la vis à écrou cesse d'agir aussitôt qu'elle a fait dans l'écrou le chemin de toute sa longueur.

*Mde. de L.* J'ai peine à vous comprendre.

*Mr. de P.* Le crayon éclaircira la chose. Voilà une roue dentée dessinée tant bien que mal (fig. 26) dont l'axe est en C. Voici une vis sans fin FH, c'est à dire une vis qui n'a que cinq filets ou quatre pas, placée dans les montans ou supports DG et EI, ensorte qu'au moyen de la manivelle HKL on puisse tourner cette vis, dont le pas engrène dans les dents de la roue. Vous verrez aisément qu'il faut faire tourner la vis d'un tour entier pour faire avancer la roue de l'espace d'une dent, l'espace entre deux dents y compris; en sorte que, si la roue a 100 dents, elle n'aura fait une révolution entière que lorsque la vis ou la manivelle en aura fait cent. Imaginez que l'axe C de la roue porte une vis qui engrène dans une roue également de 100 dents; Cette seconde roue n'aura fait une révolution entière que lorsque la manivelle HKL aura fait 100 fois 100 ou 10000 tours. Imaginez à l'axe de cette seconde roue une troisième vis qui engrenne dans une troisième roue à 100 dents, cette troisième roue n'aura fait sa révolution entière que lorsque la manivelle en aura fait 100 fois 10000, c. à. d. un million de tours.

*Mde. de L.* Combien de vis et de roues dentées ajouterez-vous encore pour m'étourdir par la grandeur des nombres ?

*Mr. de P.* Si j'en ajoutois encore trois, je parlerois, Madame, de billions ; mais j'en reste aux trois premières, et je vous prie d'observer que, lorsque la vis ou la manivelle a fait un tour, c'est à dire lorsqu'un point de la première roue est avancé de la longueur du pas de la vis, un point quelconque de la troisième roue n'est avancé que de la cent millième partie de ce pas, et que si nous adaptions à la manivelle une aiguille qui fit sa révolution sur un cercle de 200 degrés, chacun de ces degrés correspondroit à la vingt millionième partie du pas de la vis. Or comme dans une machine pareille le pas de la vis a à peine  $\frac{1}{16}$  de pouce, il est clair que, au moyen de cette machine, on pourroit partager le pouce en deux cent millions de parties égales.

*Mr. de T.* Mais a-t-on jamais fait une pareille machine ?

*Mr. de R.* Moi-même j'en ai fait exécuter une, non pas pour diviser le pouce en deux cent millions de parties égales, division qui n'auroit aucun but, mais pour compter avec sûreté et facilité les révolutions d'un volant que j'avais fixé en H à la place de la manivelle pour mesurer la vitesse d'un courant d'air. Cette machine me procuroit la facilité de n'avoir pas besoin de compter les révolutions de mon volant dans un tems donné ; car comme chaque roue avoit une aiguille et que les dents numérotées me servoient de cadran, je lisois sur mes roues le nombre des révolutions de mon volant à chaque minute, et comme la machine frap-

pée même d'un vent impétueux pouvoit aller un jour entier avant que la troisième roue ait fait sa révolution entière, je n'avois pas besoin de recommencer à compter pour tenir le journal d'une expérience qui duroit plusieurs heures.

*Le jeune L.* N'auroit-on pas pu employer une pareille machine en grand pour faire marcher le rocher de Pierre premier? Un homme auroit suffi pour le mener.

*Mr. de P.* Assurément. Mais la marche eut été un peu trop grave; ce grand Seigneur n'eut fait qu'à peu près un pouce de chemin par journée de dix heures.

Vous ne désirez sûrement pas, Madame, que je pousse plus loin l'énumération des machines qui se rapportant au plan incliné, et si vous me demandez si la Nature se sert aussi du plan incliné, j'aurai l'honneur de vous répondre que la pente d'une montagne est un plan incliné que la Nature offre à l'homme comme au chamois pour gravir les plus hautes sommités, dont la surface de notre globe est parsemée. Mes connoissance ne vont pas assez loin pour pouvoir dire dans quelle partie de l'organisation animale la nature a employé le plan incliné; je ne me souviens pas d'y avoir observé cette application.

Je crois que, ce que j'ai eu l'honneur de vous dire en général sur les machines, suffira pour vous convaincre que réellement toutes nos machines se rapportent aux trois machines fondamentales qui sont la machine funiculaire, le levier et le plan incliné. Il y a eu des auteurs qui ont voulu réduire ces trois au seul levier.

Mais leurs démonstrations ne sont ni claires ni rigoureuses. Le vrai principe général de toute Mécanique est celui que Newton a posé, et qu'on a eu tort d'abandonner, le grand théorème du parallélogramme des forces.

Il ne me reste plus qu'à vous parler d'un problème fameux de Mécanique qui a tourné bien des têtes et même fait le malheur de plus d'une famille.

*Mr. de R.* Quel problème pourroit-ce donc être?

*Mr. de P.* C'est précisément vous qui devriez le deviner le plus aisément; car c'est un problème d'économie.

*Mr. de R.* Il me semble que dans toute la Mécanique il est question de l'économie, c. à. d. du bon emploi des forces qu'on a à sa disposition.

*Mr. de P.* Fort bien; mais il s'agit ici d'économie politique, c'est à dire de faire quelque chose de rien. Bref, c'est le problème du *mouvement perpetuel*. On veut inventer une machine qui, une fois mise en mouvement, aille toujours d'elle-même, sans que la force qui lui a communiqué le mouvement continue d'agir, et la machine doit en outre être en état d'élever des poids, de vaincre des résistances, de faire aller des moulins.

*Mr. de R.* Je ne vois pas d'économie politique à cela.

*Mr. de P.* Pardon, Monsieur *de R.* Je crois ma comparaison très juste. Les Economes des nations veulent toujours arranger leur machine économique en sorte que le peuple et le Prince gagnent tous deux, comme l'inventeur du mouvement perpétuel veut que la force et la vitesse gagnent l'un et l'autre. Je ne

veux pas examiner si le problème est possible en économie politique : mais je me permets d'assurer qu'il est absurde en Mécanique.

*Mr. de G.* Mauvais augure pour les finances des nations. D'autant plus qu'il me semble plus facile de manier les forces mécaniques que les forces morales.

*Mr. de R.* Je vous répondrai tout à l'heure, Monsieur de G ; permettez moi seulement une question à Mr. de P.

*Mr. de P.* Volontiers si je puis y répondre.

*Mr. de R.* Qu'est-ce qui empêche un pendule de se mouvoir sans fin ?

*Mr. de P.* Le frottement au point de suspension et la résistance de l'air.

*Mr. de R.* Eh bien si l'économe des nations ne s'érige pas en dispensateur des richesses nationales, mais se contente d'éloigner les obstacles qui s'opposent au mouvement physique et moral de la nation, s'il n'appuie que sur la liberté de l'industrie pour en assurer les produits au Peuple et au Prince, son travail sera-t-il infructueux ? Et pourra-t-on le mettre au rang des soi-disants inventeurs du mouvement perpétuel, même dans la supposition qu'il ne parvienne pas à éloigner tous les obstacles et à produire un mouvement absolument libre ?

*Mr de P.* Heureusement vous n'aviez pas besoin de cette apologie contre ma plaisanterie. Votre excellent ouvrage la contient et il seroit la justification de tous les financiers, si tous les financiers étoient de

votre avis, ou plutôt si tous les Princes avoient le bon esprit de vouloir des financiers de ce genre.

*Mr. de T.* Veuillez, *Mr. de P.*, ne pas me trouver ridicule en vous demandant si en effet le mouvement perpétuel est impossible.

*Mr de P.* Comment pourrois-je trouver cette question ridicule, un célèbre Mécanicien de nos jours croioit bien avoir trouvé et, qui plus est, avoir démontré par de longs calculs, le mouvement perpétuel dans une espèce de pompe ?

*Mr. de T.* C'est précisément où je voulois en venir. L'Hydraulique, qui opère tant de prodiges par le mouvement de l'eau, ne viendrait-elle pas à bout de la solution de ce problème ?

*Mr. de P.* Vous allez en juger vous-même. D'abord nous pouvons être persuadés que la simple Mécanique n'en est pas capable. Car pour produire un mouvement perpétuel, sans renouveler la force d'instant en instant, il faudroit que, pendant que la force agit sur la machine, elle produisit un mouvement plus grand qu'elle-même, que nous eussions gagné à la fois en force et en vitesse pour avoir un surplus qui surmontât le frottement et la résistance de l'air. Or nous avons vu que, dans les trois machines fondamentales, aux quelles se réduisent toutes les autres, cette chose est impossible. Ainsi la Mécanique ordinaire ne résoudra pas le problème.

Voyons ce que peut l'Hydraulique. Elle ne se distingue de la Mécaniques des solides que parce qu'elle emploie des fluides au lieu de solides, comme causes et

souvent aussi comme effets. Mais les intermédiaires, au moyen des quels la cause et l'effet, la force et la résistance, agissent l'une sur l'autre, sont des machines, des leviers, des cordes, des rouages, des plans inclinés, variés comme vous voudrez, mais toujours des machines dans le sens ordinaire. La roue de moulin par ex. est une roue dentée ou un treuil, sur la quelle un courant d'eau agit, au lieu du ressort dans une montre ou des bras d'un ouvrier dans beaucoup d'autres machines. On a cru qu'au moyen d'une roue de moulin et de la chute d'une portion d'eau contenue dans un médiocre réservoir, on pourroit élever par une ou plusieurs pompes toute l'eau qui s'écoule, à la même hauteur de la quelle elle tombe. Mais les pompes elles-mêmes sont composées de leviers et sujettes à la loi du levier, et s'il n'existoit ni frottements ni résistance de la part de l'air et de l'eau dans la quelle la roue se meut, on concevroit qu'il fût possible que toute l'eau, qui par sa chute a mis la roue en mouvement, puisse être transportée à sa hauteur primitive et retomber sur la roue pour continuer le mouvement, au reste sans gagner aucun surplus. Mais le frottement de la roue et des pompes et les autres résistances enlèvent à la roue une partie de la force qui ne devrait être employée qu'à élever l'eau. Ainsi la machine n'élèvera pas toute l'eau qui a passé sous la roue et par conséquent cessera bientôt d'aller, faute d'eau dans le réservoir.

Ajoutez à cela que dans ces machines compliquées le Mécanicien ne réussit jamais à faire agir ses forces en direction parfaitement perpendiculaire aux bras de levier et que le théorème du parallélogramme des for-

ces nous a prouvé que dans le cas de l'obliquité il y a toujours un déchet de force.

*Mr. de T.* Me voilà convaincu, et je voudrois bien partager cette conviction avec mainte tête ingénieuse mais non instruite qui consume ses forces intellectuelles, son tems et souvent la subsistance de sa famille, pour courir après cette chimère. J'ai connu un homme, excellent serrurier, qui vivoit très à son aise avec son métier, mais qui, s'étant entiché de cette idée, s'est ruiné complètement et a fini par se tuer de désespoir.

*Mde. de L.* Vous terminez, mon cher Monsieur *de T.* cet entretien sur les machines bien tragiquement. Ce pauvre homme et sa famille délaissée me font pitié!

*Mr. de P.* Pour vous défaire de ces idées tristes, jetez, Madame, un coup-d'oeil sur les astres qui dans ce moment brillent d'une si belle lumière. Voyez la lune dans sa marche régulière autour de nous; représentez vous notre terre et les autres planètes avec leurs satellites faisant leur course mesurée autour du soleil. Les mouvemens de tous ces corps célestes ne cessent pas; leur vitesse est toujours la même et elle enchante toujours l'esprit de l'homme, de génération en génération. Voilà des mouvemens perpétuels. Mais il n'appartient qu'à la Divinité de les exécuter, par ce que c'est elle qui crée les forces qui produisent le mouvement, tandis que nous, foibles mortels, ne pouvons pas disposer des forces de la Nature, mais seulement d'une petite portion de mouvement déjà existant. Car

toutes nos machines, quelque ingénieuses qu'elles soient, ne font autre chose que transmettre d'un corps à un autre un mouvement déjà donné par la Nature et en modifier ou la vitesse ou la direction ou l'une et l'autre.

---

## TREIZIÈME ENTRETEN.

*Mr. de P.* Après nous être entretenus des lois de l'équilibre, veuillez, Madame et Messieurs, me prêter toute votre attention, pour la théorie du mouvement, de ces lois constantes, immuables, éternelles qui, le compas et la balance à la main, président à tous les phénomènes et en prescrivent les résultats.

*Mde. de L.* Quel ton solennel vous prenez aujourd'hui, Monsieur *de P.*!

*Mr. de R.* Je m'effraie d'avance des difficultés qu'il annonce.

*Mr. de P.* (très gravement) Vous n'avez pas tort de vous effrayer d'avance, car on ne s'effraie jamais après coup.

*Mr. de G.* Notre ami nous plaisante avec ce ton oratoire.

*Mr. de P.* Vous plaisantez vous-même, et sur un sujet qui ne prête pas à la plaisanterie: Car la théorie du mouvement comprend d'abord le mouvement accéléré et retardé, puis le mouvement produit par les forces centrales, puis celui qu'on opère dans les machines, enfin le choc des corps. Croyez vous encore que je plaisanterai sur quatre sujets aussi importants.

*Mde. de L.* Me voilà revenue de ma frayeur. Plus la matière est difficile et plus je compte sur la peine que Monsieur *de P.* voudra bien se donner pour rendre tout ce qu'il dira intelligible.

*Mr. de P.* Ou plutôt sur la vraie satisfaction que j'aurai, Madame, si je parviens à vous présenter ces objets de manière à ne pas vous déplaire. Réellement et à présent sans badinage, je désire infiniment vous donner une juste idée du mouvement sous tous ces points de vue, sans vous fatiguer. Et si je n'y réussis pas comme je le souhaite, je vous prie de ne pas me refuser votre indulgence.

*Mde. de L.* Comptez d'avance sur toute ma reconnaissance; car je suis bien persuadée que ce sera ma faute si je ne vous comprends pas. Je ne me réserve que la permission de vous demander au besoin des éclaircissemens.

*Mr. de L.* Si Monsieur *de P.* n'est pas clair, nous le mettrons à la question.

*Mr. de G.* Nous ferons parler la Sybille jusqu'à ce que ses oracles soient clairs et intelligibles. Dites nous d'abord ce que c'est que le mouvement accéléré et retardé.

*Mr. de P.* Le *mouvement accéléré* est celui dont la vitesse augmente et le *mouvement retardé* est celui dont la vitesse diminue, d'instant en instant. Cette augmentation et cette diminution de vitesse peut être régulière ou irrégulière. Nous n'aurons à faire qu'à ce qui est régulier, trop heureux d'en venir à bout.

D'abord vous savez que cette augmentation ou di-

minution régulière de la vitesse peut être soumise à différentes lois.

*Mde. de J.* Expliquez le moi.

*Mr. de P.* On pourroit imaginer par ex. qu'un corps, qui a un mouvement accéléré, parcourt des espaces qui seroient en proportion des tems, que, si dans la première seconde il parcourt un espace d'un pied, il en parcourt deux dans la deuxième, trois dans la troisième, quatre dans la quatrième et ainsi de suite.

*Mde. de L.* Ce mouvement paroît bien naturel.

*Mr. de P.* Il le paroît, mais permettez moi de vous dire qu'il ne l'est pas; car la Nature ne vous offre nulle part un pareil mouvement. Cela vous surprend, Messieurs; Eh bien! nous allons voir qu'il n'est pas même probable qu'un mouvement de ce genre soit possible. D'abord si nous considérons la cause des mouvemens accélérés, nous ne la chercherons pas dans une impulsion quelconque, c'est à dire dans une pression ou dans un choc, opérations qui ne peuvent point produire d'accélération. L'accélération est donc le résultat d'une force interne, d'une de ces causes du mouvement à nous inconnues, d'une attraction. Cette attraction, grande ou petite, mais agissant continuellement sur le corps mu, lui donnera d'instant en instant un nouveau degré de vitesse. Ce cas est celui de la chute des corps vers la terre, et il semble que ce devroit être celui dont nous parlions, où les espaces, parcourus dans des tems successivement égaux, seroient exprimés par les nombres mêmes des tems 1, 2, 3, 4, 5 &c. Mais précisément la théorie de la chute des corps et les expériences nous apprennent que ces espaces par-

courus se représentent par la série des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9 &c., et c'est de l'addition de ces nombres, à commencer toujours par le premier, que résulte la loi de Galilée: que les espaces parcourus dans des tems donnés, à compter du commencement de la chute, sont en raison des carrés des tems. Car si on ajoute les deux premiers nombres on aura 4; si on y ajoute le troisième on aura 9; si on y ajoute le quatrième on aura 16, et ainsi de suite. Or ces nombres 1, 4, 9, 16, 25 &c. sont les carrés des nombres 1, 2, 3, 4, 5 &c. qui représentent les tems.

*Mde. de L.* Ces nombres impairs me chipotent et je ne vois pas pourquoi la nature les a préférés à la suite naturelle des nombres.

*Mr. de P.* Elle ne pouvoit pas faire autrement, et en voici la raison. Imaginez qu'un corps soit tombé pendant une minute ou 60 secondes; il aura à la fin de sa chute une certaine vitesse qui est composée de 60 vitesses qu'il a acquises de seconde en seconde. Nous pouvons par conséquent considérer l'espace parcouru pendant toute la minute comme parcouru avec une vitesse moyenne et égale à la moitié de la vitesse qu'il a à la fin de la minute. Si donc ce corps cessoit d'être pesant et qu'il se mut seulement en vertu de l'inertie et avec cette vitesse qu'il a à la fin de la minute, il est clair qu'il parcourroit pendant la seconde minute un espace double de celui qu'il a réellement parcouru pendant la première. Et voilà un nouveau théorème sur la chute des corps.

*Mde. de L.* Je conçois cela; mais quel rapport cela a-t-il à nos nombres?

*Mr. de P.* L'application est simple. Supposez le corps tombé pendant un tems quelconque, grand ou petit, et que l'espace parcouru pendant ce premier temps soit exprimé par l'unité. S'il ne continuoit son chemin qu'en vertu de l'inertie, il décriroit dans le second tems, égal au premier, un espace exprimé par 2. Mais pendant ce second tems il acquiert par la pesanteur autant de vitesse que pendant le premier tems, ainsi la pesanteur lui fera parcourir en outre un espace égal au premier c. à d. à l'unité. Donc tout l'espace parcouru dans le second tems sera la somme de ces deux espaces, c. à d. deux et un, ou trois. A la fin de ce second tems il a acquis deux degrés de vitesse ou une vitesse double, et le chemin qu'il fera pendant le troisième tems, en vertu de l'inertie, sera double de l'espace qu'il auroit parcouru pendant le second tems, et sera exprimé par le nombre 4. Ajoutez à cet espace 4 l'espace simple que le nouveau degré de vitesse acquis par la pesanteur lui fait parcourir en sus dans ce troisième tems, et vous avez 5 pour l'expression de tout l'espace que le corps parcourt pendant le troisième tems. Nous voilà donc nécessairement dans les nombres impairs 1, 3, 5, et la continuation de ce raisonnement nous fournira les suivants.

*Mde. de L.* Dieu merci! nous en sommes là.

*Mr. de P.* Permettez moi Madame, d'ajouter une nouvelle difficulté aux précédentes, c'est que les corps dans leur chute ne suivent pas à la rigueur la loi de Galilée.

*Mde. de L.* Vous nous en avez déjà parlé; l'air s'oppose à leur mouvement et retarde un peu la chute.

*Mr. de P.* Ceci est un incident ; il est question ici de la loi de la chute, pure et simple, sans incidents. N'oubliez pas la loi de Newton : que la force d'attraction augmente en raison inverse du carré des distances.

*Mde. de L.* Vous voulez épuiser ma patience et mon peu de tête.

*Mr. de P.* Ce n'est pas moi ; Madame, mais la Nature. Supposez qu'un de nos corps tombât sur le soleil ; sa pesanteur vers le soleil augmentera à mesure que le corps s'approchera de cet astre. Or l'accélération exprimée par la loi de Galilée suppose cette pesanteur égale pendant tout le tems de la chute. Donc le corps que nous supposons aura deux accélérations, celle de la pesanteur constamment renouvelée, et celle de la pesanteur constamment augmentée. Ce qui rend la loi de ce mouvement doublement accéléré, très compliquée. Heureusement pour la connoissance des phénomènes de la chute des corps à la surface de notre terre, nous pouvons nous contenter de la loi de Galilée, par ce que la seconde espèce d'accélération, celle de la loi de Newton, est, dans le court espace que les corps ont à parcourir, si petite que nous pouvons la négliger sans erreur sensible.

*Mde. de L.* Si cela est, pourquoi nous effrayer inutilement ?

*Mr. de P.* Ce n'est pas inutilement, Madame. Car si le Physicien peut se passer de la loi de Neuton dans la Mécanique terrestre, l'Astronome en a absolument besoin dans la Mécanique céleste ; et vous avez sûrement quelque plaisir à savoir que la Nature sait combiner merveilleusement ces deux lois, quoique nous

ayons de la peine à la suivre dans cette combinaison.

*Mr. de T.* Nous avons souvent parlé de la vitesse de la chute des corps. Comment mesure-t-on cette vitesse ?

*Mr. de P.* On prouve, en conséquence de nos considérations, que les espaces parcourus, depuis le commencement de la chute jusqu'à sa fin, sont en raison des carrés des vitesses, et que par conséquent les vitesses sont comme les racines carrées des espaces parcourus.

*Mr. de L.* Arrêtez un moment, *Mr. de P.*, et dites moi ce que c'est qu'une racine carrée. Je n'en ai jamais vues que de rondes, comme la pomme de terre, ou de coniques comme la carotte.

*Mr. de P.* Vous savez, Madame, ce que c'est que le carré d'un nombre. Le nombre comparé à son carré s'appelle la racine carrée; ainsi 3 est la racine carrée de 9; 5 celle de 25 &c.

Ce théorème connu; il ne faut plus qu'une expérience sûre qui serve de base; et celle que j'ai déjà alléguée: qu'un corps qui tombe parcourt dans la première seconde un espace de 15 pieds, peut en servir. D'où il suit que la vitesse qu'il a acquise en tombant de 15 pieds de hauteur est double, c'est-à-dire 30 pieds par seconde. Au moyen de cette base et de notre théorème on calcule toutes les vitesses de la chute.

Continuons à considérer la chute des corps et voyons ce qui se passera lorsque nous placerons une boule sur un plan incliné. Elle roulera le long de ce plan avec une vitesse accélérée; car l'effet de sa pesanteur n'est pas anéanti par le plan incliné; il n'est que di-

miuë, et l'on prouve, en combinant la loi de la chute libre avec la théorie du plan incliné :

1) Que cette chute le long du plan incliné est un mouvement uniformément accéléré selon la même loi que la chute libre ou perpendiculaire.

2) Que cette chute est plus lente que la chute libre en proportion de la longueur absolue du plan à sa hauteur; c. à d., que le tems nécessaire à la chute de la boule le long de notre plan incliné  $AB$  (fig 22) est au tems de la chute le long de la hauteur  $BC$ , comme  $AB$  à  $BC$ . Si par ex: la longueur du plan est double de la hauteur, et si la boule a besoin d'une seconde pour parcourir dans sa chute libre la hauteur  $BC$ , elle aura besoin de deux secondes pour parcourir la longueur  $BA$ .

3) Que lorsque la boule est arrivée à l'horizon  $AC$  soit par le chemin de la verticale  $BC$ , soit par le chemin de la ligne oblique  $BA$ , à la fin de sa chute elle aura, dans l'une et l'autre cas, la même vitesse.

*Mr. de T* Ce dernier ce théorème est-il applicable au cas où la ligne  $AB$  seroit une courbe?

*Mr. de P.* Assurément, quelque courbure qu'ait la ligne  $BA$  la boule, arrivant en  $A$ , aura la même vitesse que si elle étoit tombée verticalement de  $B$  en  $C$ .

*Mr. de T.* Cela doit fournir le principe du calcul pour les roues de moulin; car si on calcule la vitesse qu'un corps a en tombant verticalement de  $B$  en  $C$ , on a la vitesse avec laquelle l'eau frappe les ailes d'une roue de moulin qui se trouveroient au point  $A$ . Et je crois même qu'on peut mesurer par là la dépense d'eau qu'exige une roue de moulin, en mesurant la coupe du

courant à ce point A et en la multipliant par la vitesse calculée.

*Mr. de P.* Je suis charmé que vous m'ayez prévenu sur cette importante et utile application de notre troisième théorème. Maintenant passons à une nouvelle. Vous venez d'observer, *Mr. de T.*, qu'un corps qui tombe le long d'une courbe a acquis au plus bas point de sa chute la même vitesse que s'il étoit tombé de la hauteur perpendiculaire de la courbe. Le pendule, que je vous dessine (fig. 27) en décrivant son arc de cercle AB, est un corps qui tombe le long d'une courbe; il aura donc à la fin de sa chute, c'est-à-dire dans la situation verticale CB, une vitesse égale à celle qu'il auroit acquise en tombant de la hauteur BE, et comme l'inertie lui conserve son mouvement, il ira plus loin. Mais comme le fil le retient à une distance fixe du point C, ce mouvement lui fera décrire l'arc de cercle BD égal à AB; mais ce mouvement sera retardé jusqu'à ce que, le pendule étant arrivé au point D, sa vitesse devienne nulle ou égale à zéro, après quoi il retombera le long du même arc et répétera ses oscillations le long de l'arc DBA, oscillations qui n'auroient point de fin, si le frottement au point de suspension C et la résistance de l'air ne les diminuoient peu à peu. Un pendule, dont le point de suspension est fait comme le point d'appui d'une balance, continue ses oscillations pendant 4 à 5 heures.

*Mr. de T.* Pourquoi le pendule, après être arrivé au plus bas point B de sa chute, n'arrive-t-il que précisément jusqu'à la fin d'un arc BD égal à l'arc AB?

*Mr. de P.* Arrivé au point B le corps tombant a

une certaine vitesse (proportionnelle à la racine carrée de la hauteur BE de sa chute) et pour continuer son mouvement il doit remonter comme il est descendu, mais sa pesanteur s'y oppose, et si le corps monte en effet, c'est que sa pesanteur est surmontée par le mouvement qu'il avoit en B. Mais cette pesanteur, qui agit à chaque instant, diminue aussi à chaque instant le mouvement et finit par l'anéantir. Or comme le mouvement que le corps a en B est une addition de tous les effets de la pesanteur pendant que le corps tombe le long de l'arc AB, il est clair qu'il doit être totalement absorbé par la somme de tous les effets de la pesanteur lorsque le corps a parcouru en remontant l'arc BD égal à l'arc AB.

Nous avons le même résultat lorsque nous jetons un corps verticalement ou en direction contraire à la pesanteur. La vitesse que nous lui donnons est déterminée, et cette vitesse est continuellement contrariée, et par conséquent diminuée, par l'action perpétuelle de la pesanteur. Elle doit donc enfin s'épuiser, et le corps ne monte qu'à une certaine hauteur, après quoi il est forcé de retomber.

Mais retournons à notre pendule, cet instrument ingénieux et savant qui nous livre la mesure la plus exacte du tems et qui nous a procuré plusieurs importantes découvertes en Physique.

*Mde. de L.* Il me semble que les montres nous donnent la mesure la plus exacte du tems.

*Mr. de P.* Les horloges, Madame, ont cet avantage à un degré supérieur et le tiennent du pendule. C'est à lui proprement que l'Astronome doit cette exac-

titude étonnante dans ses observations; et tous ces avantages presque immenses pour la science de la Nature dérivent d'un seul théorème que je vais avoir l'honneur de vous faire connaître.

*Mde. de L.* J'en serai charmée, pourvu que je puisse le comprendre.

*Mr. de P.* Imaginez un second pendule CF plus court que celui que je viens de vous dessiner (fig 27) et qui fasse ses oscillations le long de l'arc GFH tandis que le pendule CA fait les siennes et cela sans que l'un dépende de l'autre. Notre théorème est que *les nombres d'oscillations, que ces deux pendules feront dans le même tems, seront en raison inverse des racines carrées des longueurs des pendules.* Quelques principes de Géométrie, appliqués aux principes que nous avons eus sur la chute des corps, suffisent pour prouver cet important théorème.

*Mde. de L.* Que j'ai bien de la peine à comprendre. Car vous y avez mis tout ce qu'il y a de plus difficile à saisir pour ma pauvre tête, les raisons inverses et les racines carrées.

*Mr. de P.* Vraiment, Madame, et lorsque dans ma jeunesse j'appris ce théorème, je me fâchai très fort de ce que la Nature nous tracasse ainsi. Mais nous voulons prendre notre revanche et nous éclaircir la chose par un exemple. Supposons qu'un pendule AC de 36 pouces de longueur fasse 65 oscillations en une minute et cherchons combien d'oscillations fera un pendule FC de 25 pouces également dans une minute. Les deux longueurs sont 36 et 25 pouces. Leurs racines carrées sont 6 et 5. Ainsi nous disons: Le nombre

cherché des oscillations du petit pendule FC sera au nombre des oscillations du grand pendule AC dans la proportion de 6 à 5. Ainsi en multipliant le nombre 65 par 6 et en divisant le produit par 5 nous trouvons 78 pour le nombre cherché des oscillations du petit pendule dans une minute.

*Mde. de L.* Ainsi le petit pendule fait plus d'oscillations que le grand!

*Mr. de P.* Assurément; mais elles sont aussi plus petites; néanmoins il est plus actif que le grand pendule; car la petitesse de ses pas n'est pas tout-à-fait proportionnée à leur nombre. Ce pas du pendule, de A en D ou de D en A, s'appelle une oscillation ou une vibration; leur nombre donné dans un tems quelconque est la plus sûre mesure du tems, et comme la seconde est l'unité de tems dont nous nous servons le plus souvent en Physique et en Astronomie, comme l'heure dans la vie commune, on fait des pendules dont chaque vibration dure une seconde et un pendule de cette longueur s'appelle *pendule à secondes*. Ceux de nos horloges sont ordinairement des pendules à secondes.

*Mde. de L.* Voudriez-vous bien, Monsieur de P., m'expliquer l'usage du pendule dans une horloge. Cela vous sera peut-être difficile à cause de la grande complication du mécanisme des horloges; mais vous m'obligeriez beaucoup si vous pouviez m'en donner une idée.

*Mr. de P.* Je ne désire rien tant, Madame, que de vous obéir en tout, et comme il n'est pas nécessaire

pour cela d'entrer dans les détails de toutes les pièces d'une horloge, j'espère que je réussirai à vous satisfaire. D'abord le but d'une horloge est de mener les aiguilles qui marquent les heures, les minutes et les secondes, de sorte que leur marche soit parfaitement uniforme, parce que la moindre inégalité causeroit une faute dans l'indice du tems écoulé. Le moteur est ordinairement un poids suspendu à une corde de boyeaux tournée autour d'un cylindre, dont la chute, dans un espace d'environ 5 pieds, donne le mouvement aux aiguilles. Pour que cette chute suffise à la marche de l'horloge pendant plus de 24 heures, il faut qu'elle soit prodigieusement ralentie; car cette chute ne dure naturellement que deux tiers de seconde. Pour cet effet on attache le poids à une poulie mouflée suspendue dans une corde de boyeau dont le bout est fixé au haut du chassis de l'horloge; et puis on adapte au cylindre, au tour du quel la corde est roulée, plusieurs rouages dont le frottement aux pivots et à l'engrenage offre une masse de résistance considérable. Ces résistances forcent déjà le poids à tomber très lentement. Mais malgré cette lenteur le poids ne descendroit pas uniformément, mais avec une vitesse toujours accélérée quelque petite qu'elle soit; ce qui feroit que la seconde minute et la seconde heure seroient toujours plus grandes que la première. Le pendule opère l'égalité désirée dans la marche des aiguilles avec la plus grande exactitude. Pour cet effet on lui donne, au lieu d'un fil, une verge solide qui porte au dessus du point de suspension un double crochet qui à chaque oscillation engrène alternativement de chaque côté dans les dents d'une

des roues de l'horloge et en arrête la marche pendant le tems infiniment court que le pendule employe à changer la direction de son mouvement ou à changer son oscillation. Cet arrêt, au quel il oblige cette roue, se communique à tous les rouages et passe jusqu'au poids, qui par là se trouve arrêté de seconde en seconde pour un tems infiniment petit ; c'est-à-dire que pendant ce tems infiniment petit il cesse de tomber, et que parconséquent il est forcé de recommencer sa chute à chaque seconde ; ce qui fait que pour lui chaque seconde est la première de sa chute, et que parconséquent il est forcé de parcourir à chaque seconde un espace égal, et le faire parcourir aux aiguilles.

*Mr. de R.* Voilà une idée merveilleuse !

*Mr. de L.* Elle doit immortaliser son auteur.

*Mr. de P.* Aussi le nom de Huyghens ne mourra pas, tant qu'il existera des Physiciens. Il fit cette belle application du pendule en 1656, application qui donna aux astronomes la mesure du tems avec une exactitude dont on n'avoit pas d'idée auparavant. Lorsque nous parlerons des phénomènes de la chaleur nous reviendrons au pendule dont la théorie n'est pas encore terminée. Au reste c'est Galilée qui nous a fourni les premiers principes du pendule, à qui nous devons la première idée de l'emploi de ce bel instrument à mesurer le tems ; Mais son pendule étoit isolé, sans horloge qui lui fasse continuer ses oscillations, et l'observateur étoit obligé de compter les vibrations une à une.

Nous redevons encore au génie de Galilée un autre emploi du pendule, celui de mesurer la chute des

corps avec la plus grande exactitude. Le calcul nous fournit une équation entre la longueur d'un pendule, le tems qu'il lui faut pour une vibration et la hauteur de la chute des corps dans une seconde. Or comme la longueur d'un pendule à secondes peut se mesurer très exactement, il est clair qu'avec cette équation on parvient à calculer la chute du corps pendant une seconde, exprimée en longueurs du pendule à secondes. En outre, la marche du pendule pouvant être observée très exactement, et cette marche étant fondée sur la loi de la chute des corps, il est clair que l'accord de la marche du pendule avec le loi de la chute des corps devient une preuve très exacte de cette loi. C'est ainsi que les différentes branches de la Mécanique se tendent la main et se servent mutuellement de garants.

*Mr. de L.* A peuprès comme les voleurs en foire qui se font attester leur honnêteté par leurs camarades.

*Mr. de P.* Cette méchanceté très spirituelle ne retombe pas sur la Mécanique, mais sur la Logique, Monsieur le Philosophe, qui s'est mise en possession du droit de justifier l'entendement humain par la raison. Si vous lui ôtez ce droit que devient votre Philosophie? Mais ne nous querellons pas davantage et changeons plutôt de matière; passons aux lois du *mouvement central*.

*Mr. de T.* Qu'appellez-vous le mouvement central?

*Mr. de P.* C'est le mouvement composé, produit par deux forces dont l'une, comme par ex. la gra-

vitation, réside dans un corps dont le centre fixe la direction de cette force. Un corps, qui reçoit une impulsion d'une seule force quelconque, ne peut se mouvoir qu'en ligne droite. Un corps qui reçoit l'impulsion de deux forces qui n'ont qu'une seule direction, comme nous l'avons vu dans le théorème du parallélogramme des forces, produit également un mouvement rectiligne. Mais si nous supposons qu'une de ces deux forces agisse dans toutes les directions, en tendant à faire marcher le corps constamment vers un seul point, alors nous aurons le mouvement curviligne.

*Mr. de G.* Nous voilà de nouveau dans le ciel; ceci nous expliquera la marche des corps célestes.

*Mr. de P.* Cela nous en fournira au moins les élémens, mais j'ajoute en faveur de *Mr. de T.* que nous en aurons aussi des applications dans la Mécanique terrestre.

*Mde. de L.* Je serai charmée de voir ces applications; mais auparavant je voudrais connoître en détail le mécanisme de vos deux forces qui produisent les lignes courbes du mouvement.

*Mr. de P.* Prenons le crayon. Soit le point C (fig. 28) le centre de gravité d'un corps qui attire l'autre corps supposé en A, et que celui-ci ait reçu une fois pour toutes un mouvement tel que, s'il n'avoit que ce mouvement, il décrivit la droite AH, et supposons que dans des tems donnés et égaux il parcourrut les espaces égaux  $A_m$ ,  $a_n$ ,  $a_c$  &c, et que, d'un autre côté, sollicité par l'attraction seule du point C, il avan-

ceroit vers C de l'espace  $A_a$  dans le premier tems. Ces deux espaces  $A_m$  et  $A_a$  nous fournissent les deux côtés du parallélogramme des forces  $A_mB_a$ ; donc le corps parcourra dans le premier de ces tems égaux la diagonale AB. Si dans le second tems il n'étoit pas attiré par le point C il suivoit la même direction AB, décriroit le chemin  $A_b$ , égal à AB. Mais l'attraction lui fait faire en même tems le chemin  $B_b$ ; donc nous pouvons construire un nouveau parallélogramme des forces  $B_bD_b$ , et le vrai chemin du corps dans ce second tems sera la diagonale BD. Dans le troisième tems il parcourroit dans la direction BD le chemin  $D_i$  et le chemin  $D_d$ ; son vrai mouvement sera donc la diagonale DE, et ainsi de suite. Imaginez à présent que les tems donnés soient infiniment petits, ces diagonales le seront aussi, et les points A, B, D, E, F, G &c. que nous avons trouvés, seront infiniment près l'un de l'autre et formeront une courbe.

*Mde de L.* Cela est amusant de pourvoir ainsi construire les courbes.

*Mr. de P.* Considérez, Madame les lignes droites qui vont des points A, B, D, E, F, &c au centre d'attraction C; on les nomme rayons vecteurs. Vous voyez que dans cette construction ils deviennent plus petits en partant de A. Si j'avois supposé que le premier espace  $A_a$  sur la ligne d'attraction fut plus petit ou bien le premier espace  $A_m$  sur la tangente AH plus grand, j'aurois construit une courbe dont les rayons vecteurs eussent augmenté, à partir de A. On pourroit imaginer de même que la proportion de  $A_a$  à  $A_m$  fut telle que les rayons vecteurs devinssent tous égaux, ce qui eut fait de notre

courbe un cercle, dont le centre seroit en C. Ainsi vous voyez que la Nature de la courbe dépend de la proportion originaire des espaces  $A_a$  et  $A_m$ , c'est-à-dire de la proportion de la force d'attraction qui tend toujours à rammener le corps A vers C et de la force de projection qui tend à faire aller le corps dans la direction AH. Mais il y a encore une chose à observer. Vous voyez que j'ai fait croître les espaces  $A_a$ ,  $B_b$ ,  $D_b$ ,  $E_e$ ,  $F_f$ . J'ai dû le faire pour m'approcher de la vérité; car, comme la proportion que j'ai adoptée primitivement entre  $A^a$  et  $A_m$  me fournit un rayon vecteur BC un peu plus petit que AC, le corps se trouve en B un peu plus près de C qu'auparavant; ainsi l'attraction doit augmenter en proportion inverse du carré des distances. Les Mathématiciens qui ont appliqué avec le plus grand succès le calcul à cette théorie, sont à même de déterminer avec justesse la position de chaque planète et de chaque lune dans le ciel pour un tems quelconque.

Pour le présent retournons humblement à notre terre, et considérons une pierre lancée par un petit garçon. Cette pierre devient par là une planète ou au moins une lune.

*Mr. de R.* Quelle manie de ravaller ainsi les idées que nous avons des corps célestes!

*Mr. de P.* Quelle manie de ne vouloir voir le sublime que dans ce que nous ne pouvons atteindre qu'au moyen du télescope! Je crois vous déjà avoir prouvé que la Nature est grande en tout; pourquoi ne le seroit-elle pas dans le jet d'un caillou? Elle observe dans ce petit phénomène la même loi que dans celui

du mouvement des astres ; car la terre fait dans ce cas la fonction de soleil et si le petit garçon avoit assez de force pour lancer la pierre de sorte que la courbe qu'elle décrit passât au delà de la terre, cette pierre seroit une lune tout aussi bien que notre vraie lune ; ou bien, si la terre étoit perméable et qu'elle laissât passer la pierre au travers de son corps, cette pierre, quelque petite que fût la force qui l'a lancée, feroit sa révolution elliptique autour du centre de la terre. Et ceci n'est pas pure spéculation ; car les artilleurs sont très charmés de le savoir, puisque par là ils apprennent à connoître la courbe que décrit leur bombe et parviennent à pointer le mortier de manière à la faire tomber où ils veulent.

*Mr. de T.* J'ai ouï dire, ce me semble, que la courbe que la bombe décrit est une parabole.

*Mr. de P.* C'est proprement une ellipse. Mais les Mathématiciens prouvent que, lorsque les directions de l'attraction pendant la course du corps sont sensiblement parallèles, cette courbe se rapproche si fort de la parabole que pour une aussi petite course on peut prendre l'ellipse pour la parabole ; et on le fait aussi, par ce que la parabole est plus facile à décrire et à calculer que l'ellipse,

Les observations sur le mouvement curviligne nous conduisent à la connoissance de la *force centri fuge*. Vous avez vu que, si le corps mu dans une de nos courbes étoit tout-à-coup abandonné à lui-même, il suivrait un des chemins BH, Di, Ek &c., qui sont les tangentes de la courbe aux points B, D, E &c., et A s'éloigneroit pour toujours du point C. Mais cet éloig-

nement ne nous fournit pas immédiatement la mesure de la force centrifuge. Pour la trouver reprenons une de nos anciennes figures (fig 3) Nous avons vu que si le corps D, en mouvement sur l'arc de cercle AFB, avait été abandonné à lui-même et eut parcouru la ligne droite DE, il se seroit éloigné du point C, non de la longueur de la tangente DE mais de la flèche FE. Cette longueur FE est la mesure de la force centrifuge. Si nous supposons un autre corps d placé à une petite distance de C, qui décrive l'arc df dans le même tems que le corps D décrit l'arc DF, sa force centrifuge sera exprimée par  $f_e$  qui sera plus petite précisément dans la proportion des rayons Cd et CD. Ainsi les forces centrifuges de deux corps, qui décrivent leur cercle dans le même tems, sont en proportion des rayons de ces cercles.

*Mr. de T.* Vous m'aviez promis, Monsieur de P. des applications de la théorie des forces centrales pour les machines.

*Mr. de P.* Demain je tiendrai parole, lorsqu'il sera question du mouvement dans les machines. Pour aujourd'hui permettez moi de terminer ici notre entretien; je craindrois de fatiguer la société si j'allois plus loin.

---

## QUATORZIÈME ENTRETIEN.

*Mde. de L.* Je me réjouis d'avance de la leçon que vous nous donnerez aujourd'hui, *Mr. de P.*, surtout parce qu'elle fera plaisir à *Mr. de T.* Car, il sera question du mouvement des machines.

*Mr. de T.* Vous êtes bien bonne, Madame, de vous intéresser tant à ce qui me fait plaisir. Cela m'impose le devoir de prier *Mr. de P.* de ne pas avoir les mêmes égards pour moi, qui peut-être lui feroient passer les bornes qu'il s'est prescrites pour nos entretiens.

*Mr. de P.* Le milieu est la voie la plus sûre, dit Horace. Voyons si je réussirai à tenir ce juste milieu entre les égards que je dois à deux personnes qui me sont si chères? Au moins je ferai mon possible.

Si une machine quelconque n'avoit elle-même point de masse, si les leviers et les roues étoient purement des lignes mathématiques, droites ou circulaires, nous n'aurions à faire qu'aux deux masses qui sont proprement l'objet de la Mécanique, la force et le fardeau. Mais comme les machines sont des masses et souvent des masses très considérables, qui doivent être mues par la force donnée, ces masses doivent influer sur le résultat, sur le mouvement que l'on veut opérer. Con-

sidérons donc d'abord les machines comme si elles n'avoient point de masse, afin de simplifier notre problème, qui est de trouver la quantité de mouvement produite par la force donnée. Puis examinons la masse des machines à part et recherchons quelle sera son influence sur cette quantité de mouvement.

Dessignons d'abord un levier à bras égaux (fig. 29); imaginons que ce levier n'ait ni masse ni pesanteur, et faisons agir à ses extrémités deux forces égales que nous pouvons nous représenter par des boules égales. Il est clair que nous aurons équilibre; et, si nous voulons avoir du mouvement, il faudra ajouter quelque chose à l'une des deux forces. Supposons que nous ajoutions quelque chose à la force en A. Ce sera ce surplus, que nous nommerons  $x$ , qui opérera le mouvement, et le problème est de savoir avec quelle vitesse le levier se mouvra dans le sens Aa, la vitesse, dont le surplus  $x$  est doué, étant supposée connue. Ainsi dans notre problème nous devons considérer les masses A et B comme n'ayant aucune vitesse par elles-mêmes (puis que leurs efforts se contrebalancent,) comme deux masses qu'on doit mettre en mouvement, et la force donnée, est la masse  $x$  multipliée par sa vitesse. Cette vitesse doit se communiquer aux masses A, B et  $x$ . Donc nous trouverons la vitesse qui résultera, en divisant la force, ou le produit de la masse  $x$  et de sa vitesse, par la somme des trois masses A, B et  $x$  qui doivent se mettre en mouvement.

*Mde. de L.* Un exemple, Monsieur *de P.*, éclaircira la règle.

*Mr. de P.* Et je vous le donnerai avec plaisir, Ma-

dame. Supposez que chacune des masses en A et en B soit de 100 livres et que le surplus soit de 10 livres. La somme des masses à mouvoir sera 100 lb, 100 lb et 10, ou 210 livres. Supposons en outre que la vitesse du surplus  $x$  soit de 3 pieds par seconde, la force sera 30, c. à d. le produit de 10 par 3, et la vitesse sera le quotient de 30 divisé par 210, c. à d.  $\frac{1}{7}$  de pied par seconde.

*Mr. de T* Cette vitesse est bien petite en comparaison de la vitesse de la force; ce n'est que la 21<sup>e</sup> partie!

*Mr. de P.* Assurément, par ce que les masses à mouvoir sont vingt et une fois plus grandes que la masse qui donne le mouvement. Un Physicien anglois, Mr. Atwood, a employé d'une manière ingénieuse le ralentissement du mouvement pour faciliter les expériences sur la chute des corps. Il a établi au haut d'un chassis d'environ 7 pieds de hauteur une poulie bien mobile, qui, comme vous savez, n'est autre chose qu'un levier perpétuel. Il a placé sur cette poulie un cordon de soie bien flexible, aux deux bouts duquel il a suspendu deux poids presque égaux. Le plus pesant l'emportant sur l'autre, il en est résulté qu'en tombant il force le plus léger de monter. Si le rapport du surplus à la somme des deux poids est comme 1 à 100, la vitesse, avec laquelle le mouvement se fera, ne sera que la cent-unième partie de la vitesse qu'un corps libre auroit pendant sa chute, et cette vitesse rallentie est précisément dans la même proportion que celle de la chute libre. Par ce ralentissement on est à même d'observer ce mouvement pendant plusieurs secondes qu'in-

dique un pendule fixé à la machine et qu'on fait osciller au même instant que le mouvement commence; et comme la hauteur du chassis est partagée en parties égales, on peut par là observer le passage d'un des deux poids à la fin de chaque seconde et mesurer le chemin qu'il a parcouru.

*Mr. de T.* Cela est assurément très ingénieux mais ne me console pas de la lenteur du mouvement qui en résulte dans les machines.

*Mr. de P.* Ne vous en prenez pas pour cela à la Mécanique, mais à la Nature, qui veut obstinément que le produit de la masse par la vitesse ne puisse être augmenté par aucune machine. La chose au reste n'est pas aussi désavantageuse qu'elle vous le paroît; car dans les forces mouvantes que la Nature nous offre, telles que les forces des animaux, la chute d'une masse d'eau &c. la vitesse de ces forces a déjà surmonté l'inertie de leurs masses, et dans l'emploi que nous avons à en faire nous n'avons plus à avoir égard qu'aux masses que nous voulons mouvoir, et le calcul nous donne des résultats plus satisfaisants, dont nous parlerons peut-être par la suite.

La même théorie du surplus de force s'applique dans le cas où les bras du levier sont inégaux; le calcul en est seulement un peu plus compliqué. Du levier on peut facilement passer au treuil, aux roues dentées, à toutes les machines qui se rapportent au levier, et nous pouvons ajouter que, comme dans toutes les machines on peut rapporter les forces à des *momens*, comme dans le levier, cette théorie est générale pour toutes les ma-

chines. Passons à présent à l'examen, de la masse des parties de la machine.

*Mde. de L.* Ainsi la théorie de notre surplus est finie! Je crois, *Mr. de P.* que vous me favorisez aux dépens de *Mr. de T.*

*Mr. de P.* Cette fois-ci je dis: Non, Madame. Le détail du calcul des machines ne peut pas être l'objet de nos entretiens. Notre but général est de donner un tableau raisonné de la Nature physique; et comme la Nature agit dans nos expériences et dans nos machines aussi directement que dans ses ateliers, j'ai du vous donner, il est vrai, une idée de la Mécanique, d'autant plus que cette science nous dévoile la marche de l'esprit humain dans l'étude de la Nature et l'emploi de ses forces. Mais il suffit que vous compreniez clairement le sens de cette marche, sans suivre tous les détails que le calcul et l'application nous offrent, dédale presque sans fin où nous finirions par nous perdre.

*Mr. de T.* Vous avez parfaitement raison, *Mr. de P.*, et je vous suis reconnoissent pour le peu que vous m'avez accordé. Si je voulois ou pouvois aller plus loin, ce seroit l'objet d'une étude particulière que j'aimerais à faire si je n'avois pas passé la soixantaine. Ce que vous nous avez dit a déjà très fort débrouillé mes idées et m'a éclairé sur beaucoup d'objets de Mécanique qui étoient auparavant tout-à-fait obscurs pour moi.

*Mr. de P.* Vous me flattez, *Mr. de T.* Mais ne disputons pas de reconnoissance. Réservons notre es-

prit et nous poumons pour la chose même qui nous intéresse tous.

Donnons de la masse au levier mathématique que je vous ai dessiné et faisons agir la force en A pour mouvoir la masse B. Il est certain que cette masse du levier résistera au mouvement. Cette résistance provient de l'inertie de la matière, et elle seroit bien fatale à la Mécanique si elle ne diminueoit d'instant en instant.

*Mr. de R.* Comment cela? la matière perd-elle son inertie petit à petit?

*Mr. de P.* Non pas l'inertie mais la résistance qui en provient; car, lorsque la matière a une fois acquis un certain mouvement, cette inertie se manifeste par la constance à conserver ce mouvement.

*Mr. de T.* Ainsi cette résistance n'a lieu qu'au premier moment?

*Mr. de P.* Pas tout-à-fait; car aucune force n'est en état de donner à une masse de matière au premier instant toute la vitesse qu'elle a elle-même. Au contraire, la vitesse que cette masse obtient est au premier instant infiniment petite, au second elle acquiert un second degré de vitesse, au troisième un troisième degré, ensorte qu'une somme infinie de ces accroissemens de vitesse devient au bout d'un tems donné égale à la vitesse de la force, supposé que cette force agisse toujours avec la même énergie.

*Mr. de G.* Voilà de la gravitation toute pure! Ne pourroit-on pas expliquer par là le phénomène de la pesanteur?

*Mr. de P.* Descartes l'a voulu, en adoptant une

matière subtile qui pousse les corps vers le centre de la terre. Il est dommage que nous ne trouvions nulle part cette matière subtile et que cette pression n'explique pas la loi du carré inverse des distances !

*Mr. de R.* Mais je ne vois pas cette vitesse qui commence à l'infiniment petit et croit jusqu'à la vitesse donnée de la force dans une pierre que je jette; il me semble que la pierre a tout-à-coup la vitesse que je veux lui donner.

*Mr. de P.* Si cela étoit pourquoi le muscle deltoïde de votre bras feroit-il décrire à votre poignet et à votre bras lui même un si grand chemin lorsque vous voulez donner une grande vitesse à la pierre? Mais observez une roue de moulin au moment où le meunier fait tomber l'eau sur ses aubes; le premier choc ne fait point d'effet sensible et la roue ne se met que petit-à-petit en mouvement et n'acquiert qu'après plusieurs secondes toute la vitesse uniforme que l'eau peut lui donner, qui devient alors une vitesse constante et égale.

Mais quelle est la mesure de cette résistance que la masse du levier oppose à son mouvement autour du point C? Examinez une portion de cette masse au point D. Cette résistance, considérée comme celle de l'inertie, sera égale au produit de la masse multipliée par la vitesse. Mais il est clair encore que plus le point D sera éloigné de C, plus la résistance sera grande; car cette résistance agira sur un plus long bras de levier. Elle sera donc en proportion du bras de levier, et nous aurons pour son expression le triple produit de la masse par la vitesse et par le bras de levier CD. Mais le bras de levier est lui-même en

proportion des arcs que son extrémité parcourt, c. à d. en proportion de la vitesse que le point D doit obtenir. Nous pouvons donc substituer dans notre triple produit la vitesse au bras de levier, et nous avons le théorème suivant.

*Que la résistance de l'inertie des leviers et de toutes les masses qui se meuvent autour d'un centre est un produit des masses multiplié par le carré de la vitesse; On nomme ce produit le moment d'inertie, et si nous supposons des masses égales, nous dirons que les moments d'inertie sont en raison du carré des vitesses; c'est à dire que si nous voulons donner à une masse une vitesse double il faudra une force quadruple.*

*Mde. de L.* Il m'en a coûté bien de la peine pour comprendre que les leviers poussent jusqu'au carré des vitesses l'impertinence de leur paresse.

*Mr. de P.* Cette paresse, Madame, se donne même les airs d'avoir un centre à elle, qu'elle nous ordonne d'appeler *centre d'inertie*, comme la pesanteur le centre de gravité. Représentez vous la matière du bras de levier AC dispersée sur toute sa longueur; chaque tranche du levier aura son moment d'inertie à elle, qui répondra à sa distance du point d'appui, et toutes ces résistances doivent avoir une espèce de centre de gravité; c'est à dire qu'il doit exister un point sur la longueur AC, tel que, si on y réunissoit toute la matière du bras de levier, le moment d'inertie de cette masse, placée sur ce point, fut égal à la somme des moments de toutes les petites inerties dispersées sur la longueur du levier. Pour un levier cylindrique ou prismatique, c'est-à-

dire dont les coupes verticales sont toutes égales, ce centre d'inertie est à une distance du point d'appui égale au tiers de la longueur du bras de levier. Pour d'autres configurations des leviers ces centres d'inertie sont très difficiles à trouver, et cependant il faut les avoir pour calculer avec justesse l'effet des machines.

*Mr. de T.* Cela doit rendre le calcul des machines très pénible.

*Mr. de P.* Assurément. Mais heureusement l'utilité des machines ne dépend pas absolument de cette grande exactitude du calcul, à la quelle on s'attache rarement.

*Mr. de L.* Mais à quoi servent donc ces spéculations qui me paroissent en pure perte, si on ne les met pas en pratique?

*Mr. de P.* D'abord à juger de l'effet des grandes machines de la Nature qui calcule, Elle, parfaitement. Sans ces spéculations Newton n'eut pas démontré le système de la gravitation. Et puis nous avons bien des cas dans nos machines où la connoissance de ces spéculations nous est d'une grande utilité. A cet égard il ne faut que considérer de plus près cette résistance que produit le moment d'inertie. Nous avons vu que le levier, la roue de moulin &c. commencent leur mouvement avec une vitesse infiniment petite et n'acquièrent leur vitesse uniforme ou constante qu'au bout d'un certain tems. Pendant tout ce tems nous avons une vitesse moindre que celle que la force pourroit produire et parconséquent un déchet dans l'effet.

*Mr. de T.* Ce déchet me paroît bien peu de chose; car supposé qu'il durat une minute, comme il

ne revient plus, tant que la roue est en mouvement, et que ce mouvement dure de règle plusieurs heures, même des jours entiers sans interruption, il me semble que cette perte ne vaut pas la peine qu'on en fasse mention.

*Mr. de P.* Assurément et je serais le premier à déclarer comme fou tout Mécanicien qui dans ce cas s'amuseroit à la calculer, croyant rendre un service à la Mécanique. Mais toutes nos machines ne sont pas de simples roues de moulins, et les roues de moulins elles-mêmes nous servent souvent à produire des mouvemens interrompus à tout moment, et quelques fois même exécutés dans des directions opposées; les pompes, les moulins à foulons et à scie, les forges &c. nous offrent des masses à mouvoir, dont le mouvement est interrompu souvent dix fois et vingt fois par minute. C'est ici que l'inertie, sur son trône de paresse, dévore les forces mécaniques et tyrannise le Mécanicien qui est obligé de lui sacrifier en pure perte souvent plus de la moitié des ses moyens. Imaginez par ex: une de ces grandes scies composées de 12 lames qui scient à la fois un tronc d'arbre en 13 planches, ou composées de plus de 30 lames qui nous fournissent avec tant d'exactitude ces feuilles minces de bois d'acajou dont l'ébéniste revêt l'extérieur de nos meubles. Une scie pareille doit être élevée près de 20 fois par minute pour que, par une chute aussi fréquente, elle fasse le travail désiré et à chaque fois l'inertie consume en pure perte une bonne partie de la force.

*Mde. de L.* Je déteste cette inertie.

*Mr. de P.* Aussi Madame, me hâte-je de vous

ammener à une ruse du Mécanicien qui force l'inertie à lui servir contre elle-même.

Considérons le moulin à scie. D'abord c'est au moyen d'une manivelle qu'une roue hydraulique donne le mouvement de bas en haut à la scie. Cette manivelle met déjà un frein à l'inertie; car elle applique la force de manière qu'au commencement de chaque mouvement, la scie ne doit monter que très lentement et n'oppose son inertie que petit à petit; ce qui en diminue l'effet, et produit l'avantage d'empêcher que la machine n'éprouve les seconses violentes qu'elle éprouveroit d'ailleurs si elle tendoit à donner tout d'un coup à la scie toute la vitesse qu'elle doit avoir. Mais il faut avouer aussi que pendant ce tems la force fait moins d'effet qu'elle ne devoit, et qu'il y a par conséquent une perte d'effet. En outre, tandis que la scie retombe, son poids est ordinairement suffisant pour effectuer le sciage, en sorte que, pendant ce tems, la force se dépense inutilement.

*Le jeune de L.* Ne pourroit-on pas combiner deux scies comme l'autre jour vous m'avez dit que l'on combine deux pompes.

*Mr. de T.* Je crois que ce seroit une chose avantageuse; mais souvent le propriétaire du moulin n'a ni assez de fonds, ni assez d'eau pour une scie double, souvent aussi pas assez de travail pour l'occuper.

*Mr. de P.* Assurément, et même dans le cas d'une double scie nous avons, il est vrai, un jeu plus égal, mais aussi un double effet de l'inertie,

Dans tous ces cas où le mouvement est souvent

interrompu, où par conséquent la force agit pendant un certains tems avec trop d'avantage, c'est-à-dire inutilement, et dans d'autres avec trop peu d'avantage, le Mécanicien ajoute à sa machine une *roue* d'inertie, c'est-à-dire une roue d'une masse considérable et qui se meut avec beaucoup de vitesse toujours dans le même sens. Cette roue, qui se trouve en bute à toutes les inégalités du mouvement, commence par résister dans les cas où la vitesse de la machine seroit trop grande et en raison du carré de la vitesse qu'elle acquiert; puis, dans les momens où la force n'est pas proportionnée à la résistance, elle vient au secours de la force, au moyen du mouvement qu'elle a reçu, que l'inertie lui conserve et qu'elle employe alors à vaincre la résistance, également en raison du carré de la vitesse qu'elle a. Ainsi la roue d'inertie est en quelque sorte un magasin de force ou de mouvement, qui se remplit dans les instans où la force donnée est supérieure à la résistance et se décharge dans les instans où la résistance est supérieure à la force. J'ai fait construire un modèle de machine qui rend l'effet des roues d'inertie bien sensible. La machine doit faire mouvoir un marteau comme ceux des forges. Il faut une force de 32 livres pour soulever le marteau. Si j'ajoutois une livre à la force, la machine iroit avec tant d'impétuosité que les supports des rouages ne résisteroient pas à la violence des réactions. En appliquant une roue d'inertie il suffit d'un poids de 8 livres pour effectuer 50 coups de marteau par minute, sans que les supports souffrent de ce mouvement.

*Mr. de R.* Voilà un effet brillant! et il paroît

qu'au moyen des roues d'inertie on épargne les trois quarts de la force.

*Mr. de P.* On le croirait ainsi ; mais cela n'est pas ; car toute la force que produisent les roues d'inertie dans les momens où elles secondent la force primitive, elles ne l'ont reçue que de celle-ci dans les instans où elle se trouvoit superflue. Et bien que vous ayez supposé, *Mr. de R.*, plus de pouvoir à la roue d'inertie qu'elle n'en a réellement, cependant elle n'en est pas moins l'image d'un système parfait d'économie politique qui, comme la roue d'inertie, donne le branle à la machine de l'Etat par de sages compensations, en rassemblant le surplus des richesses nationales dans les momens d'aisance pour les employer dans les momens de détresse. Par là elle établit une marche égale et soutenue qui seule fait prospérer l'industrie. Tâchez, Messieurs les financiers, d'établir une pareille roue d'inertie dans votre machine politique et donnez lui s'il est possible la perfection de celles de la Mécanique qui ne perdent rien de la force ou des richesses, qu'elle reçoivent pour les employer entièrement au but de la machine.

*Mr. de R.* Ainsi vous opineriez pour que l'Etat amassât des trésors ! Nous avons éloigné depuis longtemps cette idée des principes de finances. Un trésor est un capital mort pour l'industrie, qui appauvrit la Nation.

*Mr. de P.* Et vous croyez sérieusement, mon cher *de R.*, que ce sont les principes de finances qui ont fait disparaître les trésors des caisses des Etats ! Il y en a deux autres raisons bien autrement efficaces, la

frénésie de la guerre et le faste des Princes. Frédéric II. avoit un trésor et ce trésor faisoit trembler l'Autriche, par ce qu'il faisoit marcher cent mille homes sur le champ. Et qui a mieux soutenu l'industrie que Frédéric II? Depuis que nous n'avons plus de trésors nous avons le système des réquisitions qui fait trembler les Nations amies et ennemies, le système des emprunts sans sureté qui ruine les Etats, et le papier monnoye dont la hausse et la baisse enrichit les agioteurs et ruine les particuliers. Nous voilà bien avancés! Et puis, qui vous force d'enfourir un trésor dans une cave? Distribuez le aux citoyens pour vivifier l'industrie; vous pourrez le retirer au besoin, et dans un besoin pressant vous avez un fond assuré qui facilite les emprunts à de petits intérêts. C'est ce que fait la roue d'inertie en Mécanique; elle et toujours en mouvement.

*Mr. de T.* Les roues d'inertie réparent - elles toute la perte que cause l'inertie des masses qui ont un mouvement inégal?

*Mr. de P.* Non pas, et la roue d'inertie la mieux appliquée ne peut que réduire le dommage à la moitié.

*Mde. de L.* Tant pis. Je voudrois voir cette méchante inertie tout - à - fait anéantie.

*Mr. de P.* Entre-t-il tant de fiel dans le coeur des Déesses? dit le bon Virgile. N'en veuillez pas tant, Madame, à l'inertie. Pour le mal qu'elle nous fait ici, elle nous fait dans d'autres cas tant de bien.

*Mde. de L.* Assurément; car vous nous avez prouvé que sans elle un seul boulet de canon ne casserait pas la tête à une trentaine de soldats, et que le général Moreau vivrait encore!

*Mr. de P.* Et que c'est elle qui perpétue le mouvement de notre terre, qui sans elle serait déjà tombée il y a des millions de siècles sur le soleil et s'y serait fracassée après s'être rotie à son approche.

Mais changeons pour aujourd'hui cette matière. Je crains déjà d'avoir été trop prolix.

---

## QUINZIÈME ENTRETEN.

**Mr. de P.** Nous parlerons aujourd'hui des *choc des corps*.

**Mr. de L.** Ce sera le tableau des opinions humaines.

**Mr. de P.** Et celui des caractères, tracé par les actions. Car nous parlerons de *choc des corps élastiques et non-élastiques*. Commençons par les derniers comme les plus simples à manier en théorie.

**Mr. de G.** Mais vous nous aviez dit, si je ne me trompe, que nous n'avons pas de corps non-élastiques.

**Mr. de P.** Cela est vrai; les corps les moins élastiques le sont encore un peu. Mais nous supposons qu'ils ne le sont pas du tout, pour avoir des phénomènes simples en théorie, qu'on peut ensuite modifier selon le degré d'élasticité des corps réels sur lesquels se fait l'expérience. Nous supposerons de même dans le choc des corps élastiques que ces corps sont en théorie parfaitement élastiques et, quand nous aurons des corps réels à manier, nous ferons entrer dans le calcul ce qui leur manque pour avoir une élasticité parfaite ou absolue.

*Mr. de L.* Voilà des suppositions qui me rendront la théorie suspecte.

*Mr. de P.* Soyez en, Général, d'autant plus attentif à la prendre en défaut. Nous distinguons d'abord deux espèces de corps non élastiques, les durs et les mous. La Nature ne nous en offre proprement aucun de la première espèce, tous les corps durs ayant une élasticité considérable; mais elle nous offre dans le plomb et l'or purs, dans les masses de glaise humide, des corps qui n'ont qu'une élasticité presque imperceptible.

Pour les expériences on a un appareil assez simple que je vais décrire. Supposons deux de ces corps de figure sphérique suspendus comme des pendules à des fils de même longueur, ensorte que les corps se touchent lorsque leurs fils sont parallèles.

Nous opérerons le choc en élevant l'une de ces masses, ou toutes deux, dans l'arc de leur cercle pour les laisser retomber ensuite l'une contre l'autre. Les arcs de cercle, qui mesurent leur élévation, fourniront aussi la mesure de la vitesse qu'on leur procure par la chute, et l'on peut, pour s'épargner à chaque expérience le calcul des racines carrées des hauteurs des chutes, diviser les arcs de cercle en parties inégales qui se rapportent à des degrés égaux de vitesse, en sorte qu'on n'ait besoin que de lire les numeros des divisions pour savoir les degrés de vitesse que les corps ont eus au moment du choc.

Les lois du choc des corps non élastiques et durs sont faciles à trouver. Le cas le plus simple sera celui où deux boules d'égale grosseur se choquent en sens contraire avec la même vitesse. Ces deux corps étant sup-

posés parfaitement durs, il est clair que le choc ne causera aucun changement dans la situation relative des parties de chacun d'eux et que par conséquent il n'y aura aucune réaction d'une boule à l'autre. Or les masses et les vitesses, c. à d. les forces, étant égales, ces deux mouvemens s'anéantiront mutuellement, et les masses resteront en repos, après le choc et se toucheront comme auparavant.

Le second cas sera celui où une des deux boules est en repos et choquée par l'autre avec un certain degré de vitesse. Comme ici nous n'avons également aucune réaction, il est clair que le mouvement, qu'a la boule choquante, se partagera entre les deux masses. Soient les masses égales, et la vitesse de la boule choquante de 10 degrés; la vitesse commune des deux boules après le choc sera de cinq degrés. Si la masse choquée pèse 3 onces et la masse choquante 6 onces et si sa vitesse est de 12 degrés, ces 12 degrés de vitesse seront appliqués à une masse de 6 et 3 ou de 9 onces. Nous avons donc une masse de 9 onces à mouvoir par une masse de 6 onces qui a 12 degrés de vitesse. La force sera donc 6 multiplié par 12 ou 72, produit qui, divisé par 9, donne 8 pour la vitesse commune des deux boules après le choc.

Un troisième cas sera celui où deux masses égales se meuvent toutes deux en sens contraire avec des vitesses inégales. Si par ex. chacune des deux masses pèse 6 onces et que la vitesse de l'une soit de 3 degrés et celle de l'autre de 7 degrés, il est clair que par l'opposition des deux mouvemens la première perdra toute sa vitesse et la seconde en perdra autant, c. à d. 3 degrés. Ainsi il ne restera plus que 4 degrés de vitesse de l'une

des deux boules qui forceront l'autre boule à rebrousser chemin et qui, partagés entre les deux boules égales, se réduiront à deux degrés de vitesse commune. Si les masses des boules étoient inégales, il est clair que la vitesse commune dépendroit de la proportion des masses, et la règle générale est de multiplier chaque masse par sa vitesse et de diviser la différence par la somme des masses. Soit par ex. la masse de la boule A 6 onces et la vitesse 4 degrés, la masse de la boule B 8 onces et sa vitesse 9 degrés; nous aurons pour la force de A le produit 6 par 4 ou 24 et pour la force de B le produit de 8 par 9 ou 72, dont la différence est 48 qui, divisée par la somme des masses 6 et 9 ou 15, donne pour la vitesse commune  $3\frac{1}{5}$  de degrés. Ainsi la boule A rebroussera chemin et les deux boules iront dans le sens de B avec une vitesse de trois degrés et trois cinquièmes.

Si la boule A avoit 6 onces de masse et 8 degrés de vitesse et la boule B 8 onces de masse et 6 degrés de vitesse, les produits seroient de part et d'autre 48 et par conséquent les forces égales; donc la vitesse de chacune deviendroit nulle.

Enfin nous pouvons supposer le quatrième cas, où les boules se meuvent dans le même sens et avec des vitesses inégales, en sorte que l'une atteigne l'autre. Nous trouverons la vitesse commune après le choc par le même calcul, avec cette différence que l'on additionne les deux forces, au lieu de les soustraire. Dans l'exemple que nous avons eu au troisième cas, les forces étant 24 et 72, leur somme sera 96 qui, divisée par la somme 15 des masses, donnera pour vitesse commune après le choc  $6\frac{2}{5}$  degrés.

*Mde. de L.* Vous mettez, aujourd'hui, Monsieur de P., l'arithmétique à une forte contribution.

*Mr. de P.* Oui Madame, mais elle n'est pas difficile à payer, et vous ne vous repentirez pas de m'avoir prêté votre attention pour ces légers calculs, lorsque vous verrez qu'ils sont la base des calculs pour le choc des autres espèces de corps. Prenons les corps mous, non-élastiques. Il est clair que comme leur manque d'élasticité leur interdit toute espèce de réaction mutuelle, il suivront en gros dans leurs chocs les mêmes lois que les corps durs dans le leur. Nous n'avons qu'une différence à la quelle il faut faire attention. Le choc de ces corps causera un aplattissement, qui consistera en ce qu'une petite partie de chaque masse rentre dans chaque boule. Ce recul offre en s'exécutant une résistance qui provient de la cohésion des molécules de chaque boule, résistance qui produit une perte d'une partie du mouvement qui devoit résulter du choc.

*Mr. de T.* Pourra-t-on calculer ces résistances et en déduire théorétiquement le mouvement qui résultera de leur combinaison avec le choc?

*Mr. de P.* Oui et non. Si nous avons une mesure juste du degré de mollesse ou de dureté de ces corps, exprimée en nombres, alors le calcul pourroit résoudre le problème. Mais il y a mieux: Ces expériences sur le choc peuvent fournir une mesure de la cohésion de ces corps. Prenons pour exemple le second cas, celui des corps durs, où de deux masses égales l'une, qui est en repos, est chaquée par l'autre. La vitesse commune après le choc est 5 ou la moitié de la vitesse primitive de la boule choquante qui étoit 10. Suppo-

sons que, les boules étant molles, la vitesse commune ait été de 3 degrés, et par conséquent la perte commune de 2 degrés, nous dirons que l'effet de la mollesse de chaque boule est de 4 degrés ou  $\frac{2}{3}$  de la force de la boule choquante. Si nous prenons deux boules de même poids, mais d'une autre matière et si nous trouvons par l'expérience, faite avec la même vitesse de 10 degrés, que la perte du mouvement soit de quatre degrés, nous en concluons que la cohésion des molécules de ces nouvelles masses est double de celle des premières.

Passons à présent au choc des corps élastiques. Celui des corps mous nous fournit une espèce de pont pour y arriver. Les corps élastiques sont, comme les corps mous, des corps compressibles, mais avec cette différence que dans ceux-ci les parties déplacées conservent leur déplacement, au lieu que dans les corps élastiques l'élasticité rétablit ces parties dans leur situation primitive et redonne au corps sa première figure; le choc y produit l'applatissage comme dans les corps mous; mais l'élasticité repousse au dehors les parties comprimées avec la même force que celle avec laquelle elles ont été chassées vers l'intérieur.

*Mde. de L.* Ceci sera sûrement difficile à comprendre.

*Mr. de T.* Je me l'imagine; car il y a ici action et réaction; cette double combinaison nous donnera du fil à retordre.

*Mr. de P.* Pas autant qu'il le paroît au premier coup d'oeil.

Représentez vous deux corps élastiques à l'instant du choc; ils sont aplattis, et il résulte d'abord de cet

applatissage la même perte de mouvement que dans les corps mous. Mais l'instant d'après, les deux corps se touchent par toute la surface de leur applatissage, l'élasticité repousse les parties comprimées, qui par là exercent une espèce de choc contre la boule opposée, choc dont la force est égale à celle qu'il a fallu employer pour effectuer l'applatissage. Voilà la clef des phénomènes souvent surprenants du choc des corps élastiques. Répétons pour ces espèces de corps les cas principaux que nous avons eus pour les corps non-élastiques.

Le premier cas, celui où deux boules parfaitement élastiques, de masses égales, se choquent en sens opposés et avec des vitesses égales, se résoud facilement. Si les masses étoient non élastiques, le mouvement seroit, comme nous l'avons vu, anéanti. Mais comme ce sont des boules élastiques, les parties comprimées vers l'intérieur de chaque boule se rétablissent et exercent sur la boule voisine la même force qui les avoit comprimées. Donc chaque boule se trouvera repoussée avec la même vitesse que celle avec la quelle elle étoit venue. Donc chacune des boules doit rebrousser chemin jusqu'au point d'où elle est partie.

*Mr. de L.* L'expérience confirme-t-elle ce résultat de la théorie?

*Mr. de P.* Elle fait mieux encore. Si vous faites l'expérience par ex. avec des boules d'ivoire, vous verrez que la vitesse, avec la quelle chacun des boules recule, est d'environ  $\frac{1}{7}$  ou  $\frac{1}{8}$  plus petite que celle qu'elle avoit à l'instant du choc, et nous apprenons par là que

les boules d'ivoire ne sont pas parfaitement élastiques, mais qu'il leur manque à peu près  $\frac{1}{7}$  ou  $\frac{1}{8}$ , la résistance de l'air et le frottement du point de suspension y compris. Le résultat de cette expérience bien observé se transporte dans les autres expériences et s'y trouve confirmé, en même tems qu'il confirme la théorie pour les cas de ces mêmes expériences.

Supposez à présent que l'une des deux boules égales soit en repos et choquée par l'autre avec une vitesse quelconque. Si les boules étoient non élastiques, chacune d'elles obtiendrait une vitesse égale à la moitié de la vitesse primitive de la boule choquante, c. à. d. que la boule choquante perd par le choc la moitié de sa vitesse et que la boule choquée la gagne. Cela fait, l'élasticité de nos boules doit se manifester; les parties comprimées se rétablissent et agissent chacune avec une force égale à celle qui les a comprimées. Cette force est la moitié de la force de la boule choquante; car la boule choquée cède à la moitié de cette force; donc il ne reste plus que l'autre moitié pour l'effet de l'élasticité, et cela dans l'une et l'autre boule. L'élasticité de la boule choquante doit donc donner à la boule choquée une seconde moitié du mouvement, qui par là se trouvera avoir tout le mouvement de la boule choquante, et l'élasticité de la boule choquée, qui agit en sens contraire contre la boule choquante, doit détruire la moitié du mouvement que celle-ci avoit immédiatement avant le choc, c. à. d. tout celui qu'elle avoit gardé après le choc. Ainsi la boule choquante doit après le choc rester en place sans mouvement et la boule choquée doit s'éloigner d'elle avec la même

vitesse que la boule choquante avoit immédiatement avant le choc.

Supposez à présent que la boule choquante ait 6 onces de masse et la boule choquée 3 onces et que la vitesse de celle-là soit 12. Nous avons vu que si ces deux boules sont non-élastiques, la vitesse commune après le choc est 8, c. à d.  $\frac{2}{3}$  de 12. Ainsi la boule choquée a gagné deux tiers de la vitesse de la boule choquante et celle-ci a perdu un tiers de sa vitesse. Mais nous venons de voir que l'élasticité double le gain et la perte. Donc la boule choquée aura une vitesse égale à  $\frac{4}{3}$  de la vitesse primitive de la boule choquante, et la boule choquante seulement le tiers de sa vitesse primitive; c. à d. que celle-là aura 16 degrés de vitesse et celle-ci 4. L'expérience donne pour la première  $13\frac{1}{2}$  et pour la seconde  $3\frac{1}{3}$  à cause du défaut de parfaite élasticité.

*Mr. de T.* Voilà des calculs bien ingénieux.

*Mde. de L.* C'est dommage qu'ils soient si difficiles à suivre.

*Mr. de P.* Je me garderai bien, Madame, de vous fatiguer par de plus nombreux exemples, d'autant plus que le calcul de ces exemples un à un fatigue même le Physicien. Aussi avons-nous construit une fois pour toutes le problème d'une manière générale, et composé une formule qui contient tous les cas possibles. Pour calculer chaque cas particulier on met tout simplement dans cette formule les valeurs ou les nombres donnés dans le cas énoncé pour les masses et les vites-

ses, et un calcul assez simple donne alors tout d'un coup les vitesses de chacune des boules.

*Mde. de L.* Je ne conçois pas ce que c'est qu'une formule, ni comment on peut calculer d'une manière générale et sans nombre.

*Mr. de P.* Mais vous savez, Madame, quelle est la formule par ex. d'une lettre de change ou d'un contrat, où l'on dit: Mr. *N.* doit à Monsieur *M.* la somme *p* qu'il s'engage à payer dans un nombre *s* d'années et à payer en outre annuellement *r* pour cent d'interrêts, c'est-à-dire une formule où l'on représenteroit les personnes et les nombres qui expriment les sommes, les années et les pour cent d'intérêt, par différentes lettres de l'alphabet.

*Mde. de L.* Passe encore pour cela; mais comment puis-je calculer les *m*, les *n*, les *s*, les *p*, les *r* &c.?

*Mr. de P.* Aussi on ne les calcule pas en effet; on indique seulement les opérations arithmétiques qu'on devroit faire avec elles, au moyen de certains signes qu'on a adoptés, comme des croix, des traits, des points, signes qui expriment chacun une opération à part, telle que l'addition, la soustraction &c. Et lorsque toutes les opérations nécessaires sont indiquées, on a la formule.

*Mde. de L.* A présent je conçois que lorsque cela est fait, c. à. d. lorsque l'on a sa formule, on n'a plus besoin de penser au pourquoi de toutes ces opérations et qu'on peut les faire machinalement en toute sûreté. C'est une fort belle idée.

*Mr. de P.* On va encore plus loin; on ne se contente pas de représenter les nombres connus par des

lettres de l'alphabet ; on représente aussi facilement les nombres inconnus, ceux qu'on cherche, ordinairement par les dernières de l'Alphabet,  $x, y, z$ , et on indique les calculs avec eux comme avec les représentants des nombres connus.

*Mde. de L.* Vos formules sont donc comme d'étroites diligences où des personnes connues et inconnues se trouvent entassées les unes sur les autres.

*Mr. de P.* Oui, Madame ; et de même que dans les diligences on fait connoissance en causant ; on finit par connoître les nombres inconnus en les combinant avec les connus.

*Mr. de L.* Mais comment faites-vous ces combinaisons ? car les nombres ne causent pas.

*Mde. de L.* Nous avons une espèce d'arithmétique pour tous ces nombres exprimés par des lettres, d'autant plus qu'il se trouve souvent que, quand nous indiquons une opération, nous pouvons réellement la faire. Si par ex. nous avons le nombre exprimé par  $a$  à ajouter à lui même, nous pourrions dire que la somme est deux  $a$ . Si nous avons par ex, à diviser douze  $a$  par le nombre trois, nous aurions quatre  $a$  pour quotient. Nous avons même des cas où les lettres disparaissent et ne laissent qu'une nombre. Si nous voulions diviser  $10a$  non par le nombre cinq, mais par cinq  $a$ , il est clair que nous aurions 2 au quotient.

Cette espèce d'arithmétique des nombres exprimés par des lettres qui ne sont autre chose que des signes généraux, s'appelle l'*algèbre* ou l'arithmétique générale, et l'art d'employer l'*algèbre* pour trouver un nom-

bre inconnu au moyen de nombres connus, s'appelle l'*Analyse*.

*Mde. de L.* Je suis bien reconnoissante de la peine que vous avez prise pour me donner une idée de ce bel art, qui sûrement doit être très compliqué et difficile. A présent je saurai ce que vous voulez dire quand vous nous direz: l'analyse a trouvé ou prouvé telle ou telle chose. Mais nous voilà bien loin du choc des corps!

*Mr. de P.* Retournons y, pour considérer quelques effets qui vous paroîtront singuliers, et permettez moi, Madame, de commencer par une question que je veux prendre la liberté de faire à ces Messieurs. Nous supposons une file de cinq balles parfaitement élastiques et de même grosseur, suspendues bien parallèlement l'une à coté de l'autre et à la même hauteur en sorte qu'elles se touchent réciproquement. Je laisse tomber une sixième balle de même grosseur qu'une des cinq contre la première. Qu'arrivera-t-il? Quel mouvement aura la balle choquante et quel mouvement auront les balles choquées?

*Mr. de T.* Ceci sera difficile à calculer; mais je conçois que cela se puisse faire de la manière suivante: Comme les cinq balles se touchent, on peut les considérer comme une seule masse cinq fois aussi grande que la balle choquante et il faudra d'abord calculer les mouvemens pour le cas où les boules ne seroient pas élastiques et ensuite introduire dans le calcul l'effet de l'élasticité de la balle choquante et de la balle choquée. Mais je ne puis pas faire ce calcul de tête.

*Mr. de P.* Permettez moi de vous le faire au

moyen de notre formule générale: Le résultat sera que la balle choquante devrait reculer avec deux tiers de sa vitesse primitive et les cinq balles choquées devraient se mouvoir en sens contraire, ou dans la direction du mouvement primitif, avec un et deux tiers de la vitesse primitive de la balle choquante. Croyez-vous ce résultat juste?

*Mr. de T.* Supposant, comme je le fais, que vous ayez bien calculé la formule, je dois le croire juste.

*Mr. de L.* Prenez garde à vous, *Mr. de T.*! Monsieur *de P.* vous tend un piège. Je vois qu'il y a de la sorcellerie là dedans.

*Mr. de P.* Je ne veux point tendre de piège; je veux seulement donner un exemple de la facilité avec laquelle on peut tomber dans l'erreur quand on se fie trop aux formules sans bien examiner si elles peuvent s'appliquer au cas proposé. Le Physicien, qui le premier a calculé le choc des corps, aura comme *Mr. de T.* commis la même faute, qui est de considérer les cinq balles comme une seule masse et c'est sûrement l'expérience qui, la première, l'a instruit de cette faute.

*Mr. de L.* Que dit donc l'expérience?

*Mr. de P.* Que la balle choquante reste en repos après le choc, de même que les quatre premières balles choquées et que la cinquième seule se meut, se détache des autres, et part avec une vitesse égale à celle de la balle choquante, comme si les quatre autres n'eussent pas été là et que le choc se fut fait immédiatement entre elle et la balle choquante.

*Mr. de R.* Voilà un effet bien surprenant.

*Mr. de P.* Et qui nous prouve que chacune des balles agit pour elle-même. Voici la clef du phénomène. Au moment où le choc a lieu, l'élasticité des balles est en activité dans tous les points de contact. Nommons la balle choquante Nr. 0 et les balles choquées Nr. 1, 2, 3, 4, 5. Il est prouvé que s'il n'existoit que Nr. 0 et Nr. 1, Numero 0 perdrait tout son mouvement et Nr. 1 le gagnerait. Mais Nr. 1 est arrêté dans son mouvement par Nr. 2 et l'élasticité a lieu de part et d'autres à leur point de contact. Donc Nr. 1 se trouve jouer le rôle de balle choquante vis à vis de Nr. 2 qui a le rôle de balle choquée. Donc Nr. 1 perdra le mouvement et Nr. 2 le gagnera. Par là Nr. 2 devient balle choquante vis à vis de Nr. 3 qui devient balle choquée. Donc Nr. 2 restera en repos et Nr. 3 devrait se mouvoir vers Nr. 4; et il s'établit entre Nr. 3 et Nr. 4 la même relation qu'entre les balles précédentes. Quelque soit donc le nombre de ces balles, toutes égales en masse, il est clair que les balles intermédiaires Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 &c. resteront toutes en repos de même que Nr. 0, et que la dernière balle sera la seule qui se mouvra réellement, et avec toute la vitesse qu'avoit Nr. 0 au moment du choc si nous supposons une élasticité parfaite dans toutes ces balles.

*Mr. de T.* Cela est très beau!

*Mr. de P.* Je puis encore ajouter que le phénomène seroit constamment le même quelque grande que fût la vitesse de la balle choquante, fût-elle même infinie.

*Mr. de L.* Arrêtez, Monsieur *de P.* ! Vous nous avez dit que le Physicien n'a point à faire à l'infini.

*Mr. de P.* Vous avez raison. Mais je vais vous citer un fait qui excusera cette expression dont le Mathématicien proprement devrait seul se servir. Vous savez, Général, qu'avec quelques onces de poudre on fait sauter des rochers, qu'on fracasse des masses de pierre énormes et que lorsque la poudre et l'étoupille sont mises dans le trou qu'on a pratiqué à cet effet dans le rocher, on fait son possible pour fermer ce trou avec la plus grande force, afin d'opposer à l'effet de la poudre une résistance extraordinaire qui puisse produire le fracassement du rocher ; car, si on n'appliquoit pas cette résistance, la poudre ne feroit pas plus d'effet que dans un fusil qu'on auroit chargé sans balle et sans bourre. Aujourd'hui l'on se donne moins de peine ; on verse tout simplement du sable fin et sec dans le trou, et ce sable, qu'on n'a pas seulement tassé ou comprimé, oppose toute la résistance nécessaire à la poudre. D'où cela vient-il ?

*Mr. de T.* J'avoue que cela me paroît bien paradoxal ; car enfin cette portion de sable équivaut à peine à un poids d'une livre, et l'expérience prouve que nos canons, qui n'exercent sûrement pas une résistance égale à celle d'un rocher, résistent fort bien à l'effet de la poudre qui chasse un boulet de 24 livres à une distance si considérable.

*Mr. de P.* Votre remarque est très juste et je suis persuadé qu'aucun canon ne résisteroit à une charge de sable fin et sec ; on en a fait l'expérience sur le fusil.

*Mdè. de L.* Expliquez nous donc cet effet. Je suis impatiente de savoir pourquoi quelques poignées de sable font plus d'effet qu'un boulet de canon.

*Mr. de P.* Notre expérience avec les cinq balles d'ivoire fournit l'explication. Nous avons prouvé que les quatre premières doivent rester en repos, ne peuvent obtenir aucun mouvement, quelque soit la force de la boule choquante. Ce repos absolu qui, par la nature du choc élastique, ne peut aucunement se changer en mouvement, devient une résistance absolue, infinie, qui tient tête à une force quelconque qu'on puisse employer contre elle. Ainsi dans l'expérience du fracassement du rocher l'élasticité des gaz, produits par l'inflammation de la poudre, trouve dans les files des grains de sable contigus les uns aux autres une résistance infinie et, supposant leur élasticité parfaite (elle l'est à très peu près) il n'y a que la dernière couche qui puisse se mouvoir, tandis que les autres restent comme attachées à leur place par une force invincible.

*Mr. de T.* Je trouve cette explication parfaite; mais permettez moi, *Mr. P.* une observation. Les grains de sable, qu'on verse pêle-mêle sur la poudre, ne composent pas des files de balles bien ajustées comme celle des balles d'ivoire dans l'expérience des cinq balles. Cela ne diminueroit-il pas l'effet?

*Mr. de P.* Cette observation très juste m'embarasse un peu, car je ne l'avois pas encore faite. Mais voyons; cherchons l'effet de l'obliquité dans la position des grains de sable,

Supposons le cas qui a sûrement lieu, que les centres de gravité de trois grains de sable contigus for-

ment un triangle et que deux de ces grains soient choqués par le troisième dans la direction du trou fait dans la pierre; le mouvement qui leur sera communiqué, supposé qu'il n'existât que ces trois grains, seroit oblique, et nous pouvons au moyen du parallélogramme des forces considérer le mouvement, que chacun des deux grains a obtenu, comme composé de deux mouvemens dont l'un est parallèle à la direction du trou et l'autre latéral, perpendiculaire à cette direction.

*Mr. de L.* Vous voilà perdu, *Mr. de T.*; car dès que *Mr. de P.* saisit son parallélogramme des forces il nous démontre tout ce qu'il veut.

*Mr. de T.* Je ne suis pas perdu; je l'étois plutôt, et je me retrouverai.

*Mr. de P.* Ainsi nous pouvons supposer que l'effet de la poudre sur ces petits corps élastiques produit deux forces, c'est à dire deux résistances du genre de celle que nous avons trouvées dans nos quatre boules. La première, qui a lieu dans la direction du trou, agit précisément comme si les grains de sable étoient en file, et la seconde se porte, par la couche de sable qui touche immédiatement les parois du trou, vers ces parois et en qualité de force mouvante, qui agit en direction latérale et tend par conséquent à fendre le rocher.

*Mr. de L.* Ne vous l'ai-je pas dit. Voilà l'affaire faite. Je le répète: Ce parallélogramme des forces est une baguette magique, un vrai instrument de sorcier,

*Mr. de P.* Je vous présente, Général, les très humbles remerciemens du parallélogramme des forces pour l'éloge que vous en faites.

*Mr. de L.* Mais je vous trouverois bien dans le jeu de billard des difficultés que votre bâton de sorcier ne résoudroit pas.

*Mr. de P.* Cela peut-être; mais n'oubliez pas que nous avons encore une baguette magique, les formules de l'analyse, et gardez vous de m'irriter; ou bien je vous en présenterai quelques unes que vous ne seriez pas d'humeur d'avalier. Tremblez au seul nom d'Euler.

*Mr. de L.* Dieu me préserve de ce géant de calculateur! Je me rends; je bats chamade.

*Mr. de R.* Monsieur *de L.* nous a rappelé le billard; ce jeu ne doit être fondé que sur le choc des corps élastiques et vous devez par conséquent, *Mr. de P.*, être maître à ce jeu.

*Mr. de P.* Tout aussi peu qu'au jeu d'échecs. On s'imagine que quiconque a appris les Mathématiques doit être un espèce de virtuose dans tous ces jeux de combinaisons, tandis que l'expérience prouve au contraire que les grands maîtres, tel que Pinetti célèbre au billard, et le nain de la machine de Kempeln, qui gagnoit toutes les parties d'échecs, étoient très ignorans en Mathématiques. Ces jeux, et sur tout celui du billard, sont des arts où l'exercice fait le maître. D'abord vous concevez que, lorsque je joue au billard, je ne calcule pas de tête et pour chaque coup de queue une formule; ensuite, supposé que je le pusse, ce qui seroit une vraie sorcellerie, il faudroit encore le coup d'oeil pour mesurer les angles et le coup de main pour mesurer la force et la direction que je donne à mon coup. L'exercice forme le coup d'oeil et le coup

de main, et une longue observation instruit le joueur empirique des effets qui ont lieu sous des circonstances données. Voilà ce qui forme l'habile joueur de billard, et nous autres joueurs savants nous serions toujours des fats, comparés aux autres, si nous voulions y mettre notre Géométrie et notre calcul. Il en est de même de tous les arts. Newton et Euler ont travaillé la théorie des sons avec une sagacité admirable. Mais Dieu me préserve d'entendre de leur Musique! — Mais passons à un cas particulier et bien important du choc des corps, celui où une boule élastique est jetée ou poussée contre un plan dur ou élastique, qui est absolument immobile.

Soit  $AB$  (fig. 30) une table élastique ou dure et posée horizontalement,  $D$  une boule élastique qu'on laisse tomber d'aplomb sur cette table. Au moment du choc, au point  $C$ , l'élasticité est mise en activité; les parties de la boule (et de la table, si celle-ci est élastique) se rétablissent à l'instant et chassent la balle en direction contraire à la chute. La balle remonte, et si l'élasticité étoit parfaite, elle remonteroit à la hauteur  $CD$  d'où elle est tombée; mais elle remonte en effet à une moindre hauteur, l'élasticité n'étant pas parfaite. Cela est naturel et clair.

Mais si la balle se trouve chassée par une force quelconque dans une autre direction que la verticale, quel chemin prendra-t-elle?

Supposons que sa direction soit  $EC$ . Son mouvement dans cette direction oblique peut se décomposer, au moyen du parallélogramme des forces, en un mouvement horizontal et en un mouvement vertical. Si

nous exprimons par  $EC$  la force avec laquelle la boule arrive en  $C$ , cette force pourra être considérée comme composée des forces  $EG$  et  $EH$ . Comme l'élasticité réagit toujours en sens perpendiculaire à la surface choquée, la force horizontale ne souffrira aucun changement par l'action de la table  $AB$ , et la boule doit se mouvoir horizontalement après le choc avec une force  $CI$  égale à la force  $EG$ . Mais en même tems la réaction de l'élasticité (si elle est parfaite) tend à faire remonter la balle avec la même force que la force verticale du choc. Donc la balle remontera du point  $C$  avec une force verticale  $CG$  égale à la force verticale  $EH$ . Ainsi après le choc la balle se trouve sollicitée par les deux forces  $CI$  et  $CG$ . Elle décrira donc la diagonale  $CF$  du parallélogramme de ces forces. On nomme ce mouvement *mouvement réfléchi*. Or comme ce parallélogramme est en tous points égal au parallélogramme  $CHEG$ , il s'ensuit que  $CF$  aura la même position et la même grandeur que  $EC$ . Ainsi, lorsqu'on choque obliquement un plan élastique ou dur avec une balle parfaitement élastique, la balle rebondit du côté opposé et l'angle d'incidence  $ECG$  (que la direction du choc fait avec la verticale) sera égal à l'angle de réflexion  $GCF$ . Il en est de même des angles d'inclinaison  $ECH$  et  $ICF$  qui sont aussi égaux.

S'il y a un défaut d'élasticité, alors la balle ne pourra pas remonter aussi haut, ou la force verticale après le choc sera moindre qu'avant le choc. Soit  $Cg$  cette force, alors nous aurons  $CF$  pour la nouvelle direction de la balle; l'angle de réflexion  $GCF$  sera plus grand et l'angle d'inclinaison  $ICF$  sera plus petit.

Nous avons dans l'artillerie l'application de cette théorie dans les ricochets du boulet.

*Mde. de L.* Qu'entendez-vous par ricochets?

*Mr. de P.* C'est une invention diabolique, Madame, au moyen de la quelle le boulet de canon tue beaucoup plus d'hommes qu'il ne le feroit sans cela. On s'en sert en campagne et dans l'attaque des places fortes. Le canonier qui dirigeroit son canon de manière que le boulet portat à la demi hauteur de l'homme qu'il veut atteindre, manqueroit souvent son but ; le boulet passeroit souvent par dessus la tête du pauvre diable qu'il doit tuer, par ce qu'il est très difficile de pointer le canon aussi juste qu'il le faudroit pour ne pas se tromper de deux ou trois pieds en hauteur lorsque la distance est très grande. Pour cet effet le canonier pointe son canon un peu plus bas, en sorte que le boulet touche la terre à quelques pas en avant du soldat qu'il doit tuer et la résistance du terrain comme celle d'une table lui donne un mouvement de réflexion qu'on appelle ricochet. Le boulet qui a frappé la terre sous un très petit angle d'inclinaison, rebondit sous un angle encore plus petit et frappe le pauvre soldat avec sûreté soit aux jambes soit au milieu du corps, soit un peu plus haut.

*Mde. de L.* Quel raffinement de cruauté!

*Mr. de P.* Ce raffinement va plus loin encore ; car ce boulet, après avoir tué son homme ou trois qui se trouvent les uns derrière les autres, retombe à quelques pas plus loin, ricochette de nouveau et attaque une seconde et même une troisième ligne qui doivent servir de renfort ou de réserve pour la première.

*Mde. de L.* Finissez, je vous prie, *Mr. de P.*, Ne nous parlez plus de ces cruautés ingénieuses.

*Mr. de P.* Permettez moi d'ajouter que dans la défense des places on sait rendre cette invention à peu près inutile. L'ennemi qui attaque les forteresses, place son canon de manière à pouvoir enfilet les longues lignes où la garnison doit souvent se placer pour la défense, et à les rendre inaccessibles au moyen de l'effet du ricochet du boulet qui balaye en sautant toute longueur de ces lignes. Pour éviter cet effet du ricochet on creuse sur la largeur de ces lignes de petits fossés dont on employe la terre à former de petits remparts nommés traverses, dans les quelles la force du boulet s'amortit.

*Mr. de R.* Le jeu de billard nous fournit, je pense, une application plus agréable du ricochet ou mouvement de réflexion. Ne voudriez-vous pas nous en donner la théorie?

*Mr. de P.* Elle est bien simple. Lorsque la bille, qu'on veut choquer pour la faire aller dans la blouse, n'est pas placée de sorte que le joueur puisse lui donner immédiatement la direction nécessaire au moyen de sa bille, alors il dirige sa bille vers les côtés ou bandes du billard, et lui donne par là un mouvement réfléchi. Le coup-d'oeil doit lui indiquer le point où il doit frapper la bande pour que le mouvement réfléchi ait la direction nécessaire. Si la bande étoit parfaitement élastique et la balle de même, alors les angles d'incidence et de réflexion seroient égaux. Mais comme cette élasticité parfaite n'a pas lieu, l'expérience doit apprendre au joueur combien il doit décourtir de l'angle de

réflexion pour diriger son coup en conséquence ; et le problème devient encore plus compliqué lorsqu'on a besoin d'une double réflexion, et qu'en outre la bille ne doit pas même frapper directement mais obliquement celle qu'on veut amener dans la blouse.

*Mr. de R.* A présent je conçois qu'un bon joueur de billard ait plus besoin d'exercice et de coup-d'oeil que de théorie ; car comment faire de tête les calculs qui seroient nécessaires pour résoudre théoriquement de pareils problèmes !

*Mr. de P.* Terminons cet entretien par une réflexion que ce sujet me fait faire, c'est que l'art surpasse ordinairement la science dans les effets, mais que la science est seule capable d'éclairer l'art dans ses opérations et de conduire par la spéculation à de nouvelles découvertes. L'art est la main de l'homme, la science est son oeil.

---

## SEIZIÈME ENTRETEN.

**Mr. de P.** Nous avons appris à connoître les principales lois du mouvement et nous en avons eu différentes applications utiles et intéressantes. Mais ces applications dépendent en quelque sorte de trois circonstances qui diminuent la quantité des résultats que la Mécanique a pour but d'obtenir. Ces circonstances sont le *frottement*, la *roideur des cordes* et la *résistance des milieux* c'est à dire de l'air ou de l'eau dans lesquelles les machines se meuvent. Ces trois circonstances diminuent de quelque chose, souvent de beaucoup, l'effet des machines et le Mécanicien doit savoir les apprécier. Nous voulons pour le présent nous en tenir aux deux premières et réserver la troisième pour le tems où nous nous serons acquis les connoissances nécessaires sur le mouvement des fluides. Commençons par le frottement, et tâchons d'abord de nous expliquer comment il se fait que le frottement s'oppose au mouvement et en diminue par conséquent la vitesse ou la quantité.

Imaginez deux corps durs et plats, dont l'un repose sur une table et que l'autre, placé sur celui-ci, soit trainé dans une direction quelconque. Comme

chaque corps est parsemé à sa surface de même qu'à son intérieur d'une infinité de pores, on doit supposer une espèce d'engrenage réciproque des parties saillantes d'une des surfaces dans les creux de l'autre. Si donc le mouvement doit avoir lieu, il faut qu'il se fasse de trois choses l'une : Ou les protubérances des deux corps seront rompues et enlevées à la profondeur à laquelle elles engrènent ; ou bien ces protubérances se replieront dans leurs creux voisins ; ou bien elles résisteront et le corps à mouvoir sera forcé de s'élever tant soit peu à chaque pas infiniment petit qu'il fait, comme sur des plans inclinés.

La Nature ne s'en est pas tenue à ces trois modifications du frottement. Elle en a ajouté une quatrième pour le cas où les protubérances ont été ou cassées ou fléchies, où par conséquent les corps frottants sont très lisses, et cette nouvelle espèce de frottement est causée par l'attraction de surface. Car alors les surfaces se trouvent rapprochées par assez de points pour que l'attraction de surface commence à s'exercer d'une manière sensible. Au reste cette cause de frottement est bien moindre que l'autre.

Vous voyez par là que, de quelque manière que nous nous y prenions, nous ne pourrons jamais éviter le frottement, c. a. d. une certaine résistance au mouvement qui provient du contact des surfaces, et je doute que notre Général moraliste vienne mieux à bout de supprimer le frottement moral que le Mécanicien le frottement physique, fut-il un Dieu de sagesse politique.

*Mr. de L.* Je ne prétends pas non plus anéantir le frottement moral; au contraire je le crois non seulement nécessaire, mais même très salulaire; c'est lui qui développe la chaleur des ames comme le frottement physique celle des corps.

*Mr. de P.* Bravo, mon Général! Ainsi je puis compter sur votre voix lorsque je parlerai de l'utilité du frottement. Pour le présent considérons le dommage qu'il fait et cherchons à le diminuer autant que possible.

*Mde. de L.* Vous allez nous rejeter dans de profonds calculs.

*Mr. de P.* Pas du tout, Madame. Heureusement pour vous, nous n'avons pas de théorie sur le frottement; car tout ce que la Logique et le calcul nous disent sur cette matière ne consiste que dans des à peu près; la pratique seule nous sert ici de guide.

Voici les résultats principaux des expériences sur le frottement de deux surfaces planes qui se meuvent l'une sur l'autre.

1) La résistance du frottement est d'autant plus grande que les deux surfaces sont comprimées plus fortement l'une sur l'autre.

2) On peut considérer le frottement comme une partie aliquote de la pression. Mais cette partie aliquote varie selon les espèces de corps frottants. Cette partie aliquote va à  $\frac{1}{5}$  jusqu'à  $\frac{1}{3}$  de la pression. Ainsi, si la pression équivaut à 100 livres, le frottement équivaudra à une résistance de 20 à 33 livres.

3) Le frottement de deux corps homogènes est de règle plus considérable que celui de deux corps hété-

rogènes. L'acier trempé, mu sur l'agate, produit le moindre frottement, puis l'acier sur le laiton, et les frottemens augmentent quand on emploie des métaux mous, tels que le cuivre, le plomb, l'étain &c.

4) Le frottement est toujours plus grand au moment que le mouvement commence que pendant le mouvement. Celui-ci n'est à peu près que  $\frac{2}{3}$  de celui-là.

5) Le frottement, polissant les corps, diminue petit à petit jusqu'à ce que les deux surfaces aient tout le poli qu'elles peuvent obtenir par leur frottement.

6) Lorsqu'on met de l'huile ou de la graisse molle entre les surfaces frottantes, le frottement est moindre que lorsque les surfaces sont sèches.

7) Si les surfaces frottantes sont de bois, alors on diminue le frottement en les enduisant de savon et de mine de plomb, parce que l'huile et les graisses pénètrent dans l'intérieur du bois et n'en laissent pas assez à la surface pour remplir les pores grossiers qui se remplissent très bien par le savon et la mine de plomb, d'où il résulte des surfaces très lisses.

8) La grandeur des surfaces frottantes a influence sur la résistance du frottement indépendamment de la pression; car, à pressions égales, le frottement opposera une résistance un peu moindre si les surfaces frottantes sont moindres.

*Mr. de T.* Comment mesure-t-on la grandeur du frottement?

*Mr. de P.* On a deux méthodes. L'une consiste à placer le corps sur lequel le frottement aura lieu, bien horizontalement et l'autre dessus; puis on fixe à celui-ci un cordon de soie qu'on fait passer sur une poulie

fixée à la table, en sorte que le cordon de soie se trouve en direction horizontale et on y suspend un petit bassin de balance sur lequel on met petit à petit des poids jusqu'à ce que le corps supérieur commence à se mouvoir. Supposé que les poids, y compris celui du bassin de balance, équivalent à 10 onces, et le poids du corps à 36 onces, alors on dit que le frottement est  $\frac{1}{36}$  de la pression. L'autre méthode est de fixer le corps gisant sur la machine dont on se sert pour les expériences sur le plan incliné, de placer le corps à mouvoir sur celui-là, et d'élever petit à petit le plan incliné jusqu'à ce que le corps supérieur commence à glisser. L'élévation du plan incliné fournira la proportion du frottement à la pression, sans qu'on ait eu besoin de peser le corps qui se meut. Car cette proportion est celle de la hauteur du plan incliné à sa longueur horizontale.

*Mr. de T.* Cette seconde méthode est bien ingénieuse.

*Mr. de P.* Et elle est la plus exacte, parce que dans la première on a un cordon dont la roideur n'est pas sans influence sur le résultat. Mais pour employer cette meilleure méthode avec succès, il faut élever le plan incliné bien lentement, au moyen d'une vis, pour ne pas causer des secousses qui rendroient l'expérience incertaine.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que du frottement de deux surfaces planes, qu'on pourroit nommer le *frottement glissant*. Mais il y a encore d'autres circonstances sous les quelles le frottement peut avoir lieu,

par ex. celle d'une boule qui roule sur un plan horizontal et qu'on pourroit nommer le *frottement roulant*.

*Mr. de T.* Y a-t-il ici un frottement? Il me semble que les inégalités des surfaces doivent dans ce cas être regardées comme un engrenage où les protubérances d'une surface se dégagent sans effort des pores de l'autre.

*Mr. de P.* Tout en admettant votre remarque judicieuse, je suis fâché, *Mr. de T.*, de ne pouvoir pas être tout-à-fait de votre avis. Car l'engrenage même des dents de deux roues produit de règle du frottement sur les petites surfaces qui se touchent, excepté dans les cas où l'on a donné aux dents du rouage la forme d'une épicycloïde, au moyen de la quelle aucune partie des surfaces des dents ne glisse sur l'autre, et qu'au point de contact rien n'a lieu que le contact.

*Mde. de L.* Qu'entendez-vous par la forme d'une épicycloïde? Ce mot est bien barbare.

*Mr. de P.* Vos oreilles, Madame, seront forcées par la suite de s'accoutumer à des sons bien autrement barbares. Il nous faut des noms particuliers pour des choses qu'on ne connoit pas dans la vie commune. La cycloïde est une ligne courbe que décrit un point de la circonférence de la roue de votre carrosse lorsqu'il se meut sur un plan, et l'épicycloïde est une autre courbe que le même point décriroit si la roue faisoit ses révolutions autour d'un cercle. Comme tous nos voyages se font sur la surface de notre globe, c. à d. d'une sphère, et par conséquent sur un arc de cercle, les points de la circonférence de nos roues de voiture décrivent proprement des épicycloïdes. Mais comme

le rayon de la terre est presque infiniment grand comparé à celui de nos roues, nous prenons ces épicycloïdes pour des cycloïdes.

Retournons à notre frottement roulant. Il existe en effet, puisque nous ne pouvons pas supposer que les protubérances des surfaces aient la figure épicycloïdique. Mais il est très petit, le plus petit que nous connoissons; car l'expérience nous prouve qu'il faut qu'une table soit à très peu près parfaitement horizontale pour qu'une boule d'ivoire bien faite puisse se tenir en repos à un point donné de cette surface, et si nous supposons qu'une inclinaison d'une minute la fasse déjà rouler, il s'en suit que le frottement roulant de cette boule n'équivaudroit pas la trois millième partie du poids. C'est cette espèce de frottement qui avoit lieu entre les boules et les voyes dans le char imaginé pour conduire le rocher de Pierre le grand, et qui, supposé le plan des voyes parfaitement horizontal, étoit la seule résistance à vaincre. Au reste le frottement devoit être ici bien plus considérable que la trois millième partie du poids, quelque parfaite qu'ait pu être la forme sphérique des boules de fonte, parce que ce poids énorme devoit aplatis un peu les boules et former des creux dans les voyes.

Nous avons encore une espèce de frottement qu'on pourroit appeller *frottement tournant*, celui d'un cylindre solide dans un cylindre creux, d'une axe dans son moyeu ou support.

*Mr. de T.* Cette espèce de frottement semble ne devoir pas différer du frottement glissant, puisque le cylindre solide glisse dans le cylindre creux.

*Mr. de P.* Néanmoins l'expérience prouve qu'il est un peu moindre que le frottement glissant, apparemment par ce que, le cylindre creux étant toujours un peu plus grand que le cylindre solide, et la force tirant le cylindre solide d'un côté, ce cylindre se trouve par là retenu sur un plan un peu incliné du cylindre creux. Aussi on diminue cette espèce de frottement en plaçant l'axe sur deux surfaces planes inclinées qui font un angle entre elles, un coin creux. Mais cette méthode ne peut être employée que dans les cas où l'axe est rarement mise en mouvement, sans quoi le frottement use les surfaces planes et y tranche bientôt des creux cylindriques qui détruisent l'avantage qu'on vouloit obtenir.

Au reste la considération de cette espèce de frottement nous fournit des applications infiniment plus importantes.

Voyez une des roues *D* de la figure que je vous ai dessinée. (fig. 20). Les deux tourillons de fer placés au centre sont les parties de la machine à la surface des quelles le frottement a lieu. Comparez leur rayon, que nous voulons supposer d'un demi pouce, avec le rayon de la roue que nous voulons supposer être de 36 pouces; il est clair que dans ce cas la force est appliquée à un bras de levier 72 fois plus grand que celui au quel la résistance du frottement se trouve. Ainsi, si le frottement à la surface du tourillon équivaut à 72 livres, il ne faudra que 1 livre de force pour le vaincre.

*Mr. de T.* Cela est clair, et dans les machines où l'on a de grandes roues à la circonférence des quel-

les la force est appliquée, on doit avoir encore un plus grand avantage.

*Mr. de P.* Assurément, et cet avantage est bien réel; car ici on n'a pas à faire au tems ni à la vitesse; le but de la machine étant que notre roue fasse sa révolution, non pas qu'il se fasse un certain frottement dans un certain tems. Ce rapport du frottement à la force qu'il faut pour le vaincre au moyen d'un levier, s'appelle le *moment du frottement*, dans le même sens que nous avons eu le moment des forces.

*Le jeune L.* On peut donc diminuer le frottement, ou plutôt le moment du frottement, à l'infini en faisant les axes bien minces et les roues bien grandes.

*Mr. de P.* Cela a ses bornes, comme tout dans la Nature; Car si vous faites les tourillons trop minces, ils ne supporteront pas la charge, et si vous construisez de grandes roues, vous aurez de plus grandes masses qui pèseront d'autant plus sur les supports des tourillons et augmenteront par là le frottement.

*Le jeune L.* C'est dommage que la pratique s'oppose ainsi à l'avantage que donne la théorie.

*Mr. de P.* Soyons contents, mon cher, de pouvoir réduire dans la plupart des cas la résistance du frottement à un cinquantième ou un centième de ce qu'elle seroit d'ailleurs. Cependant, pour vous consoler, je veux vous dire que l'on peut encore rapprocher de beaucoup la pratique de la théorie. Ce stratagème consiste à ne pas donner aux tourillons une figure cylindrique, mais une figure d'oeuf très pointue, et au support creux une figure semblable mais un peu plus évasée. Je vais

vous dessiner le profil du tourillon et de son support d'après cette idée. Supposez que ABDE soit l'axe horizontal d'une roue et CF une poutre sur la quelle elle doit porter. Le tourillon que nous plaçons dans la poutre aura la figure  $aco$ , et le creux du support, placé dans l'axe, aura la figure  $acu$ . Vous voyez que les profils de ces deux figures ne se touchent qu'au point  $c$ , et que par conséquent ce n'est qu'à ce point que le frottement aura lieu. Si ce n'étoit qu'un point mathématique, alors votre desir, de réduire le moment du frottement à rien, seroit accompli. Mais en pratique ce point aura, pour une grande machine, environ une ligne de diamètre, tandis que le tourillon auroit un diamètre de deux pouces. Ainsi le moment du frottement est par là réduit au vingt quatrième de celui du tourillon cylindrique, et si vous donnez à la roue, à la circonférence de la quelle on applique la force, 10 pieds de diamètre, la force nécessaire pour vaincre ce frottement ne sera que  $\frac{1}{2180}$  du frottement absolu.

*Mr. de T.* Je conçois cela fort bien, d'autant plus que nous autres tourneurs employons déjà depuis longtems cette théorie, les tourillons de nos tours ayant une forme conique. Mais permettez moi, *Mr. de P.*, deux questions, cet objet m'intéressant beaucoup. D'abord cette idée est-elle applicable en grand à des roues de dix, vingt et trente pieds de diamètre? En second lieu pourquoi donnez-vous à vos tourillons une figure ovale et non pas, comme nous autres tourneurs; une figure de cône droit?

*Mr. de P.* La première question se résout en théorie par l'affirmative, et en outre la pratique m'a

donné la même réponse. J'ai construit sur ces principes des tourillons pour une roue de 12 pieds de diamètre, qui avec son axe pesoit 4 à 5 mille livres, et dont le mouvement en outre étoit tel qu'à chaque révolution la roue recevoit six secousses très fortes qui faisoient trembler tous les supports et même le bâtiment. Les tourillons, qui en ab avoient  $1\frac{1}{2}$  pouce de diamètre, ont parfaitement résisté.

*Mr. de T.* Mais à la longue les pointes en c doivent bientôt s'user.

*Mr. de P.* Pas plus que la surface des tourillons cylindriques; car la vitesse du mouvement, et par conséquent la répétition du frottement, est ici d'autant plus petite que le rayon de la petite surface c est plus petit; aussi ces tourillons ne s'échauffent pas comme le font les tourillons ordinaires. Au reste votre remarque est très juste et très pratique. Les pointes de mes tourillons s'usent, et quelque peu que ce soit, ils se raccourcissent avec le tems. Pour obvier au désavantage qui en résulteroit, le tourillon porte à sa surface ab d'une vis, qui fait qu'on peut le faire avancer au besoin dans la poutre qui lui sert de support.

Quant à votre seconde question, j'aurai l'honneur de vous dire que cette forme ovale est nécessaire pour donner au tourillon la force dont il a besoin; si au lieu de la courbe aco j'avois deux lignes droites, le tourillon ne résisteroit pas au poids et aux autres forces qui agissent sur lui. Les tourillons des tourneurs qui, lors même qu'on tourne du métal, n'ont guères qu'une force de 20 livres à supporter, résistent à cet effort. Mais lorsque les poids et les forces se montent à plusieurs milliers de

livres, les cônes droits sont trop foibles à la pointe, et j'ai calculé la courbe nécessaire à cet effet; c'est une espèce de parabole qu'on nomme parabole cubique.

*Mr. de T.* Ce calcul doit être bien intéressant.

*Mr. de P.* Il l'est d'autant plus qu'il s'applique à tous les leviers où il s'agit d'économiser la matière, non seulement à cause des frais, mais surtout à cause du poids, par ex: dans les fléaux de balance, dans les mâts de vaisseaux &c.

*Mr. de T.* (tout bas) J'ai une grande déman-gaison de connoitre cette théorie.

*Mde. de L.* Au nom du ciel, *Mr. de T.*, ayez pitié de moi. N'entendez-vous pas qu'il seroit question de balance? Et vous savez que *Mr. de P.* n'entend pas raillerie sur cet article.

*Mr. de P.* Ne craignez rien, Madame. Quel-que envie que j'aye d'ailleurs de complaire à notre bon *Mr. de T.*, je ne le pourrois, la chose n'étant pas de nature à être traitée sans m'exposer au reproche de sorcellerie ou du ton de cathèdre. Je me permettrai seulement de vous dire que cette théorie de la figure des leviers, relativement à la résistance dont ils doivent être susceptibles avec la moindre quantité de masse, la Nature l'a merveilleusement exécutée dans les os des jambes des quadrupèdes, dans ceux des oiseaux et dans leurs plumes et même dans les arêtes des pois-sons. Depuis que je me mêle de Physique je n'ai guè- res eu un plaisir plus vif et plus pur que lorsque je m'apperçus de cet accord admirable de la Nature avec ses principes mathématiques.

Mais nous nous sommes écartés de nos observati-

ons sur le frottement. Permettez moi, Messieurs, d'y revenir par une question à la quelle je vous prierai de répondre : Nos roues de chariots et de voitures diminuent considérablement la force nécessaire pour vaincre le frottement. D'où vient donc que dans les pays septentrionaux le paysan, le voiturier et l'homme de qualité substituent-ils en hiver le traîneau au chariot et à la voiture, dès que la neige couvre les campagnes et les villes ? Et cela se fait avec avantage ; car le paysan par ex. amène à la ville avec le même cheval une voye de bois sensiblement plus forte qu'en été.

*Mr. de T.* Il me semble que c'est parce que les roues s'enfonceroient en hiver dans la neige et souffriroient la même résistance que dans un terrain sablonneux.

*Mr. de P.* C'est une raison très valable ; mais elle n'est pas suffisante, car le paysan fait souvent de longs voyages sur des lacs et des fleuves gelés et sans neige, et il préfère ces chemins aux autres ; En outre les chemins ordinaires sont bientôt si battus par le traînage, surtout lorsqu'on a eu un petit dégel et ensuite de la gelée, qu'ils sont aussi durs que la glace même.

*Mr. de R.* C'est qu'alors le grand poli de ces surfaces gelées diminue déjà le frottement autant que le feroient les roues.

*Mr. de P.* Vous en douterez si vous placez un petit traîneau sur une glace de miroir et si vous éprouvez la force nécessaire pour le mettre en mouvement. Elle sera beaucoup plus grande que celle qu'il faut pour faire mouvoir un chariot de même poids sur la même surface.

*Mr. de T.* Mais à quoi cela tient-il donc?

*Mr. de P.* A la différence qu'il y a entre une glace de verre et une glace d'eau gelée. Celle-là ne souffrirait par l'action du traîneau sur elle aucun changement que d'être rayée par le fer des patins du traîneau; mais celle-ci se trouve fondue à sa surface par la chaleur que le frottement excite. Cette pellicule de glace fondue, qu'on aperçoit dans la voie du traîneau, change le frottement entre les surfaces de deux solides en un frottement qui a lieu entre la surface solide du patin du traîneau et une couche de liquide. Il ne reste plus que l'adhésion du liquide à surmonter, et cette adhésion est beaucoup plus petite que le frottement de deux corps solides.

*Le jeune C.* Cette explication me paroît très satisfaisante et je m'étonne qu'ayant vécu bien des années dans le Nord je n'aie pas songé à me résoudre ce problème. L'habitude nous rend insensibles aux choses qui ont le plus de droit à notre intérêt.

*Le jeune L.* Vous nous avez dit *Mr. de P.* bien des choses importantes sur la diminuation du frottement. Mais j'en reste encore à mon idée, qu'il vaudroit beaucoup mieux qu'il n'existât aucun frottement.

*Mr. de P.* Je doute que tout le monde soit de notre avis. D'abord monsieur votre Père ne voudra pas abandonner le frottement moral. Il s'est déjà déclaré là-dessus.

*Mr. de R.* Moi non plus; mais en abandonnant le frottement physique nous n'y perdrons qu'une source de comparaisons pour quelques phénomènes mo-

raux qui ne nous dédommage pas des désagrémens de ce frottement.

*Le jeune de L.* Réunissons nous, Messieurs, pour décréter la mort du frottement. Périssent cette résistance destructive du mouvement!

*Mr. de G. et Mr. de R.* Je suis de la partie.

*Mr. de V* Je n'aime pas les décrets des assemblées nationales sur l'existence d'objets qui ne dépendent pas d'elles. Je soupçonne que *Mr. de P.* nous ferait bientôt révoquer notre arrêt.

*Mr. de P.* Votre soupçon est très fondé. Que diriez-vous, mon cher G, si, lorsque vous écrivez un livre avec votre chaleur ordinaire, votre plume avoit besoin d'être taillée et que votre canif ne fut pas tranchant et qu'aucun rémouleur ne pût vous l'aiguiser? Car le rémouleur n'aiguisé les canifs, les coutaux, les ciseaux que par le frottement. Que diroient les dames, et bien des jeunes messieurs, si le fabricant de glaces n'avoit pas le frottement pour polir nos miroirs? Que diroit *Mr. de T.*, notre aimable Mécanicien, si un clou ou une vis ne pouvoient plus retenir deux corps l'un sur l'autre? car cette action perpétuée du clou et de la vis ne dépend que du frottement. Que diroit *Mde. de L.* si le frottement ne faisoit pas de cent brins de l'écorce du lin ou de coton le fil dont elle se sert pour broder? Que diroit le Marin si ses cables, composés d'une infinité de brins de chanvre, perdoient toute leur force par l'anéantissement du frottement? Que diroit notre jeune ami *Alexandre de L.*, si, faute de frottement, les fils de laine ne pouvoient plus se lier par leur entrelacement pour composer le drap, et qu'il fût

obligé de s'affubler d'une peau de mouton ou de loup pour aller à la parade? Que diroit Monsieur le Comte C. si, lorsqu'il veut gravir une montagne pour trouver une plante alpine, le frottement ne donnoit pas à ses pieds une assiette solide sur le plan incliné de la montagne et par là la possibilité de monter et de grimper? Que diroit Mr. *de L.* si le frottement du cordon sur la roue n'étoit l'ame du mouvement des rouets dont il veut rammener l'antique usage? Que diroit ....

*Mde. de L.* Cessez donc, Mr. *de P.*; sans quoi vous finirez par nous ordonner d'adorer le frottement comme une divinité. En voilà déjà assez pour que je le canonise.

*Mr. de L.* Voyez-vous, mon fils, ce que c'est que de s'impatienter contre de petits maux! Leur suppression si désirée nous priveroit souvent des plus grandes jouissances.

*Le jeune L.* Mais, Papa, pourquoi Mr. *de P.* ne nous disoit-il pas cela auparavant?

*Mde. de L.* C'étoit à vous à y songer. La providence ne nous avertit pas non plus d'avance; au contraire elle exige que nous nous fions à elle avec croyance et résignation. Nous devons supporter patiemment les maux de la vie, persuadés qu'ils tiennent aux biens les plus précieux, à notre vrai bonheur. Noubliez jamais la leçon que Mr. *de P.* vient de vous donner.

*Le jeune L.* (donne la main à Mr. *de P.* avec une air de satisfaction.) Ce n'est pas la première que je vous dois et dont le souvenir me sera toujours précieux.

*Mr. de P.* Voyez, Messieurs, ce qu'un Père et une Mère comme Mr. et Mde. *de L.* peuvent faire d'un jeune officier aux gardes! — Mais retournons à notre sujet, ou plutôt passons au dernier qu'il nous reste à considérer dans le champ aride de la Mécanique, à la résistance que produit *la roideur des cordes.*

Aucune corde n'a une flexibilité parfaite; personne ne sait cela mieux que les Marins qui voyent tous les jours qu'il est impossible de tourner le cable de l'ancre d'un grand vaisseau sur son cabestan et qu'il faut déjà une force considérable pour le ployer a fin de le placer seulement en plusieurs anneaux sur le vaisseau. Cette résistance cause un déchet considérable dans les machines, déchet qui surpasse souvent celui du frottement. C'est le cas précisément dans les mouffles, machines si utiles à la Marine et la raison pourquoi on ne dépasse guères le nombre de trois paires de poulies pour une mouffle, parce que la multiplicité des poulies multiplie le déchet de force que la roideur des cordes occasionne. La cause de cette résistance est bien naturelle, c'est l'élasticité. Imaginez une corde tendue en ligne aussi droite que son poids le permet. Si vous voulez augmenter sa courbure il vous faudra une force quelconque. Supposez que la corde doive s'appliquer sur la gorge d'une poulie ou sur la surface d'un cylindre, il est clair que, comme la situation naturelle des parties est celle quelles ont lorsque la corde est droite, le ployement force les parties qui forment la concavité de la courbe à se coigner les unes dans les autres et celles qui forment la convexité de la courbe à s'éloigner les unes des autres, précisément comme dans un

bâton élastique que l'on veut ployer. On a tâché de déterminer en théorie la proportion des résistances ou des efforts à faire pour vaincre cet effet de la roideur ou de l'élasticité; mais on y a mal réussi, parce que l'on ne connoit pas la loi de résistance qui préside à ce déplacement relatif des parties de la corde; et le mieux est de s'en tenir tout simplement aux expériences que le Physicien Amontons nous a fournies en assez grand nombre pour en tirer les trois règles suivantes:

1.) La roideur des cordes augmente en raison directe des poids qu'elles ont à supporter.

2.) La roideur des cordes augmente en raison directe de leurs diamètres.

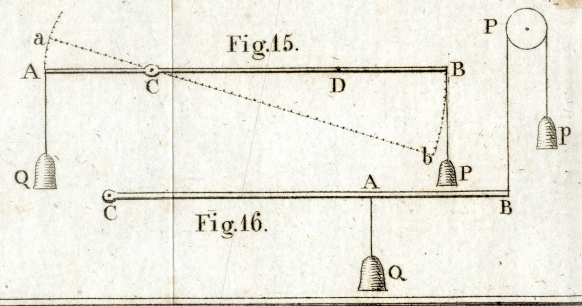
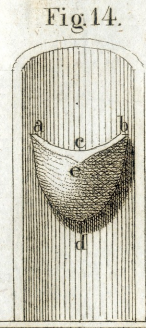
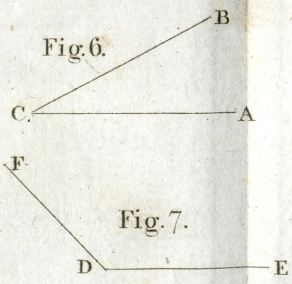
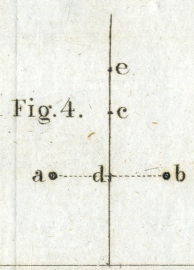
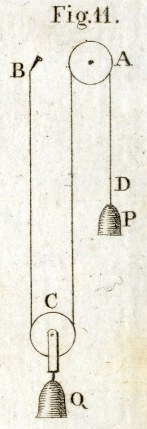
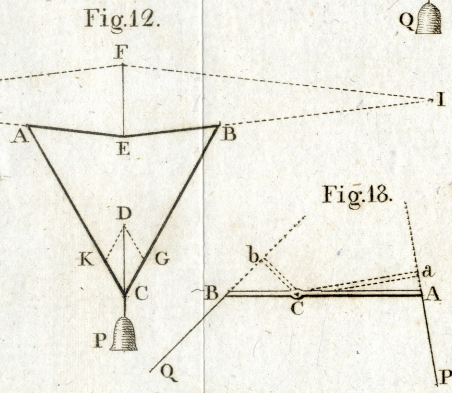
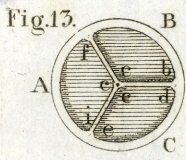
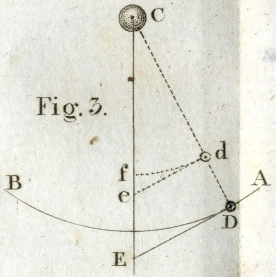
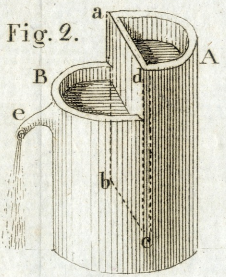
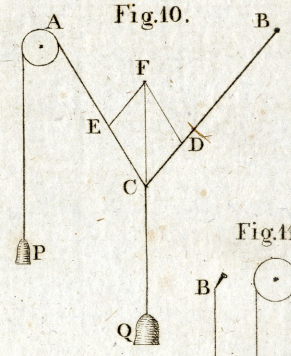
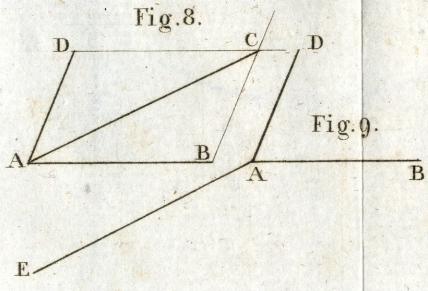
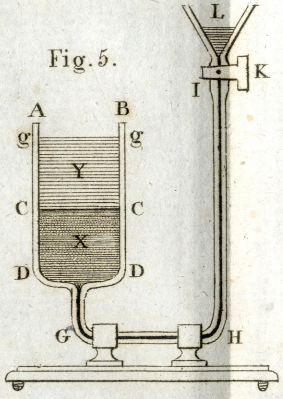
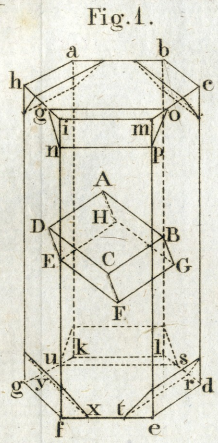
3.) La roideur des cordes diminue lorsque le diamètre des poulies ou cylindres augmente, mais pas précisément en raison inverse des diamètres. Si vous avez déterminé la force qu'il faut pour vaincre la roideur d'une corde pliée autour d'un cylindre de 6 pouces de diamètre, il faudra un peu plus de la moitié de cette force pour vaincre la roideur de la corde sur un diamètre de 12 pouces.

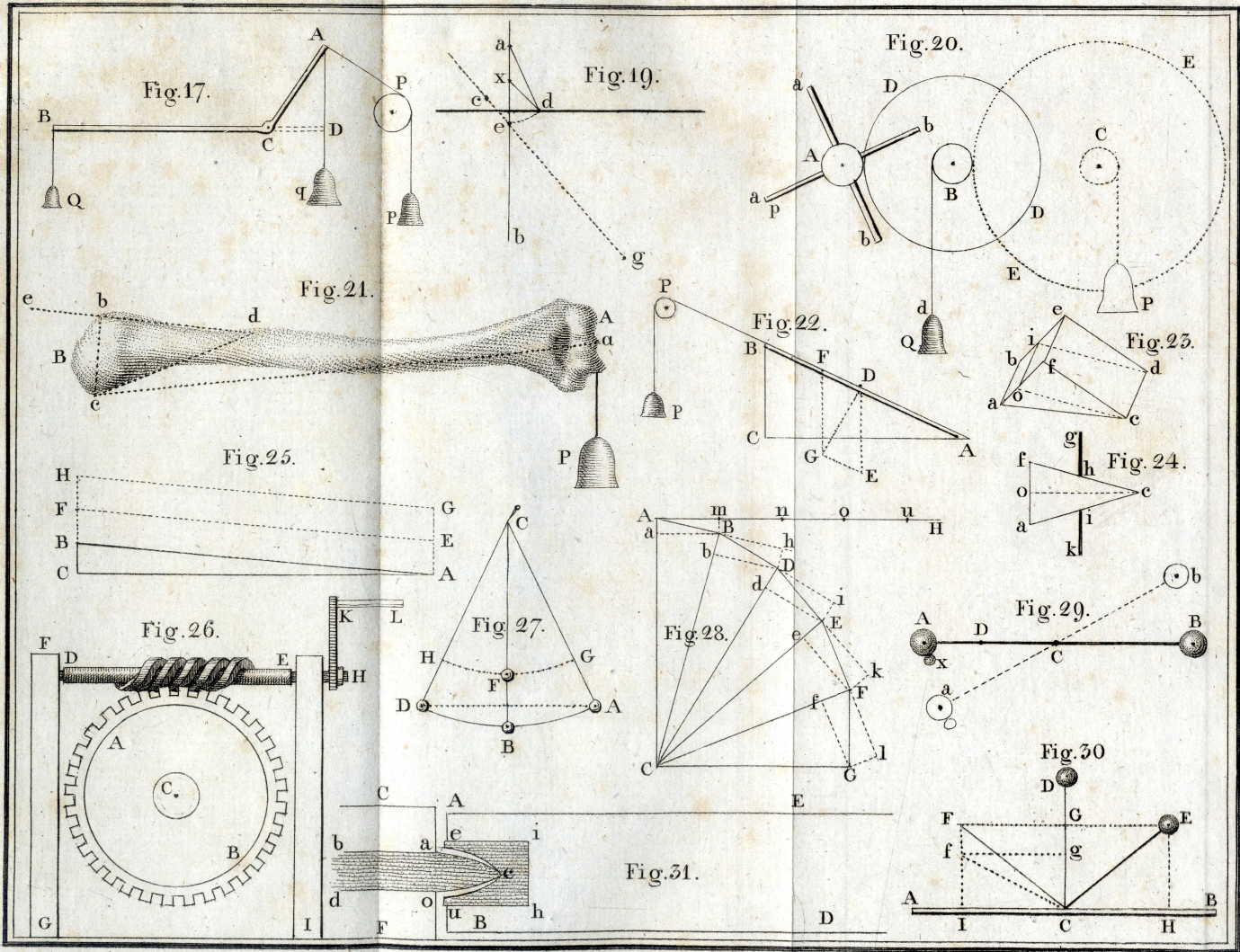
Il suit de là que l'on doit autant que possible n'employer que des cordes d'un petit diamètre et des poulies ou cylindres d'un grand diamètre pour diminuer l'effet de la roideur des cordes. Et cela doit avoir lieu, non seulement à raison du déchet que cette roideur produit dans l'effet de la machine, mais aussi à raison de la résistance absolue de la corde et de sa durée. Cet alongement des fibres de la corde, dans les parties rangées vers la convexité de la courbure, déchi-

re petit à petit la corde ; car nous ne devons pas oublier que ce n'est pas la cohésion qui fait des fibres du chanvre un seul tout, mais le frottement ; et que quand le frottement a cédé à l'effort, deux brins étant déplacés l'un relativement à l'autre, ils ne se remettent pas dans leur position primitive. Aussi l'expérience prouve que, l'ors qu'une corde commence à se rompre, c'est toujours par les parties extérieures, celles qui sont le plus exposées au tiraillement ; précisément le contraire de ce qui arrive aux poutres.

Nous voilà arrivés à la fin de nos considérations sur le mouvement des corps solides, et je dois beaucoup de reconnoissance à notre aimable société pour la patience avec la quelle elle a bien voulu me suivre dans ces considérations. Celles que nous ferons sur le mouvement des fluides offrent plus d'attrait, et je désire beaucoup que cet attrait vous dédommage de l'aridité du sujet que nous venons de traiter.

---





[www.books2ebooks.eu](http://www.books2ebooks.eu)