

**Conversations sur la philosophie naturelle ... / Par l'auteur des
Conversations sur la chimie et des Conversations sur l'économie politique
[i.e. J. Marcet] Traduites de l'anglois, par G. Prévost.**

Contributors

Marcet, Mrs. 1769-1858.

Prévost, G.

Marcet, Mrs. 1769-1858. Conversations sur l'économie politique.

Publication/Creation

Paris ; Geneva : J.J. Paschoud, 1820.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/ehy4xkxv>

License and attribution

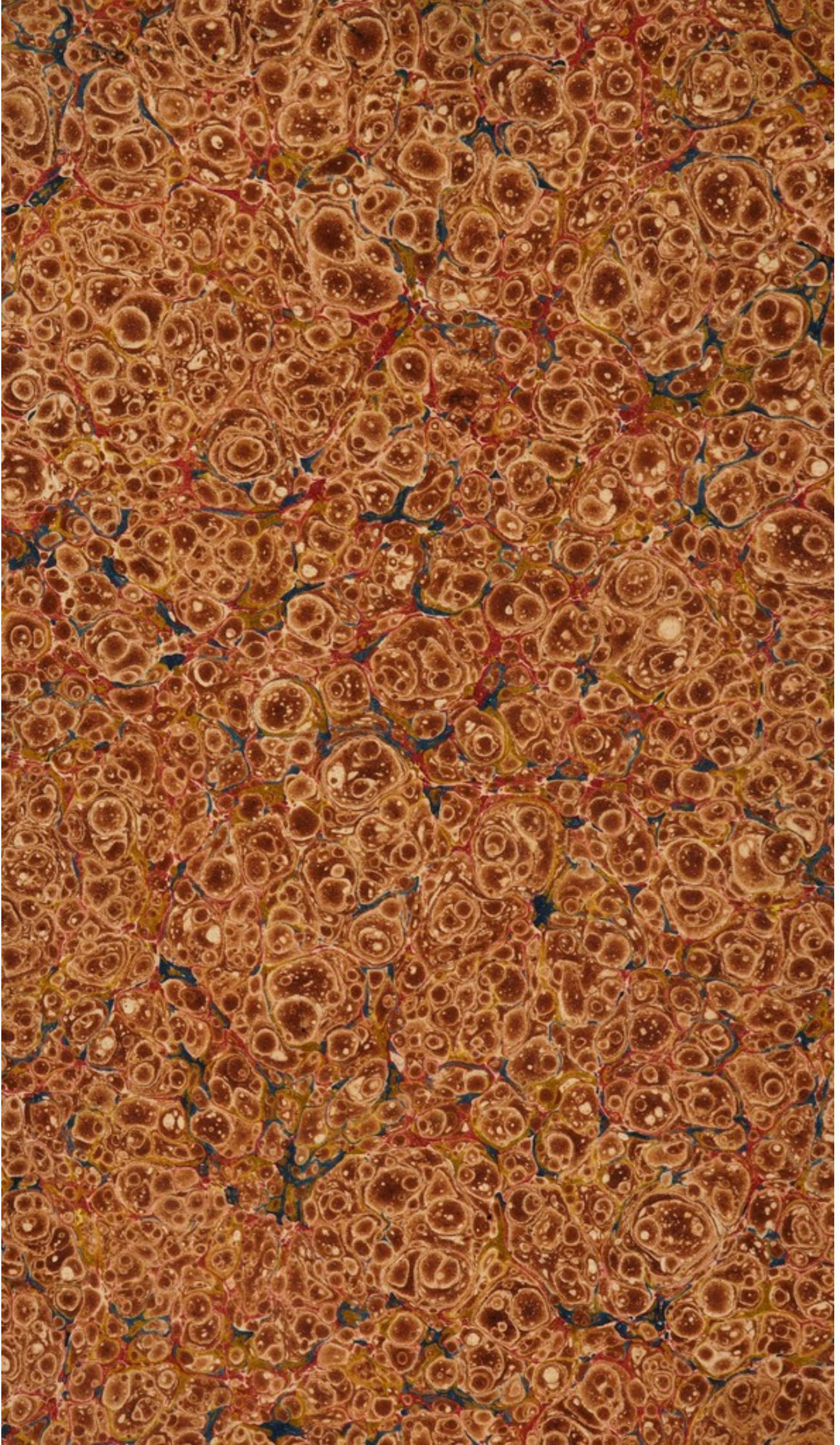
This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

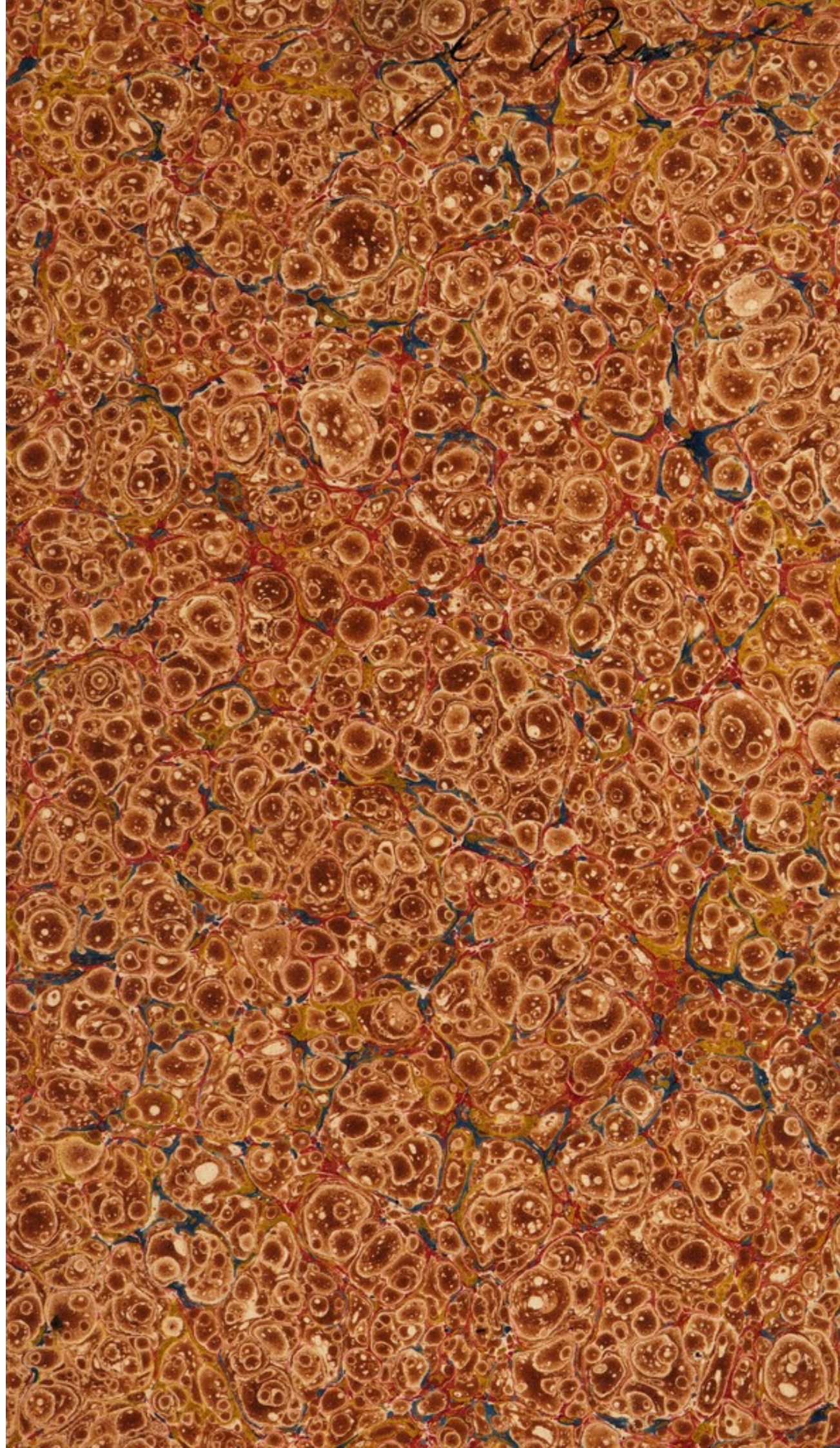
You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>



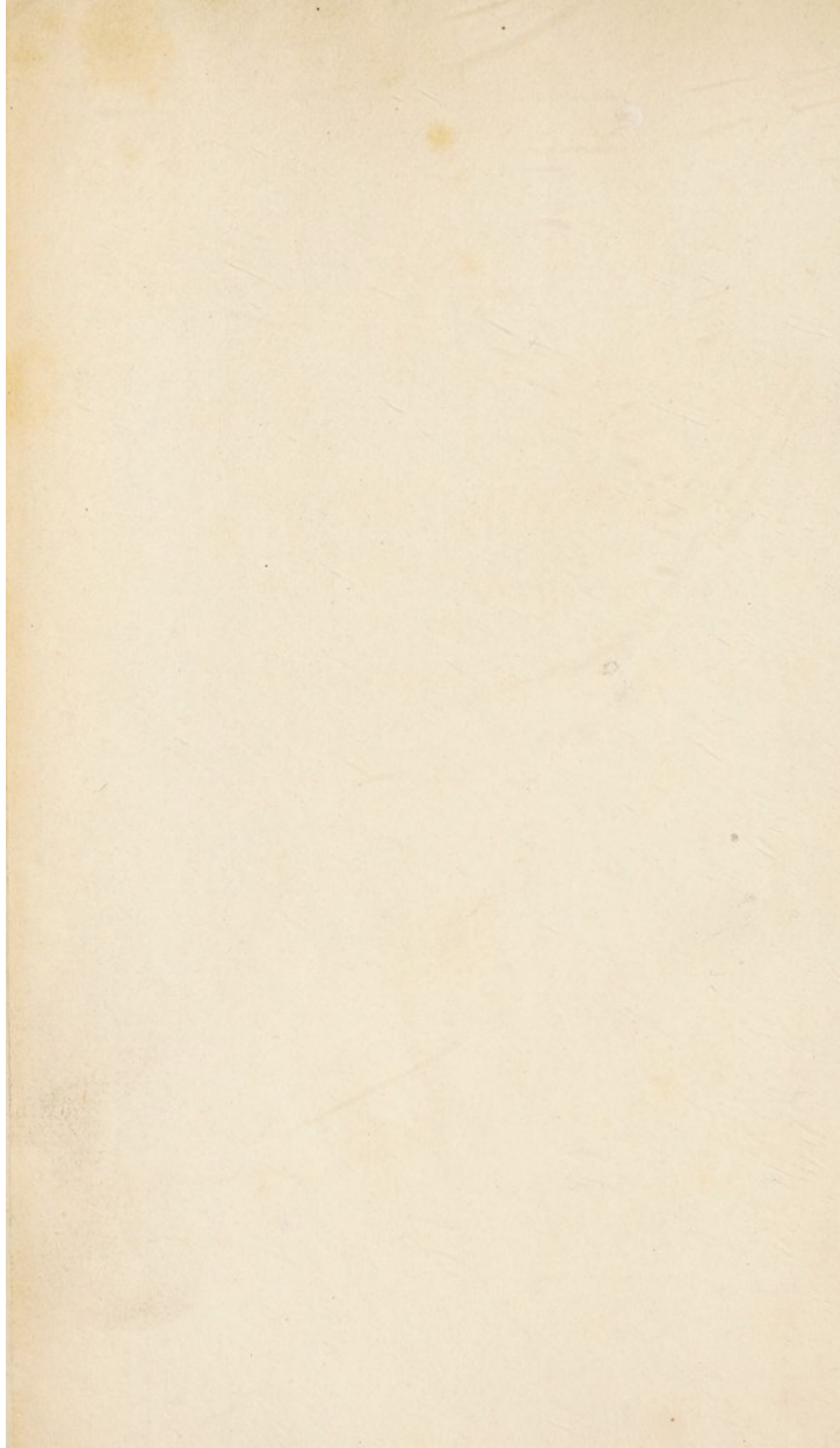




55348 / 15



Digitized by the Internet Archive
in 2018 with funding from
Wellcome Library



CONVERSATIONS
SUR
LA PHILOSOPHIE NATURELLE.

CONVOLUTIONS

THE

THE PHILOSOPHY OF NATURE

62742

CONVERSATIONS
SUR
LA PHILOSOPHIE
NATURELLE,

DANS LESQUELLES LES ÉLÉMENTS DE CETTE
SCIENCE SONT EXPOSÉS D'UNE MANIÈRE
FAMILIÈRE, ET MIS À LA PORTÉE DES
JEUNES PERSONNES ;

AVEC FIGURES ;

PAR L'AUTEUR DES CONVERSATIONS SUR LA
CHIMIE ET DES CONVERSATIONS SUR L'ÉCO-
NOMIE POLITIQUE.

le. Jane MARCET

Traduites de l'anglois,

Par G.^{me} PREVOST.

PARIS,
J. J. PASCHOUX, Libraire, rue Mazarine, n.º 22.

GENÈVE,
Même Maison de commerce.

1820.



AVIS DU TRADUCTEUR.

LE mot *Physique* auroit pu remplacer au titre ceux de *Philosophie naturelle*. On a cru devoir conserver une expression qui rappelle plus immédiatement l'original, et qui assigne au sujet sa place. « Les physiciens et les » philosophes, dit La Romiguière, se » sont partagé la nature. Les premiers » ont pris tout à l'exception de l'esprit » humain ». C'est donc la physique générale que l'Auteur a entrepris de traiter dans ces entretiens familiers. On y trouve les principes de cette science exposés avec la clarté et la grâce qui distinguent ses premiers ouvrages, et qui en ont assuré le succès. On s'est permis, en le traduisant, de modifier ou d'expliquer un très - petit nombre d'expressions. Ces légers changemens,

faits sous les yeux de l'Auteur, ont tous été approuvés par elle et seront employés dans les éditions angloises subséquentes.



PRÉFACE DE L'AUTEUR.

EN offrant au public ce petit ouvrage l'Auteur éprouve un sentiment croissant de défiance. Encouragée par l'accueil qu'ont reçu ses Conversations sur la Chimie et l'Economie politique, elle hasarde d'y joindre un cours abrégé de Philosophie naturelle; mais ce n'est pas sans concevoir de vives craintes sur le succès de cette entreprise. Son ignorance des mathématiques ne peut sans doute lui permettre d'obtenir qu'une connoissance imparfaite de la philosophie naturelle. Elle ne se dissimule point en conséquence qu'elle ne peut traiter un tel sujet que sous la forme d'une explication familière des premiers élémens à l'usage des plus jeunes élèves. C'est l'espérance d'avoir réussi à le faire, de manière à fixer

VIII PRÉFACE DE L'AUTEUR.

leur attention, qui l'encourage à leur offrir ces nouvelles leçons.

Elles sont destinées, dans un cours de science élémentaire, à précéder les Conversations sur la Chimie, et ont réellement été composées avant les deux autres ouvrages publiés sous la même forme.



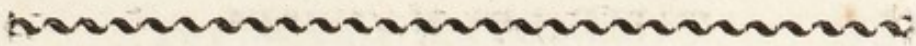


TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE CONVERSATION.

Des Propriétés générales des corps. p. 1

Introduction. — Propriétés générales des corps. — Impénétrabilité. — Etendue. — Figure. — Divisibilité. — Inertie. — Attraction. — Attraction de cohésion. — Densité. — Rareté. — Chaleur. — Attraction de gravitation.

DEUXIÈME CONVERSATION.

Sur l'attraction de gravité. p. 35

Suite de l'attraction de gravitation. — De la pesanteur. — De la chute des corps. — De la résistance de l'air. — De l'ascension des corps légers.

TROISIÈME CONVERSATION.

Des lois du mouvement. p. 63

Du mouvement. — De l'inertie des corps. — De la force qui produit le mouvement. — Direction du mouvement. — Vitesse absolue et relative. — Mouvement uniforme. — Mouvement retardé. — Mouvement accéléré. — Vitesse de la chute

des corps. — Quantité de mouvement. — Action et réaction égales. — Elasticité des corps. — Porosité des corps. — Mouvement réfléchi. — Angles d'incidence et de réflexion.

QUATRIÈME CONVERSATION.

Du mouvement composé. p. 101

Mouvement composé, résultat de deux forces. —
Mouvement circulaire, résultat de deux forces, dont l'une retient le corps à un point fixe. — Centre de mouvement, le point qui est en repos tandis que les autres parties du corps se meuvent autour de lui. — Centre de grandeur, le milieu d'un corps. — Force centripète, celle qui retient un corps à un point central fixe. — Force centrifuge, celle qui pousse un corps loin du centre. — Chute des corps dans une parabole. — Centre de gravité, point autour duquel les parties se balancent mutuellement.

CINQUIÈME CONVERSATION.

Des machines simples. p. 123

De la puissance des machines. — Du levier en général. — Du levier du premier genre, qui a son point d'appui entre la puissance et la résistance. — Du levier du second genre qui a la résistance entre la puissance et le point d'appui. — Du levier du troisième genre, qui a la puissance entre le point d'appui et la résistance.

SIXIÈME CONVERSATION.

Des machines simples. (Suite.) p. 145

De la poulie — Du tour. — Du plan incliné. — Du coin. — De la vis.

SEPTIÈME CONVERSATION.

Causes du mouvement annuel de la Terre.
p. 168

Des Planètes et de leur mouvement. — Du mouvement diurne de la Terre et des Planètes.

HUITIÈME CONVERSATION.

Des Planètes. p. 194

Des Satellites ou lunes. — La Gravité diminue comme le carré de la distance augmente. — Du Système solaire. — Des Comètes. — Constellations, Signes du Zodiaque. — Copernic, Newton, etc.

NEUVIÈME CONVERSATION.

De la Terre. p. 221

Du Globe terrestre. — De la figure de la Terre. — Du pendule. — De la variation des saisons et de la longueur des jours et des nuits. — Des causes de la chaleur de l'été. — Du temps solaire, sidéral, et moyen.

DIXIÈME CONVERSATION.

De la Lune, etc. p. 266

Du mouvement de la lune. — Phases de la lune.
— Eclipses de la lune. — Eclipses des satellites
de Jupiter. — De la latitude et de la longitude.
— Des passages des planètes inférieures. — Des
marées.

ONZIÈME CONVERSATION.

Des propriétés mécaniques des fluides.
p. 291

Définition d'un fluide. — Distinction entre les
fluides et les liquides. — Des fluides non élasti-
ques, à peine susceptibles de compression. —
De la cohésion des fluides. — De leur gravitation.
— De leur équilibre. — De leur pression. — De
la pesanteur spécifique. — De la pesanteur spé-
cifique des corps plus pesans que l'eau. — Des
corps de poids égal à l'eau. — Des corps plus lé-
gers que l'eau. — De la pesanteur spécifique des
fluides.

DOUZIÈME CONVERSATION.

Des sources, des fontaines, etc. p. 320

De l'ascension de la vapeur et de la formation
des nuages. — De la formation et de la chute

de la pluie , etc. — De la formation des sources.
— Des rivières et des lacs. — Des fontaines.

TREIZIÈME CONVERSATION.

Des propriétés mécaniques de l'air. p. 341

De l'élasticité de l'air. — Du poids de l'air. — Expériences avec la pompe pneumatique. — Du baromètre. — Moyen de peser l'air. — Pesanteur spécifique de l'air — Des pompes. — Description de la pompe aspirante. — Description de la pompe refoulante.

QUATORZIÈME CONVERSATION.

Du vent et du son. p. 367

Du vent en général. — Des alisés. — Des mous-
sons. — Des marées aériennes. — Du son en gé-
néral. — Des corps sonores. — Des sons mu-
sicaux — De la concordance ou harmonie , et de
la mélodie.

QUINZIÈME CONVERSATION.

Optique. p. 397

Des corps lumineux , transparens et opaques. —
Du rayonnement de la lumière. — Des ombres.
— De la réflexion de la lumière. — Les corps

opaques ne se voient que par la lumière réflé-
chie. — Explication de la vision. — Chambre
obscure. — Image des objets sur la rétine.

SEIZIÈME CONVERSATION.

*De l'angle visuel et de la réflexion des
miroirs. (Suite de l'Optique.)* p. 429

Angle visuel. — Réflexion des miroirs plans. —
Réflexion des miroirs convexes. — Réflexion
des miroirs concaves.

DIX-SEPTIÈME CONVERSATION.

De la réfraction et des couleurs.

(Suite de l'Optique.) p. 463

Transmission de la lumière par les corps transpa-
rens. — Réfraction. — Réfraction de l'atmos-
phère. — Réfraction d'une lentille. — Réfrac-
tion du prisme. — Couleurs des rayons de lu-
mière. — Couleurs des corps.

DIX-HUITIÈME CONVERSATION.

*De la structure de l'œil, et des instrumens
optiques. (Suite de l'Optique.)* p. 504

Description de l'œil. — De l'image sur la rétine.
— Réfraction des humeurs de l'œil. — De l'u-

sage des lunettes — Du microscope simple. —
Du microscope double. — Du microscope so-
laire. — De la lanterne magique. — Télescope
par réfraction. — Télescope par réfraction et
réflexion.




~~~~~

# CONVERSATIONS

SUR LA

## PHILOSOPHIE NATURELLE.

---

### PREMIÈRE CONVERSATION.

---

#### DES PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS.

*Introduction. — Propriétés générales des corps.*  
*— Impénétrabilité. — Étendue. — Figure. —*  
*Divisibilité. — Inertie. — Attraction. — At-*  
*traction de cohésion. — Densité. — Rareté. —*  
*Chaleur. — Attraction de gravitation.*

ÉMILIE.

J'AI besoin, ma chère madame B., que vous m'aidiez dans un travail que j'ai dernièrement entrepris. Il s'agit d'instruire ma jeune sœur. C'est une tâche que je trouve plus difficile que je ne l'avois d'abord imaginé. Je réus-

## 2 PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS.

rois assez bien en suivant la routine commune ; mais c'est une petite curieuse qui n'est jamais contente , qu'on ne lève toutes les difficultés qui s'offrent à elle. Souvent même elle me fait des questions auxquelles je ne sais que répondre. Ce matin , par exemple , lorsque je lui ai expliqué que la terre étoit ronde comme une boule , et non plate comme elle l'avoit supposée , et qu'elle étoit entourée d'air , elle m'a demandé ce qui la soutenoit. Je lui ai dit que la terre n'avoit pas besoin de support ; elle m'a alors demandé pourquoi elle ne tomboit pas comme toutes les autres choses. J'avoue que cette question m'a embarrassée , car je m'étais contentée d'apprendre que la terre flottoit dans l'air , sans considérer combien il étoit peu naturel qu'un corps si pesant , et qui portoit le poids de toutes les autres choses , pût se soutenir lui-même.

MAD. B.

Je ne doute pas , ma chère amie , que je ne puisse bien vous expliquer cela , mais je crois qu'il seroit presque impossible de le faire comprendre à un enfant de l'âge de



votre sœur Sophie. Vous qui êtes à présent dans votre treizième année , vous pouvez très-bien , je crois , non-seulement apprendre la cause de ce fait particulier , mais encore acquérir une connoissance générale des lois par lesquelles le monde est gouverné.

EMILIE.

C'est là ce que j'aimerois le mieux apprendre ; mais je craignois que cette étude ne fût trop difficile à mon âge.

MAD. B.

Elle ne l'est pas trop quand on l'explique d'une manière familière. Si vous voulez m'accorder une attention constante , je vous apprendrai volontiers tout ce que je croirai pouvoir vous apprendre. Peut-être au commencement le sujet vous paroîtra-t-il un peu sec ; mais si je réussis à vous expliquer les lois de la nature , de manière à vous les faire comprendre , je suis sûre que vous trouverez dans cette étude , non-seulement de l'instruction , mais encore beaucoup de plaisir.

EMILIE.

Je n'en doute pas , mad. B. , et voudriez-



#### 4 PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS.

vous avoir la bonté de commencer par m'expliquer pourquoi la terre n'a besoin d'aucun support ; car c'est ce qui , dans ce moment , excite le plus vivement ma curiosité.

MAD. B.

Ma chère Emilie , si j'entreprends de vous donner une idée générale des lois de la nature , ce qui n'est rien moins que de vous introduire à la connoissance de la philosophie naturelle , il est indispensable d'aller avec quelque régularité. Je n'entends pas vous astreindre à l'ordre systématique d'un traité scientifique , mais si nous ne faisons qu'examiner chaque question vague qui pourroit se présenter , nous ferions bien peu de progrès. Commençons donc par parcourir sommairement les propriétés générales des corps ; car avant de vous dire pourquoi la terre n'a besoin d'aucun support , il faut absolument vous expliquer quelques-unes de ces propriétés.

Lorsque je parle de corps , j'entends des substances de quelque nature qu'elles soient , solides ou liquides , et le mot matière est le terme général dont on se sert pour désigner



la substance quelle qu'en soit la nature , dont les divers corps sont composés. Ainsi le bois est la matière avec laquelle cette table est faite , l'eau est la matière dont ce verre est rempli , etc.

EMILIE.

Je suis bien aise que vous m'ayez expliqué la signification du mot matière ; car vous avez corrigé par-là la fausse idée que je m'en étois faite ; je croyois qu'il n'étoit applicable qu'aux corps solides.

MAD. B.

Il y a des propriétés qui paroissent être communes à tous les corps , et qui à cause de cela sont appelées propriétés essentielles des corps. Ces propriétés sont *l'impénétrabilité* , *l'étendue* , *la figure* , *la divisibilité* , *l'inertie* et *l'attraction*. On les appelle propriétés générales , parce qu'on ne connoît aucun corps qui en soit privé.

Par *impénétrabilité* , on entend la propriété qu'ont les corps d'occuper un certain espace , de manière qu'un autre ne puisse y être sans les déplacer ; deux corps ne peuvent pas exister dans le même endroit en même



## 6 PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS.

temps. Un liquide peut être déplacé plus facilement qu'un solide, mais il n'en est pas moins un corps, parce qu'il n'est pas moins impossible au liquide qu'au solide d'occuper l'espace occupé. Par exemple, si vous mettez une cuiller dans un verre plein d'eau, l'eau sortira pour lui faire place.

EMILIE.

Je comprends très-bien. Les liquides sont en effet des corps tout aussi impénétrables que les solides, et ils ne paroissent l'être moins que parce qu'ils peuvent être déplacés plus aisément.

MAD. B.

L'air est un fluide qui diffère par sa nature des liquides, mais qui n'est pas moins impénétrable qu'eux. Si j'essaie de remplir cette fiole en la plongeant dans un bassin d'eau, vous voyez l'air s'échapper de la fiole sous forme de bulles, pour faire place à l'eau; car l'air et l'eau ne peuvent pas plus exister dans le même espace, que ne le peuvent deux corps solides; si je renverse ce gobelet, et que je le plonge perpendicu-



lairement dans l'eau, de manière que l'air ne puisse pas s'échapper, l'eau ne pourra plus remplir le gobelet.

EMILIE.

Mais elle s'élève beaucoup dans le verre ?

MAD. B.

Parce que l'eau comprime ou resserre l'air dans un petit espace à la partie supérieure du verre, mais aussi long-temps qu'il y reste, aucun autre corps ne peut occuper la même place.

EMILIE.

Une difficulté vient de se présenter à moi sur l'impénétrabilité des corps solides ; si on enfonce un clou dans un morceau de bois, il le pénètre, et le bois et le clou occupent le même espace que le bois occupoit seul auparavant.

MAD. B.

Le clou pénètre entre les particules du bois, en les forçant à lui faire place ; car vous savez qu'aucun atôme de bois ne peut rester dans l'espace qu'occupe le clou ; c'est que le bois est une substance poreuse, comme

### 3 PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS.

l'éponge , dont les particules peuvent être comprimées ou rapprochées les unes des autres , et c'est ainsi qu'elles font place au clou.

Nous pouvons à présent passer à une autre propriété générale des corps , savoir l'*étendue*. Un corps qui occupe un certain espace , doit nécessairement avoir de l'étendue , c'est-à-dire , *longueur* , *largeur* et *profondeur*. C'est ce qu'on appelle les dimensions de l'étendue. Pouvez-vous vous faire l'idée d'un corps sans ces dimensions ?

EMILIE.

Non , certainement , je ne le peux pas ; quoique sans doute ces dimensions varient beaucoup dans les différens corps. La largeur , la longueur et la profondeur d'une boîte ou d'un dé , sont bien différentes de celles d'une canne ou d'un cheveu.

Mais la hauteur n'est-elle pas aussi une dimension de l'étendue.

MAD. B.

La hauteur et la profondeur sont la même dimension , considérées sous différens points de vue. Si vous mesurez un corps ou un



espace de haut en bas, vous l'appellez profondeur; si vous le mesurez de bas en haut, vous l'appellez hauteur; ainsi la hauteur et la profondeur d'une boîte sont, dans le fait, la même chose.

EMILIE.

C'est vrai. Un moment de réflexion auroit dû me le faire voir.

MAD. B.

Les limites de l'étendue constituent la figure ou la forme. Vous concevez qu'un corps qui a longueur, largeur et profondeur, ne peut pas être sans forme, symétrique ou irrégulière.

EMILIE.

Sans doute. Et cette propriété admet une variété presque infinie.

MAD. B.

La nature a assigné des formes régulières à ses productions en général. Les substances minérales ont naturellement la forme cristalline qui offre de grandes variétés. Plusieurs cristaux sont d'une grande beauté, et non moins remarquables par leur transparence ou

## 10 PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS.

leur couleur, que par la parfaite régularité de leur forme, comme vous pouvez le voir dans les musées et dans les collections d'histoire naturelle. Le règne animal et le règne végétal paroissent moins symétriques; mais ils sont encore plus variés en figure que le règne minéral. Les substances manufacturées prennent les différentes formes arbitraires que l'homme veut leur donner; et un nombre infini de formes irrégulières sont produites par des fractures et par le démembrement des parties des corps.

EMILIE.

Comme un morceau de verre ou de porcelaine cassée.

MAD. B.

Ou comme les fragmens des minéraux qui se cassent lorsqu'on les tire de la terre, ou qui se détachent par les torrens et d'autres causes. L'effet pittoresque d'une masse de rochers est dû en grande partie aux irrégularités accidentelles de cette espèce.

Nous pouvons à présent passer à la *divisibilité*, c'est-à-dire, à la faculté d'être divisé en un nombre indéfini de parties. Pre-



nez une petite quantité de matière quelconque (un grain de sable, par exemple) et divisez-la en deux parties; ces deux parties pourront être encore divisées, pourvu que nous ayons des instrumens assez fins pour cela; si par l'action de piler, de moudre, ou par tout autre moyen, nous portons cette division aussi loin qu'il est possible, de manière à réduire ce corps en particules aussi petites qu'on puisse les imaginer; aucune de ces particules, malgré cela, ne sera détruite, et le corps continuera d'exister, quoique dans un état nouveau.

La dissolution d'un solide dans un liquide fournit un exemple frappant de l'extrême divisibilité de la matière. Lorsque vous sucrez une tasse de thé, par exemple, avec quelle ténuité doit se diviser le sucre, pour se répandre dans tout le liquide !

EMILIE.

Et si vous versez quelques gouttes de vin rouge dans un verre d'eau, elles colorent aussitôt toute l'eau, et doivent par conséquent y être répandues par tout.

MAD. B.

Précisément. Et le parfum de cette eau de lavande sera presque aussitôt répandu par toute la chambre, si j'ouvre le bouchon.

EMILIE.

Mais dans ce cas, ce n'est que l'odeur de lavande, et non l'eau elle-même qui se répand dans la chambre.

MAD. B.

Le parfum ou l'odeur d'un corps est une partie du corps lui-même, et ils sont produits par des particules très-petites ou des exhalaisons qui s'échappent des corps odorans. Il seroit impossible de sentir l'eau de lavande, si quelques particules de cette eau ne venoient pas en contact avec votre nez.

EMILIE.

Mais quand je sens une fleur, je ne vois aucune vapeur s'élever, et cependant j'aperçois l'odeur à une distance considérable.

MAD. B.

Je vous assure que vous ne pourriez pas



plus sentir l'odeur d'une fleur dont les particules odorantes ne toucheroient pas votre nez, que vous ne pourriez goûter d'un fruit dont les particules (1) ne viendroient pas en contact avec votre langue.

EMILIE.

Cela est vraiment étonnant. Les particules qu'exhalent la fleur et l'eau de lavande, sont donc trop petites pour être visibles ?

MAD. B.

Certainement. Vous pouvez vous faire quelque idée de leur extrême petitesse, par le nombre immense de particules qui doivent s'être échappées pour parfumer toute la chambre, et cependant il n'y a aucune diminution sensible du liquide dans le flacon.

EMILIE.

Sa quantité doit cependant être, en réalité, diminuée.

MAD. B.

Sans doute. Si vous laissiez la bouteille ouverte pendant un temps suffisant, toute l'eau s'évaporerait et disparaîtroit ; mais quoique

---

(1) Les particules *sapides*.



subdivisée au point d'être imperceptible à nos sens, chaque particule continueroit d'exister ; car il n'est pas au pouvoir de l'homme de détruire une seule particule de matière ; et il n'y a aucune raison de supposer que jamais , dans la nature , un atôme soit anéanti.

EMILIE.

Mais lorsqu'un corps est réduit en cendres, une partie au moins paroît être réellement détruite. Regardez combien est petit le résidu de cendres qui est sous la grille, et qui provient de tant de charbon brûlé.

MAD. B.

Cette partie du charbon, que vous supposez être détruite , s'évapore sous la forme de fumée et de vapeur, tandis que le reste est réduit en cendres. Un corps, en brûlant, subit sans doute des changemens très-remarquables ; il est généralement subdivisé, la forme et la couleur en sont changées, l'étendue en est augmentée ; mais les différentes parties, dans lesquelles il a été divisé par la combustion, continuent d'exister, et



conservent toutes les propriétés essentielles des corps.

EMILIE.

Mais cette partie d'un corps brûlé, qui s'évapore sous la forme de fumée, n'a aucune figure; la fumée, il est vrai, s'élève en colonnes dans l'air, mais elle se répand tellement, que bientôt elle n'a plus aucune forme; elle devient même invisible.

MAD. B.

Invisible, je l'accorde, mais il ne faut pas s'imaginer qu'un corps n'existe plus lorsqu'on cesse de le voir. Si chaque particule de matière qui devient invisible étoit anéantie, le monde lui-même seroit à la longue détruit. Les particules de fumée, lorsqu'elles sont répandues dans l'air, continuent toujours d'être des particules de matière, aussi bien que quand elles étoient plus étroitement unies sous la forme de charbon. Dans l'un de ces états, comme dans l'autre, elles sont des corps, lors même que leur extrême division les rend invisibles. Jamais aucune particule de matière n'est détruite. C'est un principe que vous devez toujours avoir dans



l'esprit. Toute chose, avec le temps, se corrompt et se détruit. Nous mourons et nos corps tombent en poussière, mais il n'y en a pas un seul atôme qui soit perdu : ils servent à nourrir la terre qui les soutenoit pendant la vie.

L'*inertie* est une autre propriété essentielle des corps ; ce mot exprime la résistance qu'ils opposent à tout changement d'état. Les corps paroissent être également incapables de changer leur état actuel de repos ou de mouvement. Vous savez qu'il faut un effort pour mettre en mouvement un corps qui est en repos ; il en faut aussi un pour arrêter celui qui est en mouvement. La résistance qu'il oppose dans les deux cas s'appelle *inertie*.

ÉMILIE.

En jouant avec une paume, il faut que j'emploie toute ma force pour lui donner un mouvement rapide ; et quand je l'attrape, je sens la résistance qu'elle fait à être arrêtée. Mais si je ne l'attrapois pas, elle tomberoit à terre, et s'arrêteroit d'elle-même.

MAD. B.

La matière inerte est aussi incapable de



s'arrêter que de se mettre en mouvement ; quand la paume cesse de se mouvoir , il faut qu'elle soit arrêtée par quelque cause ou par quelque force ; mais comme celle qui agit en ce cas est encore obscure pour vous , nous ne pouvons pas , pour le moment , en étudier les effets.

La dernière propriété qui paroît être commune à tous les corps est l'*attraction*. Tous les corps sont composés de particules de matière infiniment petites , dont chacune a la force d'attirer les particules voisines et de s'unir à elles. Mais , dans les particules très-petites , cette force est contenue dans de si étroites limites , que son effet n'est sensible qu'au contact réel ou apparent. Là elle les fait adhérer , et elle porte le nom d'*attraction de cohésion*. Sans cette force , les corps solides tomberoient en pièces , ou plutôt se décomposeroient dans leurs atômes.

#### EMILIE.

Je suis tellement accoutumée à voir des corps fermes et solides , que je n'ai jamais imaginé qu'une force quelconque fût nécessaire pour unir les particules dont ils sont

composés. Mais l'attraction de cohésion n'existe pas, je pense, dans les liquides; car leurs particules ne restent pas unies ensemble de manière à former un seul corps, à moins qu'elles ne soient contenues dans un vase.

MAD. B.

Je vous demande pardon; c'est l'attraction qui tient cette goutte d'eau suspendue au bout de mon doigt, et qui maintient unies entr'elles les petites particules d'eau dont elle est composée. Mais comme cette force augmente d'autant plus que les particules des corps sont unies de plus près, l'attraction de cohésion des corps solides est en général plus forte que celle des fluides.

Plus un fluide est subtil et léger, moins est grande la cohésion de ses particules; et dans les fluides élastiques, tels que l'air, il n'y a aucune attraction de cohésion entre les particules.

EMILIE.

Cela est très-heureux. Car il nous seroit impossible de respirer si l'air étoit une masse solide ou même liquide.



Mais l'air est-il un corps de même nature que les autres ?

MAD. B.

Sans doute ; quant aux propriétés essentielles.

EMILIE.

Cependant, vous dites qu'il manque d'une des propriétés générales des corps ; de l'attraction de cohésion.

MAD. B.

Les particules de l'air ne sont pas privées de la force d'attraction, mais elles sont trop éloignées les unes des autres pour s'influencer mutuellement ; et les plus grands efforts de l'homme n'ont pu réussir à les resserrer assez pour les amener dans leur sphère d'attraction mutuelle et les contraindre à céder à la force de cohésion.

EMILIE.

Mais dès lors, comment est-il possible de prouver qu'elles ont cette force ?

MAD. B.

L'air est formé de particules qui sont précisément de la même nature que celles qui entrent dans la composition des solides et

des liquides; et dans ce dernier état nous avons une preuve de leur attraction.

EMILIE.

Il paroît donc que c'est aux différens degrés d'attraction qu'on peut attribuer le plus ou moins de dureté des solides et d'épaisseur des liquides ?

MAD. B.

Oui, mais vous auriez mieux exprimé votre pensée par le mot *densité* qui indique le plus ou moins grand rapprochement des particules d'un corps; ainsi vous pouvez dire, tant des solides que des liquides, que plus l'attraction de cohésion est forte, plus la densité du corps est grande (1). Dans le langage philosophique on appelle *densité* cette propriété des corps par laquelle ils contiennent une certaine quantité de matière sous un certain volume. La *rareté* est le contraire de la densité; elle indique la légèreté et la subtilité des corps; ainsi l'on dit que le mercure est un fluide très-dense; et l'éther, un fluide très-rare, etc.

---

(1) La chaleur va être mentionnée comme cause modifiante. *Trad.*



EMILIE.

Mais comment pouvons-nous juger de la quantité de matière contenue dans un certain volume ?

MAD. B.

Par le poids. Sous le même volume les corps sont dits être denses en proportion de leur poids.

EMILIE.

Nous pouvons donc dire que les métaux sont des corps denses, et qu'en comparaison le bois est un corps rare. Mais, Mad. B., lorsque les particules d'un corps sont si près les unes des autres, qu'elles s'attirent entre elles, l'effet de cette force doit croître à mesure qu'elle les force à se rapprocher. Ainsi, l'on est conduit à penser que la densité du corps devrait croître graduellement jusqu'à ce qu'il fût impossible que ses particules fussent plus étroitement unies. Mais nous savons que cela n'a point lieu; car jamais, par cet accroissement d'attraction les corps mous ou peu durs comme le liège,

l'éponge, ou le beurre, ne deviennent aussi durs que le fer.

MAD. B.

Dans des corps comme le liège et l'éponge, les particules qui viennent en contact sont en si petit nombre, qu'elles ne produisent qu'un léger degré de cohésion. Ce sont des corps poreux, qui, par l'arrangement particulier de leurs particules, abondent en interstices qui les séparent.

L'air qui est dans les pores peut aussi en certains cas s'opposer à la réunion des particules. Mais il y a un autre fluide beaucoup plus subtil que l'air qui pénètre tous les corps, c'est la chaleur. La chaleur s'insinue plus ou moins entre leurs particules, et les force à se séparer. Vous pouvez donc considérer la chaleur et l'attraction de cohésion, comme agissant sans cesse en sens contraire.

EMILIE.

L'une tâche de mettre en pièces un corps, et l'autre d'en unir fortement les particules.

MAD. B.

Et c'est ce combat entre les forces op-



posées de la chaleur et de l'attraction qui prévient l'extrême degré de densité qui résulteroit de l'influence de la seule attraction de cohésion.

EMILIE.

Ainsi, plus un corps aura de chaleur, plus ses particules seront séparées.

MAD. B.

Certainement; nous trouvons que les corps s'enflent ou se dilatent par la chaleur; cet effet est très-sensible dans le beurre, par exemple, qui s'étend par l'application de la chaleur, tellement qu'enfin par l'extrême diminution de l'attraction de cohésion les particules se séparent et le beurre devient liquide. La chaleur produit un effet semblable sur les métaux, et sur tous les corps qui sont susceptibles de se fondre. Vous savez qu'on fait bouillir les liquides par l'application de la chaleur; l'attraction de cohésion cède alors entièrement à la force d'expansion; les particules sont séparées et converties en vapeur. Mais l'action de la chaleur n'est dans aucun corps plus sensible que dans

l'air, qui se dilate et se contracte par l'accroissement et la diminution de température d'une manière très-remarquable.

EMILIE.

Les effets de la chaleur paroissent une des parties les plus intéressantes de la philosophie naturelle.

MAD. B.

Cela est vrai. Mais la chaleur est si intimement liée avec la chimie, qu'il faut que vous me laissiez différer l'examen de ses propriétés, jusqu'à ce que vous ayez entrepris l'étude de cette science.

Revenons à la force opposée, l'attraction de cohésion; c'est cette force qui rend à la vapeur sa forme liquide, qui l'unit en gouttes lorsqu'elle tombe sur la terre en forme de pluie, qui amasse la rosée que vous voyez briller sur l'herbe.

EMILIE.

Et j'ai souvent observé, qu'après la pluie l'eau se réunit en grandes gouttes sur les feuilles des arbres; mais je ne puis pas dire



que j'entende parfaitement , comment l'attraction de cohésion produit cet effet.

MAD. B.

La pluie ne tombe pas des nuages sous la forme de gouttes , mais en vapeur ; celle-ci est composée de très-petites particules d'eau. Ces particules en descendant s'attirent mutuellement , et celles qui sont suffisamment rapprochées s'unissent et forment une goutte. C'est ainsi que le brouillard est transformé en pluie. La rosée étoit originellement dans un état de vapeur ; mais par l'attraction mutuelle des particules elle se rassemble en petits globules qui s'attachent aux brins d'herbe ; de la même manière , la pluie sur la feuille se réunit en grandes gouttes , qui tombent à terre , lorsqu'elles deviennent trop pesantes pour que la feuille puisse les supporter.

EMILIE.

Tout cela est très-curieux. Je suis frappée de surprise et d'admiration par le nombre d'idées nouvelles que j'ai déjà acquises.

MAD. B.

Chaque pas que vous ferez dans l'étude des sciences naturelles remplira votre cœur d'ad-

miration et de reconnoissance envers son divin Auteur. Dans l'étude de la philosophie naturelle, nous devons nous considérer comme lisant le livre de la nature, dans lequel la bonté et la sagesse de Dieu est révélée au genre humain; ainsi aucune étude ne peut contribuer davantage à purifier le cœur, et à nous élever à une religieuse contemplation des perfections divines.

Voici un autre effet curieux de l'attraction de cohésion, que je vais vous expliquer. Elle élève les liquides au-dessus de leur niveau dans les tubes capillaires. Ce sont des tubes dont le diamètre est si petit que les liquides y montent à cause de l'attraction entre les particules du liquide et la surface intérieure du tube. Voyez-vous l'eau qui s'élève au-dessus de son niveau dans ce petit tube de verre, que j'ai plongé dans un gobelet plein d'eau.

EMILIE.

Oh oui. Je la vois qui s'élève doucement dans le tube; mais à présent elle est stationnaire, ne s'élèvera-t-elle pas davantage?



MAD. B.

Non ; parce que l'attraction de cohésion entre l'eau et la surface interne du tube est à présent contre-balancée par le poids de l'eau. Si le diamètre du tube étoit plus étroit, l'eau s'élèveroit davantage ; et si vous plongez plusieurs tubes qui aient des diamètres de grandeurs différentes , vous la verrez s'élever à différentes hauteurs dans chacun d'eux. En faisant cette expérience vous aurez soin de colorer l'eau avec un peu de vin rouge pour rendre cet effet plus visible.

Toutes les substances poreuses telles que l'éponge , le pain , la toile peuvent être considérées comme un assemblage de tubes capillaires ; si vous plongez dans l'eau , par la pointe , un morceau de sucre ; l'eau s'élèvera dans le sucre et le mouillera beaucoup au-dessus de la surface du niveau.

EMILIE.

En prenant le thé j'ai souvent remarqué cet effet , sans pouvoir m'en rendre raison.

MAD. B.

Aprésent que vous connoissez l'attraction

de cohésion, je tâcherai de vous expliquer celle de *gravitation* qui est une modification de la même force. La première ne s'aperçoit que dans les particules très-menues, et à des distances très-courtes; l'autre agit sur les corps les plus grands, et s'étend à des distances immenses.

EMILIE.

Vous m'étonnez; vous ne voulez sûrement pas dire que les grands corps s'attirent l'un l'autre.

MAD. B.

Oui, c'est ce que je veux dire: prenons pour exemple un des plus grands corps dans la nature et observons s'il n'attire pas les autres corps. Qu'est-ce qui occasionne la chute de ce livre, lorsque je ne le soutiens plus?

EMILIE.

Seroit-ce l'attraction de la terre? Je croyois que tous les corps avoient un penchant naturel à tomber?

MAD. B.

C'est vrai que tous les corps ont un pen-



chant naturel à tomber, mais ce penchant est entièrement produit par l'attraction de la terre; la terre étant beaucoup plus grande qu'aucun autre corps placé à sa surface, force ceux qui ne sont pas soutenus à s'approcher d'elle.

### EMILIE.

Si la tendance qu'ont les corps à tomber résulte de la force attractive de la terre, la terre elle-même ne peut avoir cette tendance, puisqu'elle ne peut pas s'attirer elle-même, et par conséquent elle n'a besoin d'aucun support pour prévenir sa chute. Cependant l'idée que les corps ne tombent pas d'eux-mêmes, mais qu'ils sont attirés vers la terre par son attraction, est pour moi si nouvelle et si étrange, que je ne sais comment m'y habituer.

### MAD. B.

Lorsque vous vous serez accoutumée à considérer la chute des corps comme dépendant de cette cause, elle vous paroîtra plus naturelle, et certainement beaucoup plus satisfaisante que si la cause de leur tendance à tomber étoit entièrement inconnue. Ainsi

### 30 PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS.

vous comprenez que toute la matière est douée d'attraction, depuis la plus petite particule jusqu'à la plus grande masse, et que les corps s'attirent l'un l'autre avec une force proportionnelle à la quantité de matières qu'ils contiennent.

EMILIE.

Je ne vois aucune différence entre l'attraction de cohésion et celle de gravitation : n'est-ce pas parce que chaque particule de matière est douée d'une force attractive, que les grands corps, qui sont composés d'un grand nombre de particules, sont si fortement attractifs ?

MAD. B.

C'est vrai. Il y a cependant cette différence entre l'attraction des particules et celle des masses que la première est plus forte que la dernière, en proportion de la quantité de matière. Vous en avez un exemple dans l'attraction des tubes capillaires, dans lesquels les liquides montent par l'attraction de cohésion en opposition à celle de gravité. C'est pour cela qu'il est nécessaire que le diamètre du tube soit extrêmement petit ; car



si la colonne d'eau dans le tube n'étoit pas très-menue, l'attraction ne pourroit ni élever ni supporter son poids en opposition à la force de gravité.

Vous observerez que tous les solides peuvent, par l'attraction de cohésion de leurs particules, résister à celle de gravité qui sans cela les désuniroit et les réduiroit au niveau de la terre.

EMILIE.

Et quelques solides paroissent être de cette nature, le sable et la poudre, par exemple ; il n'y a point d'attraction de cohésion entre leurs particules ?

MAD. B.

Chaque grain de poudre ou de sable est composé d'un grand nombre d'autres particules plus petites unies solidement par l'attraction de cohésion ; mais il n'y a point d'attraction sensible entre les grains séparés, parce qu'ils ne sont pas dans un contact assez intime.

EMILIE.

Et cependant ils se touchent en réalité ?

MAD. B.

La surface des corps est en général si rude et si inégale, que lorsqu'ils sont en contact, ils ne se touchent qu'en quelques points. Ainsi, si je pose sur la table ce livre, dont la reliure paroît parfaitement unie, les particules inférieures de sa surface viendront en contact avec la table en si petite quantité, qu'aucun degré sensible d'attraction de cohésion n'aura lieu; car vous voyez qu'il ne tient pas à la table, et que je n'ai point de peine à l'en détacher.

Ce n'est que lorsque des surfaces parfaitement unies et polies sont mises en contact, que les particules se rapprochent en nombre suffisant et assez près pour produire un degré sensible d'attraction de cohésion. Voici deux hémisphères de métal poli; j'en presse l'une contre l'autre les surfaces planes, après avoir d'abord interposé quelques gouttes d'huile pour remplir tous les petits pores vides: essayez maintenant de les séparer.

EMILIE.

Cela passe mes forces, quoiqu'il y ait des anses pour les saisir. La ferme adhésion de



ces deux hémisphères est-elle due uniquement à l'attraction de cohésion ?

MAD. B.

Il n'y a aucune force plus puissante, puisque c'est celle qui maintient ensemble les particules des corps les plus dures. Il faudroit un poids de plusieurs livres pour séparer ces hémisphères.

EMILIE.

En faisant un kaleidoscope, je me souviens que les deux plaques de verre qui devoient servir de miroirs, tenoient si fort l'une à l'autre, que j'imaginai qu'il y avoit entre deux un peu de la gomme dont je venois de me servir; mais à présent, je ne doute pas que ce ne fût leur propre attraction naturelle de cohésion qui produisît cet effet.

MAD. B.

Cela est très-probable; car les plaques de verre ont une surface qui admet le contact d'un grand nombre de particules, lorsqu'on les couche l'une sur l'autre.


EMILIE.

Mais, mad. B., l'attraction de cohésion de quelques corps est beaucoup plus forte que celle des autres. Ainsi la gomme, la colle forte et celle d'amidon s'attachent avec une ténacité singulière.

MAD. B.

Cela peut dépendre de quelques propriétés chimiques propres à ces corps, indépendamment de leur attraction de cohésion.

Il y a quelques autres espèces ou modifications de l'attraction particulières à certains corps, savoir celle du magnétisme et de l'électricité ; mais nous ne parlerons que de l'attraction de cohésion et de celle de gravité. Dans notre prochain entretien, nous nous occuperons de celle-ci.





---

## DEUXIÈME CONVERSATION.

---

### SUR L'ATTRACTION DE GRAVITÉ.

*Suite de l'attraction de gravitation. — De la pesanteur. — De la chute des corps. — De la résistance de l'air. — De l'ascension des corps légers.*

EMILIE.

J'AI raconté à ma sœur Caroline tout ce que vous m'avez appris de philosophie naturelle; et elle en a été si enchantée, qu'elle espère que vous aurez la bonté de l'admettre à vos leçons.

MAD. B.

Très-volontiers, mais je ne vous croyois aucun goût pour les études de cette nature, Caroline.

CAROLINE.

J'avoue, mad. B., que jusqu'à présent je ne m'étois pas formé une idée fort agréable de la physique ni des physiciens; mais ce

qu'Emilie m'a dit a excité si fort ma curiosité, que je serai bien contente si vous voulez me permettre de devenir une de vos élèves.

MAD. B.

Je crains de ne pas vous trouver si traitable qu'Emilie ; je sais que vous êtes plus attachée à vos propres opinions.

CAROLINE.

Hé bien, vous aurez d'autant plus de mérite à les réformer, mad. B. ; et d'après toutes les merveilles qu'Emilie m'a rapportées, je vois que j'aurai mauvais jeu à défendre mes idées, quand elles ne seront pas d'accord avec les vôtres.

MAD. B.

Je m'attends bien que vous avancerez nombre d'objections ; mais je les admettrai volontiers, tant qu'elles seront un moyen d'éclaircir le sujet. Emilie, vous rappelez-vous les noms des propriétés générales des corps ?



EMILIE.

C'est l'impénétrabilité, l'étendue, la figure, la divisibilité, l'inertie et l'attraction.

MAD. B.

Très-bien. Souvenez-vous que ces propriétés sont communes à tous les corps, et qu'on ne peut les en dépouiller : toutes les autres se nomment accidentelles, parce qu'elles dépendent du rapport ou de la liaison d'un corps à un autre.

CAROLINE.

Cependant, mad. B., il y a bien d'autres propriétés essentielles aux corps, que celles qu'Emilie vient d'indiquer. La couleur et la pesanteur, par exemple, sont communes à tous les corps et ne dépendent pas de leur liaison mutuelle, mais existent dans les corps eux-mêmes ; elles ne peuvent donc pas être regardées comme des propriétés accidentelles.

MAD. B.

Je vous demande pardon ; ces propriétés n'existent pas dans les corps indépendamment de leur liaison avec d'autres corps.

CAROLINE.

Quoi ! Les corps n'ont-ils pas tous un certain poids ? Cette table ne pèse-t-elle pas plus que ce livre ? et si un corps pèse plus qu'une autre, peut-il ne pas y avoir une chose telle que la pesanteur ?

MAD. B.

Non, sans doute ; mais cette propriété ne paroît pas essentielle aux corps ; elle dépend de leur liaison mutuelle : la pesanteur est un effet du pouvoir d'attraction, sans quoi la table et le livre n'auroient pas du tout de poids.

EMILIE.

Je crois que je comprends ; n'est-ce pas l'attraction de gravité qui donne le poids aux corps ?

MAD. B.

C'est cela. Je vous ai dit que cette attraction étoit proportionnelle à la quantité de matière que les corps contiennent ; la terre en contenant bien plus que chacun des corps qui sont à sa surface, a une force d'attrac-



tion nécessairement plus grande et doit attirer toutes les choses vers elle ; par conséquent, les corps qui ne sont pas soutenus tombent à terre , tandis que ceux qui le sont , pressent l'objet , qui prévient leur chute , d'un poids égal à la force avec laquelle ils gravitent vers la terre.

CAROLINE.

Ainsi la même cause qui occasionne la chute des corps , produit aussi leur poids. Que j'étois sotté de n'y avoir pas pensé , puisque c'est la conséquence naturelle et nécessaire de l'attraction ; mais l'idée que les corps ne fussent pas réellement pesans , ne m'étoit pas entrée dans la tête. Mais , Mad. B , si l'attraction est une propriété essentielle de la matière , la pesanteur doit l'être aussi ; car comment l'une peut-elle exister sans l'autre ?

MAD. B.

Supposez qu'il n'y eût qu'un corps existant dans l'espace infini , quel seroit son poids ?

CAROLINE.

Il dépendroit de son volume , ou , en par-

lant avec plus d'exactitude, de la quantité de matière qu'il contiendrait.

EMILIE.

Non, non; quelle que fût la masse du corps, il n'auroit pas de poids, parce que rien ne l'attireroit. N'ai-je pas raison, mad. B.?

MAD. B.

Oui; vous voyez donc qu'il seroit possible que l'attraction existât sans la pesanteur; toutes les particules dont un corps est composé posséderoient le pouvoir d'attraction, mais elles ne pourroient l'exercer qu'entre elles-mêmes; la masse totale n'ayant rien qu'elle pût attirer ou qui pût l'attirer, n'auroit pas de pesanteur.

CAROLINE.

Je suis à présent bien convaincue que la pesanteur n'est pas essentielle à l'existence des corps; mais qu'avez-vous à objecter aux couleurs, Mad. B.? vous ne nierez pas, je pense, qu'elles existent réellement dans les corps eux-mêmes.

MAD. B.

Lorsque nous traiterons le sujet des cou-



leurs, je crois que je réussirai à vous convaincre que les couleurs sont aussi des qualités accidentelles, tout-à-fait distinctes des corps auxquels elles paroissent appartenir.

CAROLINE.

Oh! expliquez-le nous, je vous prie, dès à présent; je meurs d'envie de le savoir.

MAD. B.

Si nous ne procédons pas avec quelque ordre et quelque méthode, vous trouverez à la fin de notre cours, que vous avez appris peu de chose. Allons donc régulièrement, et revenons à nos propriétés générales, avant d'aller plus loin.

EMILIE.

Pour revenir à l'attraction qui me paroît la plus intéressante de toutes, il me semble qu'elle doit être mutuelle entre deux corps, et si cela est ainsi, lorsqu'une pierre tombe vers la terre qui l'attire, la terre doit s'élever et faire une partie du chemin pour aller à sa rencontre.

MAD. B.

Certainement; mais vous devez vous rap-

peler que la force d'attraction est proportionnée à la quantité de matière que les corps contiennent ; et si vous considérez l'énorme différence qu'il y a à cet égard entre la pierre et la terre , vous ne serez pas surprise de ne pas apercevoir la terre s'élever pour rencontrer la pierre ; car quoiqu'il soit vrai qu'une attraction mutuelle a lieu entre la terre et la pierre , celle de la dernière est si petite en comparaison de celle de la première , qu'elle en rend l'effet insensible.

EMILIE.

Mais puisque l'attraction est proportionnée à la quantité de matière que les corps contiennent , pourquoi les montagnes n'attirent-elles pas vers elles les maisons et les églises ?

CAROLINE.

O ciel , Emilie , quelle idée ! Comment les maisons et les églises pourroient-elles se mouvoir , lorsqu'elles sont fixées si ferme à terre ?

MAD. B.

La question d'Emilie n'est point absurde , et votre réponse , Caroline , est parfaitement juste ; mais pouvez-vous nous dire pourquoi



les maisons et les églises sont fixées si ferme au sol ?

CAROLINE.

J'ai peur que le hasard seul m'ait fait bien répondre ; car je commence à soupçonner que les maçons et les charpentiers ne donneroient que bien peu de stabilité à leurs bâtimens , sans l'aide de l'attraction.

MAD. B.

C'est certainement par l'effet de l'attraction qui existe entre les pierres et le mortier que l'on bâtit une muraille , et l'attraction qui l'attache à la terre est si forte , qu'elle résiste à toute autre impulsion ; autrement elle se mouvroit nécessairement vers les montagnes ; mais la force inférieure doit céder à la force supérieure. Il y a néanmoins quelques circonstances dans lesquelles l'attraction des grands corps peut modifier sensiblement celle de la terre. Si , sur la pente d'une montagne , vous tenez un fil à plomb à la main , la pesanteur ne le fera pas tomber perpendiculairement sur la terre , mais il s'inclinera un peu vers la montagne ; et cela est dû à l'attraction latérale de la montagne ; qui se combine à l'attraction perpendiculaire de la terre.

EMILIE.

Mais la grandeur d'une montagne est vraiment une bagatelle, en comparaison de la masse entière de la terre.

MAD. B.

L'attraction, vous le savez, diminue quand la distance croît, et dans l'exemple du fil à plomb, le poids suspendu est beaucoup plus près de la montagne que du centre de la terre.

CAROLINE.

Mais je vous prie, mad. B., les deux bassins d'une balance sont-ils suspendus parallèlement l'un à l'autre ?

MAD. B.

Vous voulez, je suppose, en d'autres termes, demander si deux lignes, qui sont perpendiculaires à la terre, sont parallèles l'une à l'autre. Je crois deviner le but de votre question ; mais je voudrois que vous tâchassiez d'y répondre vous-même.

CAROLINE.

Je croyois que de telles lignes devoient toutes deux tendre par la gravité au même point, au centre de la terre ; cependant des



lignes qui tendent au même point ne peuvent pas être parallèles, puisque des lignes parallèles sont toujours à une distance égale l'une de l'autre et ne peuvent jamais se rencontrer.

MAD. B.

Très-bien expliqué. Vous voyez maintenant l'usage de vos notions sur les parallèles : si vous aviez ignoré les propriétés de ces lignes, vous n'auriez pas tiré une telle conclusion. Cela peut vous donner une idée de l'avantage que procure une connoissance, même légère, de la géométrie, lorsqu'on veut apprendre la physique; et si après que je vous aurai exposé les premiers élémens de cette dernière, vous étiez tentée d'en poursuivre l'étude, je vous conseillerois de vous y préparer en acquérant une connoissance plus approfondie de la géométrie. Cette science vous apprendroit que des lignes qui tombent perpendiculairement à la surface d'une sphère, ne peuvent être parallèles entr'elles, tandis que des lignes qui tombent perpendiculaires à une surface plane, sont toujours parallèles, parce que si on les prolongeoit, elles ne se rencontreroient jamais.

EMILIE.

Et cependant les deux bassins d'une balance , qui pendent perpendiculairement à la terre , semblent être parallèles.

MAD. B.

Parce que la sphère est si grande , et en conséquence les bassins de la balance convergent si peu , que leur inclinaison est imperceptible à nos sens ; mais si nous pouvions construire des balances dont le fléau fût long de plusieurs degrés , leur convergence seroit très-évidente ; mais comme cela ne peut se faire , traçons une petite figure de la terre , et alors nous pourrons y représenter une balance de la proportion qu'il nous plaira (fig. 1 , planche 1 ).

CAROLINE.

Cette figure rend cela très - clair ; deux corps donc ne peuvent pas tomber sur la terre parallèlement ?

MAD. B.

Non , jamais.



Fig. 2.

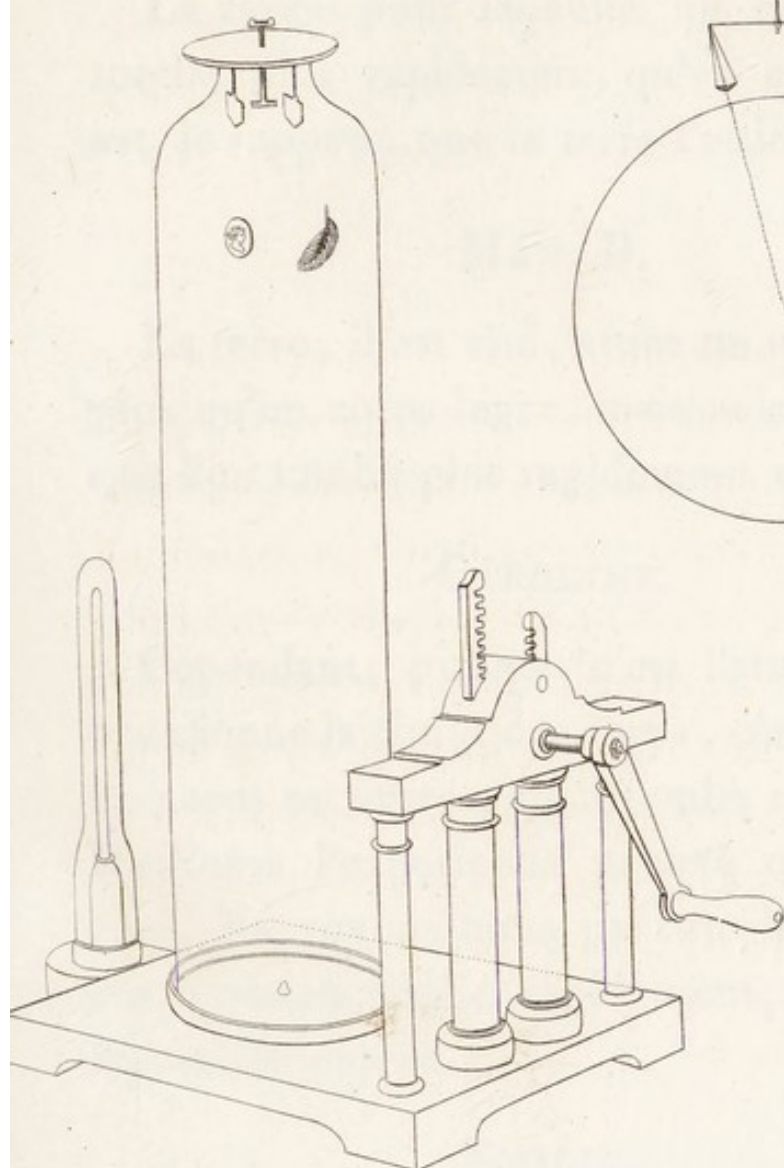


Fig. 1.

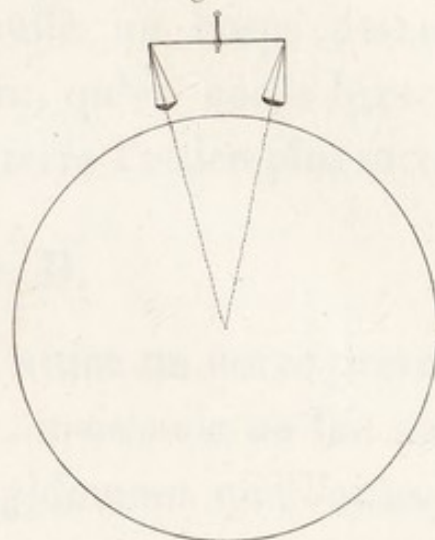


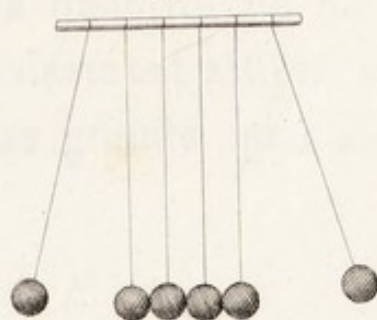
Fig. 5.



Fig. 3.



Fig. 4.







CAROLINE.

La raison pour laquelle un corps pesant tombe plus rapidement qu'un corps léger, est, je suppose, que la terre l'attire plus fort ?

MAD. B.

La terre, il est vrai, attire un corps pesant plus qu'un corps léger, mais cela ne fait pas que l'un tombe plus rapidement que l'autre ?

CAROLINE.

Cependant, puisque c'est l'attraction qui occasionne la chute des corps, sûrement plus un corps est attiré plus il tombe rapidement. D'ailleurs l'expérience prouve qu'il en est ainsi. Ne voyons-nous pas tous les jours les corps pesans tomber rapidement, et les corps légers lentement.

EMILIE.

Une considération me frappe comme Caroline, c'est que l'attraction étant proportionnée à la quantité de matière, la terre doit nécessairement attirer un corps qui en contient une grande quantité, plus fort, et

par conséquent, le tirer jusqu'à terre plus vite qu'un autre qui en contient une moindre quantité.

MAD. B.

Vous devez considérer que si les corps pesans sont attirés plus fort que les corps légers, il faut plus d'attraction pour les faire tomber. Souvenez-vous que les corps n'ont pas de tendance naturelle à tomber, pas plus qu'à s'élever ou à se mouvoir latéralement, et qu'il ne tombent pas, s'ils ne sont poussés par quelque force ; or, cette force doit être proportionnée à la quantité de matière qu'elle doit mouvoir ; un corps qui est composé de 1000 particules de matière, par exemple, requiert dix fois plus d'attraction, pour le tirer jusqu'à la terre dans le même espace de temps qu'un corps qui n'est composé que de 100 particules.

CAROLINE.

Je ne puis comprendre cela ; car il me semble que plus un corps est pesant, plus il tombe aisément et promptement.



EMILIE.

Je crois comprendre à présent, laissez-moi essayer de l'expliquer à Caroline. Supposez que je tire vers moi deux corps pesans, l'un de 100 livres, l'autre de 1000 livres, ne devrois-je pas employer dix fois plus de force à tirer le plus grand à moi qu'à tirer le petit dans le même espace de temps? Et si la terre tire un corps de 1000 livres pesant, dans le même espace de temps qu'elle tire un corps de 100 livres, ne doit-il pas s'en suivre qu'elle attire le corps de 1000 livres pesant avec dix fois la force qu'elle emploie pour un corps de 100 livres?

CAROLINE.

Je comprends parfaitement votre raisonnement; mais s'il en étoit ainsi, le corps de 1000 livres pesant et celui de 100 livres tomberoient avec la même rapidité; et il s'ensuivroit que tous les corps légers ou pesans, à une égale distance de la terre, tomberoient vers elle dans le même espace de temps; or il est évident que cette conclusion est absurde; l'expérience à chaque instant la contredit; observez combien ce



livre atteint plus vite le plancher que cette feuille de papier, lorsque je les laisse échapper en même temps.

EMILIE.

C'est une objection à laquelle je ne puis répondre. Il faut que je recoure à vous, Mad. B.

MAD. B.

J'espère que nous ne la trouverons pas insoluble. Selon les lois de l'attraction, tous les corps à une égale distance de la terre doivent tomber dans le même espace de temps; et cela auroit réellement lieu, si aucun obstacle n'arrêtoit leur chute. Mais les corps tombent à travers l'air, et c'est la résistance de l'air qui fait que les corps de densité différente tombent avec des degrés différens de vitesse. Il faut qu'ils forcent tous leur chemin à travers l'air, mais les corps denses et pesans vainquent cet obstacle plus aisément que ceux qui sont rares et légers.

La résistance que l'air oppose à la chute des corps est proportionnée à leur surface et non à leur poids; l'air étant inerte ne peut pas exercer une plus grande force pour sup-



porter le poids d'un boulet de canon, que pour supporter celui d'un ballon d'air couvert de cuir (de la même grosseur); mais le boulet vaincra plus aisément la résistance de l'air, et tombera, par conséquent, vers la terre plus vite que le ballon.

CAROLINE.

C'est très-clair, et cela résout parfaitement la difficulté. L'air offre la même résistance à un morceau de plomb qu'à un morceau de plume de la même grosseur; cependant l'un semble descendre sans obstacle dans sa chute, tandis que l'autre est évidemment arrêté et soutenu pour quelque temps dans l'air.

EMILIE.

Ainsi, plus la surface d'un corps est grande, ou plus il couvre d'air, et plus est forte la résistance qu'il rencontre.

MAD. B.

Certainement; observez la manière dont cette feuille de papier tombe; elle flotte pendant quelque temps dans l'air et ensuite descend doucement vers la terre. Si je roule



le même morceau de papier en une boule , offrant une surface plus petite à l'air , elle ne rencontre qu'une petite résistance ; voyez en effet comme elle tombe plus rapidement.

On peut faire flotter quelque temps dans l'air des corps pesans , en faisant en sorte que leur étendue contre-balance leur poids. Voici un peu d'or qui est presque le corps le plus dense que nous connoissons ; mais il a été battu en une feuille très-fine , et offre une si grande surface en proportion de son poids , que sa chute , comme vous voyez , est encore plus retardée par la résistance de l'air que celle de la feuille de papier.

CAROLINE.

C'est très-curieux ; et c'est , je suppose , par le même principe , qu'on peut faire flotter sur l'eau les bateaux de fer.

Mais Mad. B. , si l'air est réellement un corps , n'est-il pas dès lors soumis aux lois de la pesanteur ?

MAD. B.

Sans doute.

CAROLINE.

En ce cas comment se fait-il , que , comme



les autres corps, il ne tombe pas vers la terre?

MAD. B.

C'est par l'effet de son ressort ou de son élasticité. L'air est un fluide élastique. La propriété particulière des corps de cette espèce est de reprendre, après la compression, leurs dimensions primitives; et vous devez considérer l'air, dont l'atmosphère est composée, comme existant dans un état de compression; car ses particules étant attirées vers la terre par la gravité, sont serrées entr'elles de plus près qu'elles ne le seroient sans cela; mais le ressort ou l'élasticité de l'air, par lequel il réussit à résister à la compression, lui donne une tendance constante à s'étendre, de manière à reprendre les dimensions qu'il auroit naturellement, s'il n'étoit pas exposé à l'influence de la gravité. L'air, par conséquent, est destiné à combattre constamment avec la force de gravité, sans être capable de la vaincre. Ainsi la gravité retient l'air dans les régions de notre globe, tandis que son élasticité empêche qu'il ne tombe, comme les autres corps vers la terre.



EMILIE.

L'air est donc plus épais , ou je dirai plutôt, plus dense près de la surface de la terre que dans les régions élevées de l'atmosphère ; car cette partie de l'air qui est plus près de la terre doit être attirée plus fort.

MAD. E.

La diminution de la force de gravité, à une si petite distance que celle à laquelle l'atmosphère s'étend ( comparée à la grandeur de la terre ), est si petite qu'elle est presque insensible ; mais la pression de la partie supérieure de l'atmosphère sur l'inférieure , rend l'air , près de la surface de la terre , plus dense que celui des régions supérieures. La pression de l'atmosphère a été comparée à celle d'une pile de toisons de laine , dans laquelle les toisons inférieures sont pressées entr'elles par la pesanteur des supérieures, légères et lâches à mesure qu'elles approchent de la toison d'en haut , qui ne reçoit point de pression extérieure , et qui est retenue purement par la force de sa propre pesanteur.



CAROLINE.

Il se présente néanmoins quelques corps qui ne peuvent pas tomber vers la terre. La fumée et la vapeur, par exemple, montent au lieu de tomber.

MAD. B.

C'est encore la gravité qui produit leur ascension; du moins, si cette force étoit détruite, ces corps ne monteroient pas.

CAROLINE.

Je vais me brouiller avec la gravité, si elle est si contradictoire dans ses opérations.

MAD. B.

Il n'y a pas de difficulté à concilier ces effets, en apparence contradictoires. L'air près de la terre est plus pesant que la fumée et que les vapeurs; par conséquent, non-seulement il supporte ces corps légers, mais il les force à monter jusqu'à ce qu'ils arrivent à une partie de l'atmosphère dont le poids n'est pas plus grand que le leur, et où ils restent stationnaires. Regardez dans ce bas-



sin d'eau ; pourquoi ce morceau de papier que je jette dedans peut-il flotter à sa surface ?

EMILIE.

Parce qu'étant plus léger que l'eau , il est supporté par elle.

MAD. B.

Et si je remets de l'eau dans le bassin , pourquoi le papier peut-il monter ?

EMILIE.

L'eau étant plus pesante que le papier , monte sous lui , et l'oblige à monter.

MAD. B.

C'est ainsi que la fumée et la vapeur sont poussées en haut par l'air ; mais ces corps ne peuvent pas , comme le papier , monter à la surface du fluide , parce que , comme nous l'avons déjà observé , l'air étant plus rare et plus léger à mesure qu'il s'écarte de la terre , les vapeurs ne montent que jusqu'à ce qu'elles atteignent une région où l'air soit de leur propre densité. La fumée , en effet , monte



fort peu ; elle est composée de menues particules de combustible emportées par un courant d'air qu'échauffe le feu qui brûle au-dessous ; la chaleur, vous vous en souvenez, dilate tous les corps ; elle raréfie par conséquent l'air et le rend plus léger que l'air froid de l'atmosphère ; réchauffé ainsi par le feu, il emporte avec lui de la vapeur et de petites particules détachées des corps combustibles qui brûlent ; lorsque le courant d'air chaud est refroidi par le mélange de celui de l'atmosphère, les particules de charbon ou d'autres combustibles tombent, et c'est ce qui produit les petits flocons qui rendent, à Londres, l'air et tout ce qu'ils touchent si sale.

CAROLINE.

Vous me permettez bien néanmoins de vous proposer encore une objection contre la pesanteur universelle des corps ; c'est l'ascension des ballons d'air ou aérostats ; les matériaux dont ils sont composés sont indubitablement plus pesans que l'air, comment donc celui-ci peut-il les supporter ?

MAD. B.

J'admets que les matériaux dont les bal-



lons sont faits , sont plus pesans que l'air ; mais l'air dont ils sont remplis est un fluide élastique d'une nature différente de l'air atmosphérique et beaucoup plus léger ; en sorte , qu'à tout prendre , le ballon est plus léger que l'air qu'il déplace , et monte par conséquent par le même principe que la fumée et la vapeur. A présent , Emilie , voyons si vous pouvez expliquer comment la pesanteur des corps est modifiée par l'effet de l'air ?

EMILIE.

L'air force les corps qui sont plus légers que lui à monter ; ceux qui sont d'un poids égal au sien y restent stationnaires ; et ceux qui sont plus pesans descendent en le traversant ; mais l'air a quelque effet sur ces derniers ; car s'ils ne sont pas beaucoup plus pesans que lui , ils surmontent avec difficulté la résistance qu'ils rencontrent en le traversant ; il les soutient , et leur chute est plus ou moins retardée.

MAD. B.

Très-bien. Observez comme cette plume légère tombe lentement à terre , tandis qu'un corps pesant, comme cette boule de marbre,



surmonte beaucoup plus aisément la résistance que l'air présente à sa chute, et tombe avec plus de rapidité.

Je vais jeter un caillou dans cette cuve d'eau; il ne peut pas atteindre le fond si vite que s'il n'y avoit point d'eau dans la cuve, parce qu'il rencontre de la résistance de la part de l'eau. Supposez que nous pussions vider la cuve, non-seulement d'eau, mais aussi d'air, ce caillou tomberoit encore plus vite, vu que, dans ce cas-là, il ne rencontreroit rien qui contrariât sa chute.

Vous voyez donc qu'il n'y a pas différens degrés de gravité; mais c'est la résistance de l'air qui empêche les corps de différens poids de tomber avec des vitesses égales; si l'air ne soutenoit pas la plume, elle atteindroit le fond aussi vite que le marbre.

CAROLINE.

Je ne doute pas qu'il n'en soit ainsi; et cependant je ne peux pas me trouver satisfaite entièrement, je voudrois qu'il y eût une place vide d'air, où l'expérience pût se faire.

MAD. B.

Si cette preuve doit vous convaincre, je



peux vous la donner. Voici une machine appelée *pompe pneumatique* (fig. 2, pl. 1.), au moyen de laquelle l'air peut être chassé d'un vase fermé, que l'on place sur cette ouverture par où l'air est tiré au-dehors. Les verres de formes variées employés à ce but sont appelés *réipients*. Nous ôterons l'air de ce grand réipient, qui est placé sur l'ouverture, et nous trouverons que les corps, de quelque pesanteur ou grosseur qu'ils soient, tomberont depuis le haut juspu'au fond dans le même espace de temps.

CAROLINE.

Oh ! cette expérience m'amusera bien ; quelle curieuse machine ! comment pouvez-vous mettre les deux corps de pesanteur différente sous le verre, sans faire entrer de l'air ?

MAD. B.

On y a déjà placé une guinée et une plume pour l'expérience ; voyez-vous ce petit appareil dans la partie supérieure du réipient. Dès que l'air sera pompé, je tournerai une vis, au moyen de laquelle les plaques de laiton qui supportent les deux corps s'incline-



ront , et les laisseront tomber. Je crois que j'ai à présent tout-à-fait pompé l'air.

CAROLINE.

Laissez-moi tourner la vis.—Il est vrai que tous les deux ont atteint le fond au même instant. Avez-vous vu , Emilie ? la plume paroïsoit aussi pesante que la guinée.

EMILIE.

Oui , elle est tombée justement en même temps. Que c'est singulier ! Que d'expériences amusantes on pourroit faire avec cette machine !

MAD. B.

Sans doute, il y en a une grande variété ; mais nous les réserverons pour éclaircir les sujets auxquels elles se rapportent ; si je ne vous avois pas expliqué pourquoi la guinée et la plume tomboient d'une vitesse égale , vous n'aurez pas trouvé autant de plaisir à en faire l'expérience.

EMILIE.

Je n'en aurois pas moins été surprise , mais j'y aurois pris moins d'intérêt ; d'ailleurs les



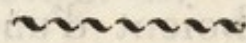
expériences aident à graver dans la mémoire les faits qu'elles sont destinées à éclaircir; il sera donc meilleur pour nous de retenir notre curiosité et d'attendre, pour les autres expériences, que le sujet nous y invite.

CAROLINE.

De quelle manière, je vous prie, l'air est-il pompé de ce récipient ?

MAD. B.

Il vous faut apprendre un peu de mécanique avant de comprendre la construction d'une pompe. Ainsi, à notre premier entretien, j'entreprendrai de vous expliquer les lois du mouvement, comme une introduction à ce sujet.





---

## TROISIÈME CONVERSATION.

---

### DES LOIS DU MOUVEMENT.

*Du mouvement. — De l'inertie des corps. — De la force qui produit le mouvement. — Direction du mouvement. — Vitesse absolue et relative. — Mouvement uniforme. — Mouvement retardé. — Mouvement accéléré. — Vitesse de la chute des corps. — Quantité de mouvement. — Action et réaction égales. — Elasticité des corps. — Porosité des corps. — Mouvement réfléchi. — Angles d'incidence et de réflexion.*

MAD. B.

**L**A science de la mécanique se fonde sur les lois du mouvement ; il sera donc nécessaire de vous exposer ces lois avant d'examiner les machines. Dites-moi, Caroline, ce que vous entendez par le mot *mouvement* ?

CAROLINE.

Je crois que je le comprends parfaitement, quoique je me sente fort embarrassée à le dire. Le mouvement est l'action de se mou-



voir, en allant d'une place à une autre; c'est le contraire de rester en repos.

MAD. B.

Très-bien, le mouvement consiste donc dans un changement de place; un corps est en mouvement toutes les fois qu'il change de situation par rapport à un point fixe.

Puis donc que, comme nous l'avons dit, l'une des propriétés générales des corps est l'inertie, c'est-à-dire, un état entièrement passif de mouvement ou de repos, il s'ensuit qu'un corps ne peut pas se mouvoir sans être mis en mouvement. La puissance qui met un corps en mouvement est appelée *force*; ainsi le coup de marteau est la force qui pousse le clou, l'effort du cheval est celle qui tire le charriot, etc. La force est donc la cause qui produit le mouvement.

EMILIE.

Et pouvons-nous dire que la gravité est la force qui occasionne la chute des corps?

MAD. B.

Assurément. Je vous ai donné les exemples les plus familiers, afin de rendre l'expli-



cation plus claire ; mais puisque vous en voulez de plus savans, vous pouvez dire que la cohésion est la force qui réunit les particules des corps entr'elles et que la chaleur est celle qui les sépare.

Le mouvement d'un corps soumis à l'action d'une seule force est toujours en ligne droite, dans la direction dans laquelle il reçoit l'impulsion.

CAROLINE.

C'est très-naturel ; car, comme le corps est inerte et ne peut se mouvoir que parce qu'il est poussé, il se mouvra seulement dans la direction qui lui est imprimée. Le degré de vitesse avec laquelle il se meut, doit aussi, je suppose, dépendre du degré de force avec laquelle il est poussé ?

MAD. B.

Oui le temps qu'un corps met à se mouvoir d'un lieu à un autre, est ce qu'on appelle sa vitesse ; et c'est une des lois du mouvement, que la vitesse des corps qui se meuvent est proportionnelle à la force qui les meut. Il faut bien distinguer la vitesse absolue de la vitesse relative,



La vitesse d'un corps est appelée *absolue*, si on considère le mouvement du corps dans l'espace, sans le rapporter à celui d'autres corps. Lorsque, par exemple, un cheval va cinquante milles en dix heures, sa vitesse est de cinq milles par heure.

La vitesse d'un corps est appelée *relative*, lorsqu'on la compare à celle d'un autre corps en ne considérant que la différence de ces deux vitesses. Ainsi un homme dans un bateau peut rester en repos relativement au bateau dont il partage la vitesse absolue; s'il se meut lui-même, dans le même sens que le bateau, sa vitesse relative sera la différence des deux vitesses.

EMILIE.

Voyons si je comprends. — La vitesse relative d'un corps est le degré de rapidité de son mouvement comparé à celui d'un autre corps; ainsi, si un vaisseau court trois fois aussi loin qu'un autre vaisseau dans le même espace de temps, la vitesse du premier est égale à trois fois celle du dernier.

MAD. B.

Cette règle générale peut s'exprimer ainsi;



la vitesse d'un corps se mesure par l'espace qu'il parcourt divisé par le temps employé à le parcourir ; ainsi, si vous faites cent milles en vingt heures , quelle est votre vitesse par heure ?

EMILIE.

Il faut diviser l'espace , qui est cent milles , par le temps , qui est vingt heures , et la réponse est cinq milles en une heure. D'après cela , Mad. B. , ne pouvons-nous pas renverser cette règle et dire que le temps est égal à l'espace divisé par la vitesse , puisque l'espace de cent milles , divisé par la vitesse , cinq milles , donne vingt heures pour le temps ?

MAD. B.

Certainement , et nous pouvons dire aussi que l'espace est égal au produit de la vitesse par le temps. Pouvez-vous m'expliquer , Caroline , combien de milles vous avez faits , si votre vitesse est de trois milles par heure et que vous ayez couru six heures.

CAROLINE.

Dix-huit milles ; car le produit de 3 par 6 est 18.

MAD. B.

Je suppose que vous comprenez ce qu'on entend par les termes de mouvement *uniforme*, *accéléré* et *retardé*.

EMILIE.

Je conçois que le mouvement uniforme est celui d'un corps dont le mouvement est régulier, et toujours d'une égale vitesse ; par exemple, un cheval qui fait un nombre égal de milles dans chaque heure. Mais l'aiguille d'une montre est un exemple bien meilleur, vu que son mouvement est si régulier qu'il indique le temps.

MAD. B.

Vous avez une idée très-juste du mouvement uniforme ; mais vous l'exprimeriez plus correctement en disant, que le mouvement d'un corps est uniforme, quand il parcourt des espaces égaux en temps égaux. Le mouvement uniforme est produit par une force qui a agi une fois sur un corps et dont l'action a cessé ; comme par exemple, le coup de la raquette sur la paume.



CAROLINE.

Mais le mouvement d'une paume n'est pas uniforme ; sa vitesse diminue graduellement, jusqu'à ce qu'elle tombe à terre.

MAD. B.

Souvenez-vous que la paume est inerte, et n'a pas plus de puissance pour s'arrêter que pour se mettre en mouvement ; si donc elle tombe, il faut qu'elle soit arrêtée par quelque force égale ou supérieure à celle par laquelle elle a été projetée, et qui détruit son mouvement.

CAROLINE.

Il est clair que c'est la force de gravité, qui contrarie et détruit celle de projection ; mais s'il n'y avoit pas de force comme la gravité, la paume ne s'arrêteroit-elle jamais ?

MAD. B.

S'il n'y avoit ni la gravité, ni aucune autre force, telle que la résistance de l'air, opposée à son mouvement, la paume ou même simplement une pierre, lancée à la main,

iroit en avant en ligne droite et d'une vitesse uniforme pour toujours.

CAROLINE.

Cela me frappe d'étonnement.... Je croyois qu'il étoit impossible de produire un mouvement perpétuel.

MAD. B.

Ce mouvement perpétuel, causé par la projection, ne peut pas être produit par l'art, parce que la gravité détruit bientôt tout mouvement de cette espèce que le pouvoir humain peut créer.

EMILIE.

Mais indépendamment de la force de gravité, je ne puis concevoir que le petit mouvement, que je suis capable de donner à une pierre, pût la mettre en mouvement pour toujours.

MAD. B.

La grandeur du mouvement, que vous communiqueriez à la pierre, n'auroit pas d'influence sur sa durée; si vous la jetiez avec peu de force, elle se mouvroit lentement, car vous



Il devez vous rappeler que sa vitesse est proportionnelle à la force avec laquelle elle est projetée ; mais s'il n'y a rien qui s'oppose à son passage, elle continuera à se mouvoir avec la même vitesse et dans la même direction qu'elle avoit dans l'origine.

CAROLINE.

Cela me paroît tout-à-fait incompréhensible ; nous ne pouvons pas rencontrer un seul exemple de cela dans la nature.

MAD. B.

Je vous demande pardon. Lorsque vous en viendrez à l'étude du mouvement des corps célestes, vous trouverez que la nature abonde en exemples de mouvement perpétuel, et que cela contribue beaucoup à l'harmonie du système de l'univers ; tandis que, d'un autre côté, tout bien être sur notre globe seroit détruit, si les mouvemens n'étoient pas sans cesse interrompus. Aussi la sagesse de la Providence a mis des obstacles insurmontables au mouvement perpétuel ici bas, et quoique ces obstacles nous appellent souvent à les combattre avec de grandes diffi-

cultés, il en résulte néanmoins cet ordre, cette régularité et ce repos, qui sont si essentiels à la conservation des divers êtres dont le monde est composé.

A présent, pouvez-vous me dire ce que c'est que le *mouvement retardé*?

CAROLINE.

Le mouvement retardé est celui d'un corps qui se meut chaque moment de plus en plus lentement; ainsi, lorsque je suis fatiguée de marcher vite, je ralentis mon pas; ou lorsqu'une pierre est jetée de bas en haut, sa vitesse est diminuée graduellement par la force de gravité.

MAD. B.

Dans le mouvement retardé, le ralentissement est produit par quelque force qui agit sur le corps dans une direction opposée à celle qui l'a mis d'abord en mouvement; vous, qui êtes un être animé, doué de puissance et de volonté, vous pouvez ralentir votre pas ou vous arrêter pour vous reposer lorsque vous êtes fatiguée; mais la matière inerte est incapable de sentir en aucune ma-



nière la fatigue ; elle ne peut jamais ralentir son pas , ni s'arrêter , sans être retardée ou arrêtée dans sa course par quelque force opposée ; et comme c'est des corps inertes que s'occupe la mécanique , je préfère votre exemple de la pierre retardée dans son ascension.

A présent , Emilie , c'est votre tour ; qu'est-ce que le *mouvement accéléré* ?

EMILIE.

Le mouvement accéléré a lieu , je suppose , lorsque la vitesse d'un corps s'accroît ; si vous n'aviez pas fait d'objection à ce que nous donnassions pour exemples des corps actifs comme nous-mêmes , je dirois que mon mouvement est accéléré , si je change mon pas , pour me mettre à courir. Je ne puis m'imaginer aucun exemple de mouvement accéléré dans les corps inanimés ; tout mouvement de la matière inerte paroît être retardé par la gravité.

MAD. B.

Non pas dans tous les cas ; car cette force produit quelquefois un mouvement accéléré ; par exemple , une pierre qui tombe d'une

hauteur se meut d'un mouvement uniformément accéléré.

EMILIE.

C'est vrai, parce que plus elle approche de la terre, plus elle est attirée par elle.

MAD. B.

Vous vous êtes méprise sur cette accélération du mouvement; car quoiqu'il soit vrai, que la force de gravité augmente à mesure qu'un corps approche de la terre, la différence est si peu de chose à une petite distance de sa surface, qu'elle est imperceptible.

Le mouvement accéléré est produit, lorsque la force qui met un corps en mouvement continue à agir sur lui pendant son mouvement, de manière à ce que ce mouvement soit continuellement accru. Lorsqu'une pierre tombe, l'impulsion qu'elle reçoit de la gravité, pendant le premier instant de sa chute, seroit suffisante pour la porter jusqu'à terre d'une vitesse uniforme; car, comme nous l'avons remarqué, un corps qui a été une fois soumis à une force, continuera à se mouvoir d'une vitesse uni-



forme ; mais ce n'est pas seulement au premier instant de sa chute que la pierre est soumise à l'action de la gravité ; cette force continue à la pousser pendant toute sa descente , et c'est cette impulsion continuée qui accélère son mouvement.

EMILIE.

Je ne peux pas bien comprendre cela.

MAD. B.

Supposons que l'instant après que vous avez laissé tomber une pierre d'une haute tour, la force de gravité fut anéantie, le corps continueroit néanmoins à se mouvoir de haut en bas ; car il auroit reçu une première impulsion de la gravité, et un corps une fois mis en mouvement ne s'arrête que s'il rencontre quelque obstacle sur son chemin ; dans ce cas sa vitesse seroit uniforme ; car quoiqu'il n'y eût pas d'obstacle pour s'opposer à sa descente, il n'y auroit pas de force pour l'accélérer.

EMILIE.

C'est très-clair.

MAD. B.

Ainsi vous n'avez qu'à supposer l'addition constante de la force de gravité agissant sur la pierre pendant sa descente, et vous n'aurez pas de peine à comprendre que son mouvement deviendra accéléré, puisque la gravité, qui agit sur la pierre pendant le premier instant de sa descente, continue d'agir à chaque instant successif jusqu'à ce que ce corps atteigne la terre. Supposons que l'impulsion donnée par la gravité à la pierre, pendant le premier instant de sa descente, soit égale à 1 ; l'instant suivant, nous trouverons qu'une seconde impulsion donne à la pierre une vitesse additionnelle égale à 1, en sorte que la vitesse accumulée est égale à présent à 2 ; l'instant suivant, une autre impulsion fait augmenter la vitesse jusqu'à 3 ; et ainsi de suite, jusqu'à ce que la pierre atteigne la terre.

CAROLINE.

Je comprends à présent ; il faut ajouter l'effet des impulsions précédentes aux vitesses subséquentes.



MAD. B.

Oui, il a été reconnu, tant par l'expérience que par des calculs, qui seroient trop difficiles à entreprendre pour nous, que les corps pesans, qui descendent verticalement par la force de gravité, décrivent en tombant seize pieds anglais la première seconde de temps, trois fois cet espace dans la seconde suivante, cinq fois dans la troisième, sept fois dans la quatrième, et ainsi de suite, de manière que la vitesse croît avec le temps de chute conformément à la suite qu'indiquent ces nombres.

EMILIE.

Si vous jetez une pierre en l'air perpendiculairement (1), ne met-elle pas le même temps à monter qu'à descendre ?

MAD. B.

Oui ; pourvu qu'elle ait été lancée avec la vitesse que sa chute auroit produite ; en montant, la vitesse est diminuée par la force de gravité ; en descendant, elle est accélérée par cette force.

---

(1) Verticalement.

CAROLINE.

J'aurois imaginé qu'elle tomberoit plus vite qu'elle ne s'élèveroit.

MAD. B.

Vous devez vous souvenir que la force avec laquelle elle est projetée doit entrer en ligne de compte, et que cette force est contrariée et détruite par la gravité avant que le corps retombe.

CAROLINE.

Mais la force de projection de bas en haut imprimée à la pierre ne peut pas toujours être égale à la force de gravité, qui la fait retomber; car la force de gravité est toujours la même, tandis que le degré de l'impulsion donnée à la pierre varie à volonté, je peux la jeter fort ou doucement.

MAD. B.

Si vous la jetez doucement, elle ne montera pas haut; seize pieds seulement, peut-être; dans ce cas elle retombera en une seconde. Or il est prouvé par l'expérience que l'impulsion nécessaire pour projeter de



bas en haut un corps jusqu'à la hauteur de seize pieds lui fait atteindre cette hauteur en une seconde ; en ce cas donc le temps de l'ascension et le temps de la descente sont égaux. Mais supposez qu'il fallût jeter une pierre plus haut, la force devroit être plus grande.

Vous voyez donc que l'impulsion de projection en jetant un corps de bas en haut, est toujours égale à la vitesse acquise en vertu de la pesanteur pendant sa descente, et que c'est la plus ou moins grande hauteur à laquelle le corps monte, qui fait que ces deux forces se contrebalancent mutuellement.)

Je dois vous expliquer à présent ce qu'on entend par la *quantité de mouvement* (1) des corps. C'est la force avec laquelle un corps en mouvement frappe contre un autre corps. La quantité de mouvement d'un corps est composée de sa vitesse multipliée par sa masse ou son poids.

#### CAROLINE.

Plus est grande la vitesse avec laquelle un corps se meut, et plus doit être grande la

---

(1) Momentum.

force avec laquelle il frapperoit un autre corps.

EMILIE.

Par conséquent, un petit corps peut avoir une quantité de mouvement plus grande qu'un grand corps, pourvu que sa vitesse soit d'autant plus grande; par exemple, la quantité de mouvement d'une flèche tirée avec un arc doit être plus grande que celle d'une pierre jetée à la main.

CAROLINE.

Nous savons aussi par expérience, que plus un corps est pesant, plus est grande sa force; il n'est donc pas difficile de comprendre, que toute la quantité de mouvement d'un corps doit se composer de masse et de vitesse; mais je ne puis comprendre pourquoi il faut *multiplier* l'une par l'autre; j'aurois supposé qu'on auroit *ajouté* la quantité de matière à la quantité de mouvement.

MAD. B.

On a trouvé par l'expérience, que si le poids d'un corps est représenté par le nombre 3, et sa vitesse aussi par 3 sa quantité sera re-



présentée par 9 et non par 6, comme ce seroit le cas, si ces nombres étoient ajoutés au lieu d'être multipliés. Je vous recommande de vous bien souvenir de la définition de la quantité de mouvement des corps, comme d'un des points les plus importants de la mécanique; vous verrez que la puissance des machines consiste à opposer la vitesse à la masse (1).

Je passe maintenant à une autre loi du mouvement, la loi de *réaction*. Lorsqu'un corps en mouvement en frappe un autre, il éprouve de sa part une résistance; la résistance du corps en repos sera égale au choc donné par celui qui est en mouvement; ou, pour m'expliquer en langage philosophique,

---

(1) En comparant entr'elles les quantités de mouvement de différens corps, il faut être attentif à mesurer leurs poids et leurs vitesses par la même dénomination de poids et d'espaces; autrement les résultats ne s'accorderoient pas. Ainsi, si nous estimons le poids d'un corps en onces, il faut estimer le poids de l'autre aussi en onces, et non en livres; et de même, en calculant les vitesses, on doit se servir du même étalon de mesure, soit d'espace soit de temps, comme est le nombre de pieds par seconde, ou de milles par heure.



*l'action* est égale à la *réaction* et ces deux forces sont en directions opposées.

CAROLINE.

Dites-vous que *l'action* du corps qui frappe est rendue avec une force égale par le corps qui reçoit le choc.

MAD. B.

Précisément.

CAROLINE.

Mais si un homme donne un coup de poing à un autre au visage, il ne peut pas assurément recevoir autant de mal par la réaction qu'il en donne par le choc?

MAD. B.

Non, mais cela vient simplement de ce que le poing a moins de sentiment que le visage.

Voici deux boules d'ivoire, suspendues par des fils (planche 1, fig. 3); écartez un peu l'une des deux, A, et laissez-la aller; elle frappe, comme vous voyez, l'autre boule B, et la pousse en avant à une distance égale



à celle de laquelle la première boule est tombée ; mais le mouvement de A est arrêté , parce que lorsqu'elle a frappé B, elle a reçu en retour un choc égal à celui qu'elle a donné , et son mouvement a été par conséquent détruit.

EMILIE.

J'aurois supposé que le mouvement de la boule A étoit détruit , parce qu'elle avoit communiqué tout son mouvement à B.

MAD. B.

Il est bien vrai , que quand un corps frappe contre un autre , la quantité de mouvement communiquée au second corps est perdue par le premier , mais cette perte provient de la réaction du corps qui est frappé.

Voici six boules d'ivoire suspendues (fig. 4) ; écartez la première de la perpendiculaire , et laissez la tomber contre la seconde. Aucune des boules ne semble se mouvoir , comme vous voyez , excepté la dernière , qui fuit à une hauteur égale à celle d'où est tombée la première ; pouvez-vous m'expliquer cela ?



CAROLINE.

Je m'en flatte. Quand la première boule a frappé la seconde, elle a reçu un choc en retour qui a détruit son mouvement; la seconde boule, quoiqu'elle n'ait pas paru bouger, doit avoir frappé contre la troisième, qui par sa réaction a mis la seconde en repos; l'action de la troisième boule doit avoir été détruite par la réaction de la quatrième; et ainsi de suite, jusqu'à ce que le mouvement ait été communiqué à la dernière boule, qui, n'ayant pas réagi, a fui en l'air.

MAD. B.

Très-bien expliqué. Observez que c'est seulement lorsque les corps sont élastiques, comme ces boules d'ivoire, que cet effet peut avoir lieu. Ces deux boules de terre glaise (fig. 5), qui ne sont point élastiques, vont donner un résultat différent; lorsque vous écartez l'une d'elle, D, de la perpendiculaire, et que vous la laissez tomber contre l'autre, E, l'action et réaction n'étant point augmentées de la force d'élasticité, sont insuffisantes pour détruire le mouvement de la première; seu-



lement une partie de la vitesse de D sera communiquée à E, et les deux boules se mouvront ensemble jusqu'en *d* et *e*, points moins éloignés de la verticale que n'étoit la boule D avant d'avoir été lâchée.

Remarquez l'utilité de la réaction dans la nature. Les oiseaux, en volant, frappent l'air de leurs ailes; et c'est la réaction de l'air qui les fait monter ou avancer, vu que la réaction est toujours en direction contraire de l'action.

CAROLINE.

Je croyois que les oiseaux étoient plus légers que l'air, quand leurs ailes étoient étendues, et que de cette manière ils pouvoient voler.

MAD. B.

Quand leurs ailes sont déployées, ils sont mieux soutenus par l'air, parce qu'ils le pressent par une surface plus étendue; mais ils sont beaucoup trop pesans pour rester dans cette situation, sans frapper de leurs ailes continuellement, comme vous pouvez l'avoir remarqué quand les oiseaux voltigent



par-dessus leurs nids ; la force avec laquelle leurs ailes battent l'air doit égaler le poids de leurs corps , afin que la réaction de l'air soit capable de soutenir ce poids ; l'oiseau restera alors stationnaire. Si le coup d'ailes est plus grand que celui qui étoit requis pour soutenir seulement l'oiseau , la réaction de l'air le fera monter ; s'il est plus petit , l'oiseau descendra doucement ; et vous pouvez avoir observé l'alouette qui reste quelquefois , avec ses ailes étendues , sans mouvement ; dans cet état , elle descend rapidement dans son nid.

CAROLINE.

Quel bel effet de la loi de réaction ! Mais si le vol est purement une opération mécanique , Mad. B. , pourquoi ne construirions-nous pas des ailes , adaptées à la grandeur de notre corps , attachées à nos épaules ; et ne monterions-nous pas en l'air , en les remuant avec nos bras ?

MAD. B.

On a tenté à plusieurs reprises une telle expérience , mais jamais avec succès , et on la regarde à présent comme complètement



impraticable. La force musculaire des oiseaux est plus grande en proportion de leur poids que celle de l'homme, si nous étions munis d'ailes suffisamment larges pour nous faire voler, nous n'aurions pas la force de les mettre en mouvement.

Lorsqu'on nage, l'action produite sur l'eau est semblable à celle qui est produite sur l'air en volant; il en est de même dans l'action de ramer; on frappe l'eau avec les rames dans une direction opposée à celle dans laquelle le bateau se meut; et c'est la réaction de l'eau par les rames qui pousse le bateau en avant.

EMILIE.

Dites-nous, je vous prie, quels corps sont élastiques, outre l'air et les autres corps dont vous nous avez parlé aujourd'hui.

MAD. B.

En parlant de l'air, nous avons défini l'élasticité, une propriété en vertu de laquelle les corps qui sont comprimés reviennent à leur premier état. Si je plie ce jonc,



et que je le laisse aller, il reprend sa première position ; si je presse votre bras du doigt, aussitôt que je l'éloigne, la chair, par la vertu de son élasticité, remonte et détruit l'impression que j'ai faite. De tous les corps, l'air est celui qui a cette propriété au degré le plus éminent, et c'est ce qui lui a fait donner le nom de fluide élastique. Il y a des corps solides qui sont au second degré d'élasticité ; si deux boules d'ivoire ou d'acier sont poussées l'une contre l'autre, les parties par lesquelles elles se touchent s'applatiront ; mais leur élasticité leur fera reprendre instantanément leur première figure.

CAROLINE.

Mais quand deux boules d'ivoire se frappent l'une contre l'autre, comme elles font constamment sur un billard, il ne se fait, par le choc, aucune impression.

MAD. B.

Je vous demande pardon ; vous ne pouvez pas apercevoir l'impression, parce que l'élasticité la fait sur le champ disparaître.

Les corps mous, qui retiennent aisément



les impressions, tels que la glaise, la cire, le suif, le beurre, etc., ont très-peu d'élasticité; mais, de toutes les classes de corps, les liquides (1) sont les moins élastiques.

EMILIE.

Si la cire à cacheter était élastique, au lieu de retenir l'impression d'un cachet, elle reprendrait une surface unie, dès que le poids du cachet seroit éloigné. Mais qu'est-ce qui produit l'élasticité des corps?

MAD. B.

Il y a une grande diversité d'opinions sur ce point, et je n'ai pas droit de décider laquelle approche le plus de la vérité. L'élasticité suppose la faculté d'être comprimé, et cette faculté dépend de la porosité des corps, car s'il n'y avait pas des pores ou des espaces entre les particules de matière dont un corps est composé, il ne pourroit pas être comprimé.

---

(1) Le phénomène de la transmission du son par les liquides semble annoncer dans ces corps une élasticité, qui ne peut se manifester par d'autres phénomènes (voyez Conversation XIV).

(Note du Traducteur.)



CAROLINE.

C'est-à-dire, que si les particules des corps étoient aussi serrées ensemble qu'il est possible, elles ne pourroient pas être pressées davantage.

EMILIE.

Ainsi les corps dont les particules sont le plus éloignées les unes des autres sont les plus compressibles, et par conséquent les plus élastiques; et voilà donc pourquoi l'air, qui est peut-être le moins dense de tous les corps, est élastique à un si haut degré?

MAR. B.

Cette règle n'est pas très-sûre, car les liquides ont à peine de l'élasticité, tandis que plusieurs solides ont éminemment cette propriété, quoique la plupart de ces derniers soient certainement d'une densité beaucoup plus grande que les premiers; non-seulement donc l'élasticité suppose la faculté d'être comprimé, mais elle dépend en outre du pouvoir qu'a le corps de reprendre l'état qu'il avoit avant la compression.



CAROLINE.

Mais sûrement il ne peut pas y avoir des pores dans l'ivoire et les métaux, Mad. B.; comment donc peuvent-ils être susceptibles de compression ?

MAD. B.

Les pores de telles substances sont invisibles à l'œil nu, mais vous ne devez pas en conclure qu'il n'y en a point; il est au contraire bien reconnu que l'or, l'un des corps les plus denses, est extrêmement poreux et que ses pores sont assez grands pour que de l'eau, fortement comprimée, puisse les traverser. On s'en est assuré par une expérience célèbre, faite, il y a plusieurs années, à Florence.

EMILIE.

Si l'eau peut passer à travers l'or, il faut qu'il y ait certainement des pores ou des interstices qui lui donnent un passage; et si l'or est si poreux, que doivent être les autres corps, qui sont à une si grande distance de la densité de l'or!



MAD. B.

La différence principale à cet égard est , je pense , que les pores de quelques corps sont plus grands que ceux des autres ; dans le liège , l'éponge et le pain , ils forment de grands creux ; dans le bois et la pierre , lorsque ces corps ne sont pas polis , les pores sont en général visibles à l'œil nu ; tandis que dans l'ivoire , les métaux , et tous les corps vernis et polis , ils ne peuvent pas s'apercevoir. Pour vous donner une idée de l'extrême porosité des corps , je vous dirai que Newton a conjecturé , que si la terre était comprimée assez pour être absolument sans pores , ses dimensions pourroient se réduire à un pouce eube.

CAROLINE.

Quelle idée ! si nous n'étions pas redevables à Newton de la théorie de l'attraction , je serois tentée de me moquer de lui pour une telle supposition. Quels petits être insignifiants sommes-nous !

MAD. B.

Si notre importance dépendoit de la gran-



deur de nos corps, nous serions à la vérité comme des pigmées; mais souvenez - vous que l'âme de Newton n'étoit pas circonscrite par les dimensions de son enveloppe.

EMILIE.

Il est heureux cependant que la chaleur tienne les pores de la matière ouverts et élargis, et qu'elle empêche que l'attraction de cohésion ne nous serre comme dans une coquille de noix.

MAD. B.

Revenons en maintenant au sujet de la réaction, sur lequel nous avons encore quelques observations à faire. C'est la réaction qui, étant contraire à l'action, produit le *mouvement réfléchi*; si vous jetez une paume contre le mur elle rebondit; ce retour de la paume est dû à la réaction du mur contre lequel elle frappe, et on l'appelle *mouvement réfléchi*.

EMILIE.

Je comprends à présent pourquoi les paumes remplies d'air ressaient mieux que celles

qui sont garnies de son ou de laine ; car l'élasticité de l'air agit lorsqu'on le comprime ; en sorte que l'action , et par conséquent la réaction , se trouvent accrues.

CAROLINE.

J'ai observé que lorsque je lance une paume droit contre le mur , elle revient droit dans ma main ; mais si je la lance obliquement de bas en haut , elle rebondit encore plus haut et je l'attrappe quand elle tombe.

MAD. B.

Vous ne devez pas dire droit contre le mur , mais perpendiculairement au mur , car *droit* est un terme général pour les lignes dans toutes les directions qui ne sont ni courbes ni infléchies , et il est également applicable et aux lignes obliques et aux lignes perpendiculaires.

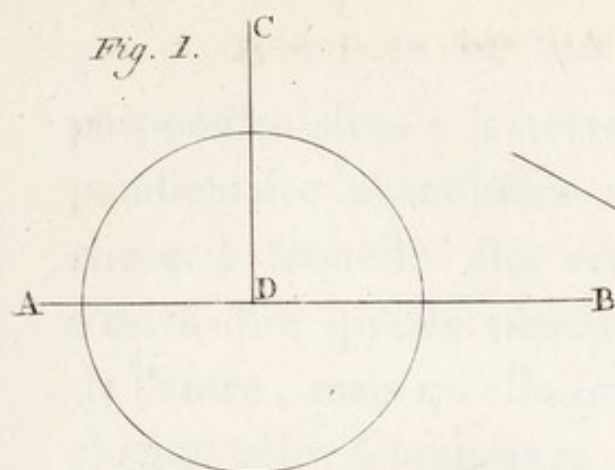
CAROLINE.

Je croyois que perpendiculairement signifioit directement en haut ou en bas.

MAD. B.

Dans ces deux directions , les lignes sont

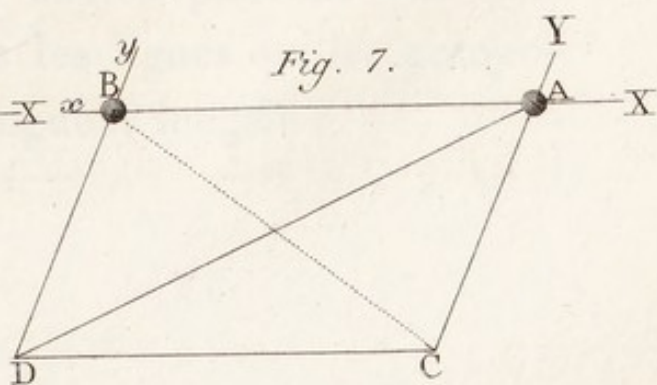
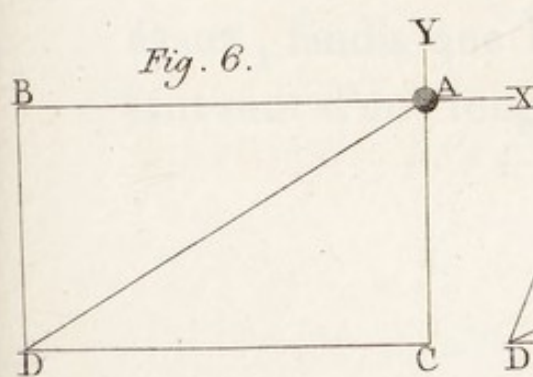
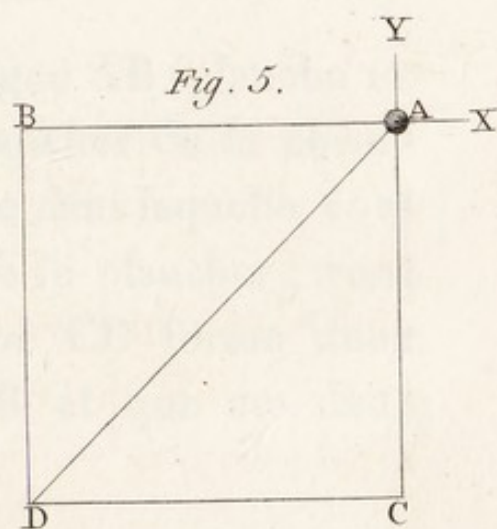
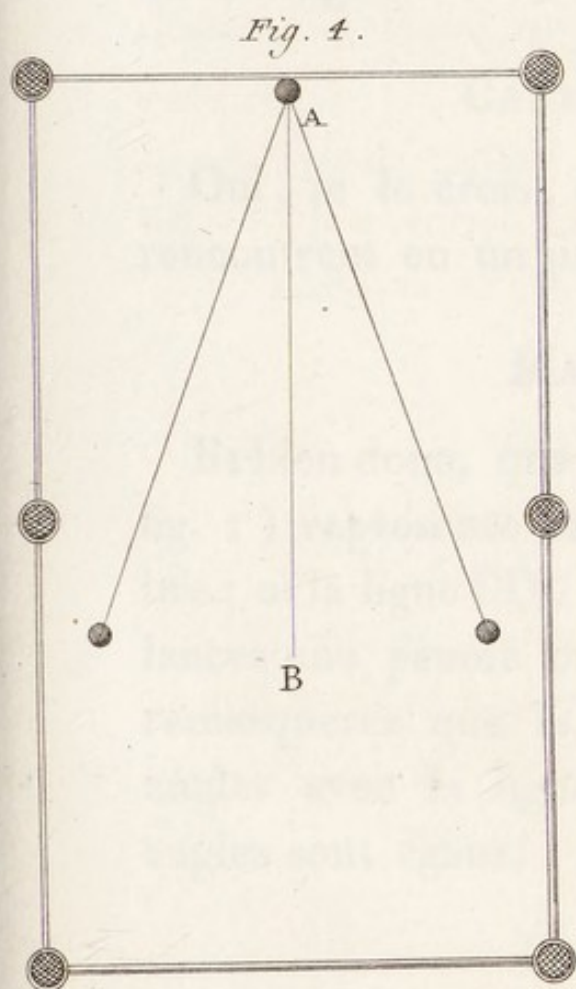
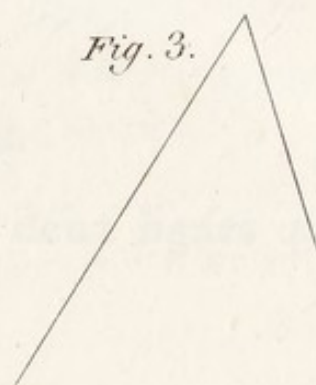




*Fig. 2.*



*Fig. 3.*







perpendiculaires à la terre. Une ligne perpendiculaire a toujours rapport à quelque chose à laquelle elle est perpendiculaire, c'est-à-dire qu'elle n'incline ni d'un côté ni de l'autre, mais qu'elle fait un angle égal de chaque côté. Comprenez - vous ce que c'est qu'un angle.

CARELINE.

Oui, je le crois, c'est deux lignes qui se rencontrent en un point.

MAD. B.

Et bien donc, que la ligne AB (planche 11 fig. 1) représente le plancher de la chambre; et la ligne CD, celle dans laquelle vous lancez une paume contre le plancher; vous remarquerez que la ligne CD forme deux angles avec la ligne AB et que ces deux angles sont égaux.

EMILIE.

Comment ces angles peuvent - ils être égaux, tandis que les lignes qui les composent sont d'une longueur inégale?

MAD. B.

Un angle n'est pas mesuré par la longueur des lignes , mais par leur ouverture.

EMILIE.

Cependant , plus les lignes sont grandes et plus aussi l'ouverture entr'elles est grande.

MAD. B.

Prenez un compas , et décrivez un cercle sur ces angles en prenant le sommet pour centre.

EMILIE.

Jusqu'où faut-il ouvrir le compas ?

MAD. B.

Vous pouvez faire le cercle de la grandeur que vous voudrez , pourvu qu'il coupe les lignes des angles que nous avons à mesurer. Tous les cercles , de quelque dimension qu'ils soient , sont supposés divisés en 360 parties égales, qu'on appelle *degrés* ; l'ouverture d'un angle , étant une portion d'un cercle , doit contenir un certain nombre de degrés ; plus l'angle est grand, plus est grand aussi le nom-



bre des degrés, et on dit que deux angles sont égaux, quand ils en contiennent un nombre égal.

EMILIE.

Je comprends à présent. Comme la grandeur d'un angle dépend du nombre de degrés contenus entre ses lignes, c'est l'ouverture et non la longueur des lignes qui détermine la grandeur de l'angle.

MAD. B.

Très-bien; à présent que vous avez une idée claire de la mesure des angles, pouvez-vous me dire combien de degrés sont contenus dans les deux angles formés par une ligne qui tombe perpendiculairement sur une autre, comme dans la figure que je viens de tracer.

EMILIE.

Vous me permettrez de placer une pointe du compas au sommet des angles, et de décrire un cercle à l'entour; alors je crois que je pourrai répondre à votre question; les deux angles sont ensemble égaux, juste à

la moitié d'un cercle ; chacun d'eux contient donc 90 degrés ; car c'est le quart de 360.

MAD. B.

Un angle de 90 degrés est ce qu'on appelle un angle droit , et lorsqu'une ligne est perpendiculaire à un autre , elle forme , comme vous le voyez ( fig. 1 ), un angle droit de chaque côté. Les angles qui contiennent plus de 90 degrés sont appelés *obtus* ( fig. 2 ) et ceux qui contiennent moins de 90 degrés sont appelés *aigus* ( fig. 3 ).

CAROLINE.

Les angles de cette table carrée sont des angles droits , mais ceux de cette table octogone sont des angles obtus ; et les angles des instrumens pointus sont des angles aigus.

MAD. B.

Très-bien. Revenons-en à notre remarque : si une paume est jetée obliquement contre le mur , elle ne rebondit pas dans la même direction ; n'avez-vous jamais joué au billard ?



CAROLINE.

Oui souvent ; et j'ai remarqué que lorsque je pousse la bille perpendiculairement à la bande du billard, elle revient dans la même direction ; mais lorsque je l'envoie obliquement à la bande, elle rebondit obliquement, et du côté opposé ; la bille, dans le dernier cas, décrit un angle dont le sommet est à la bande. J'ai remarqué aussi, que plus la bille est poussée obliquement contre la bande, plus aussi elle rebondit obliquement du côté opposé ; en sorte que le joueur au billard peut calculer avec exactitude dans quelle direction elle reviendra.

MAD. B.

Très-bien. Cette figure ( fig. 4 planche II) représente un billard. Si vous tracez une ligne AB du point où la bille A frappe perpendiculairement la bande; vous trouverez qu'elle divisera l'angle, que la bille décrit, en deux parties ou deux angles ; l'un représentera la direction de la bille vers la bande, et l'autre celle qu'elle suit en s'en éloignant. Le premier est ce qu'on nomme *l'angle d'incidence*, l'autre

*l'angle de réflexion* (1), et ces angles sont toujours égaux.

CAROLINE.

C'est, donc la raison pour laquelle, quand on lance une paume obliquement contre le mur, elle rebondit dans une direction opposée, en formant des angles d'incidence et de réflexion égaux.

MAD. B.

Certainement, et vous trouverez que plus vous lancerez obliquement la balle, plus elle rebondira obliquement.

Il faut à présent finir notre entretien ; mais j'aurai quelques remarques de plus à faire sur les lois du mouvement, la première fois que nous nous reverrons.

---

(1) Expressions fréquemment employées en substituant à ces angles leur complément à un droit.

(Note du Traducteur.)





## QUATRIÈME CONVERSATION.

---

### DU MOUVEMENT COMPOSÉ.

*Mouvement composé, résultat de deux forces.*  
— *Mouvement circulaire, résultat de deux forces, dont l'une retient le corps à un point fixe.* — *Centre de mouvement, le point qui est en repos tandis que les autres parties du corps se meuvent autour de lui.* — *Centre de grandeur, le milieu d'un corps.* — *Force centripète, celle qui retient un corps à un point central fixe.* — *Force centrifuge, celle qui pousse un corps loin du centre.* — *Chute des corps dans une parabole.* — *Centre de gravité, point autour duquel les parties se balancent mutuellement.*

MAD. B.

Je dois à présent vous expliquer la nature du mouvement composé. Supposons qu'un corps soit frappé par deux forces égales, en directions opposées, comment se mouvra-t-il?

EMILIE.

Si les directions des forces sont en opposition exacte, je suppose que le corps ne bougera pas du tout.

MAD. B.

Fort bien; mais si les forces, au lieu d'agir sur le corps en direction contraire, le frappent selon deux directions inclinées l'une à l'autre sous un angle de 90 degrés; si la boule A (fig. 5, planch. II) est frappée par des forces égales en X et en Y, ne bougera-t-elle pas?

EMILIE.

La force X l'enverroît vers B, et la force Y vers C; et puisque ces forces sont égales, je ne sais pas comment le corps peut obéir à l'une des impulsions plutôt qu'à l'autre; et cependant je vois que la boule bougeroit, parce que, comme les deux forces n'agissent pas en opposition directe, elles ne peuvent pas entièrement détruire l'effet l'une de l'autre.

MAD. B.

Cela est vrai. La boule ne suivra donc la



direction d'aucune de ces forces, mais suivra une direction intermédiaire et atteindra D dans le même espace de temps que la force X auroit employé pour la pousser en B, et la force Y pour la pousser en C. A présent si de D vous menez des lignes aux points B et C, vous formerez un carré, et la ligne oblique, que décrit le corps, se nomme la diagonale du carré.

CAROLINE.

Cela est fort clair; mais supposez que les deux forces fussent inégales, que la force X, par exemple, fût deux fois aussi grande que la force Y?

MAD. B.

Alors la force X pousseroit la boule deux fois aussi loin que la force Y; il faut, par conséquent, faire la ligne AB (fig. 6) deux fois aussi longue que la ligne AC; le corps dans ce cas ira jusqu'en D; et de ce point si vous menez des lignes en B et C, vous trouverez que la boule a parcouru la diagonale d'un rectangle.

EMILIE.

Permettez-moi de vous proposer un autre



cas. Supposons que les deux forces soient inégales, et qu'au lieu d'agir sur la boule dans la direction d'un angle droit, elles forment un angle aigu; qu'en résultera-t-il?

MAD. B.

Prolongez les lignes dans les directions des deux forces, vous découvrirez bientôt par quelle route la boule cheminera; elle ira de A en D par la diagonale d'un parallélogramme ( fig. 7 ). Des forces qui agissent dans la direction de lignes formant un angle obtus, produiront aussi un mouvement dirigé selon la diagonale d'un parallélogramme. Par exemple, si le corps placé en B, au lieu de A, eût été poussé par les forces X et Y, il aurait suivi la diagonale pointée BC.

Nous pouvons à présent passer au mouvement circulaire; c'est le résultat de deux forces perpendiculaires l'une à l'autre agissant sur un corps, par l'une desquelles il est projeté en avant dans une ligne droite, tandis que par l'autre il est retenu à un point fixe. Par exemple, lorsque je fais tourner cette boule qui est attachée à ma main par un cordon, la boule se meut dans un cercle,



parce que deux forces agissent ainsi sur elle; celle que je lui donne, qui représente la force de projection, et celle du cordon par lequel ma main la retient. Si, pendant qu'elle se ment, vous coupez tout-à-coup le cordon, la boule fuirait en ligne droite, dégagée de la force qui la retenait au point fixe; elle ne seroit poussée que par l'autre, et vous savez que le mouvement produit par une seule force est toujours en ligne droite.

CAROLINE.

Cela est un peu plus difficile à comprendre que le mouvement rectiligne composé.

MAD. B.

Vous avez vu cette espèce de balai dont on se sert pour vider l'eau. On le plonge dans cette eau, puis on le fait tourner rapidement, de manière à faire diverger en tout sens les fils dont le balai est composé. Les fils ne peuvent pas fuir, mais l'eau s'échappe en ligne droite.

EMILIE.

De la même manière, les ailes d'un moulin à vent, lorsqu'elles sont mises en mouvement,

seroient projetées en ligne droite , si elles n'étoient pas liées à un point fixe , autour duquel elles sont forcées de se mouvoir.

MAD. B.

Fort bien ; et observez que le point auquel est assujetti le mouvement de la boule et de son cordon , est le centre de son mouvement. Ce mouvement peut être envisagé comme s'exécutant sur un plan , et ce que nous disons de la boule peut se dire de tous les autres petits corps. Mais lorsque la grandeur ou la forme des corps ne nous permettent pas de les considérer comme se mouvant dans un même plan , ils tournent en réalité autour d'une ligne , qui est appelée l'axe de mouvement : dans une toupie , par exemple , si elle dort sur sa pointe , l'axe est la ligne qui la traverse par le milieu , perpendiculairement au plancher.

CAROLINE.

L'essieu des ailes d'un moulin à vent est donc l'axe de son mouvement ; mais le centre de mouvement est-il toujours dans le milieu d'un corps ?



MAD. B.

Non, pas toujours. Le point du milieu d'un corps est appelé son centre de grandeur ou de position, c'est-à-dire, le centre de sa masse ou de son volume. Les corps ont aussi un autre centre appelé *centre de gravité*, que je vous expliquerai; mais il faut à présent nous borner à l'axe de mouvement. Cette ligne reste en repos tandis que toutes les autres parties du corps se meuvent autour d'elle; lorsque vous faites tourner une toupie, l'axe est stationnaire, tandis que toutes les autres parties se meuvent autour de lui.

EMILIE.

Mais une toupie a ordinairement un mouvement en avant, outre celui qu'elle a en tournant; et dès-lors aucun de ses points ne peut être en repos?

MAD. B.

Ce que je dis de l'axe de mouvement n'a rapport qu'au mouvement circulaire, c'est-à-dire, au mouvement autour d'une ligne, et non à celui qu'un corps peut avoir en même

temps dans quelque autre direction. Il y a une circonstance dans le mouvement circulaire à laquelle il faut faire grande attention, c'est que plus un corps est éloigné de l'axe de mouvement, plus sa vitesse est grande ; et à mesure que l'on approche de cette ligne, la vitesse des parties diminue peu à peu, jusqu'à ce qu'on atteigne l'axe lui-même, qui demeure parfaitement en repos.

CAROLINE.

Mais si chaque partie du même corps ne se meut pas avec la même vitesse, celle qui va le plus vite, doit se séparer du reste du corps et le laisser en arrière.

MAD. B.

Vous vous embarrassez en confondant l'idée du mouvement circulaire avec celle du mouvement en ligne droite. Il s'agit uniquement du mouvement d'un corps autour d'une ligne fixe ; vous verrez que si les parties les plus éloignées du centre n'avoient pas une plus grande vitesse que les autres, elles ne pourroient pas suivre le reste du corps, et qu'elles resteroient en arrière. Les extrémités des ailes d'un moulin à vent ne tournent-elles pas autour



Fig. 1.

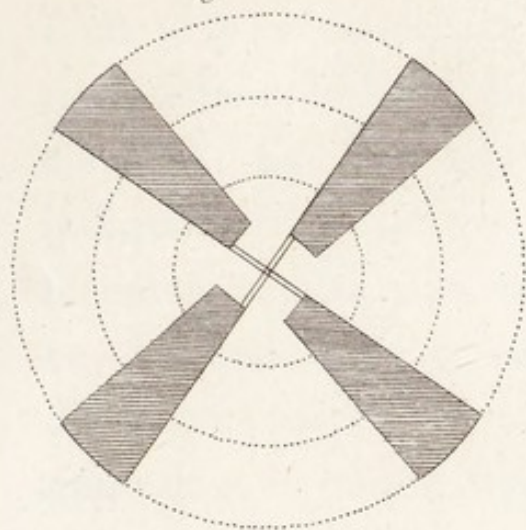


Fig. 2.

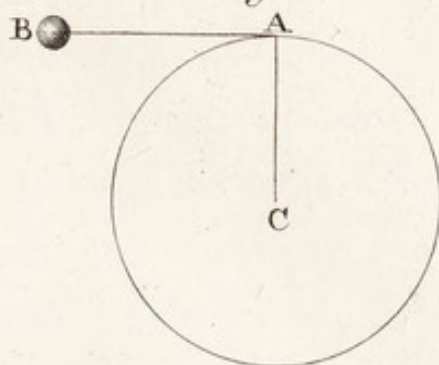


Fig. 3.

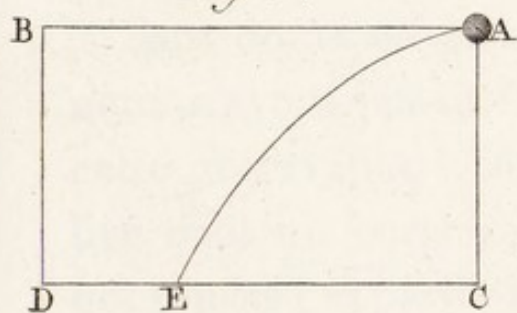


Fig. 5.

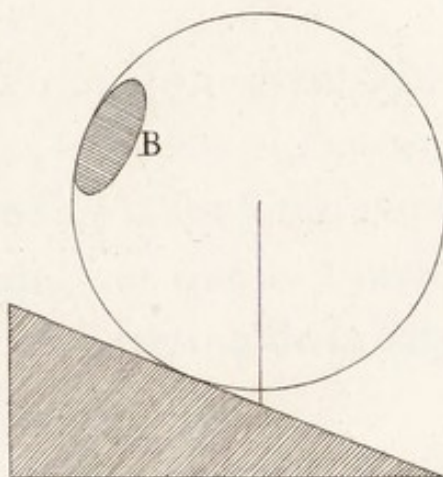


Fig. 4.



Fig. 6.



Fig. 7.

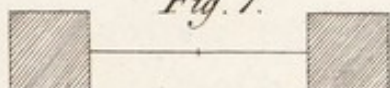


Fig. 8.

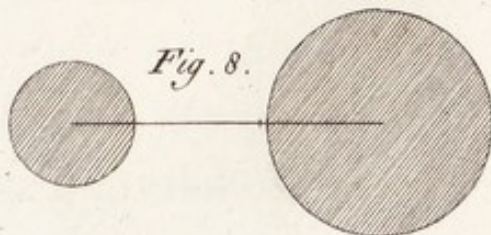
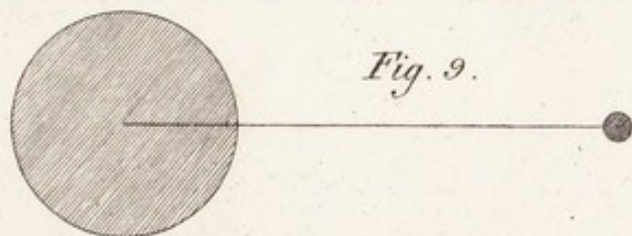


Fig. 9.







d'un plus grand espace que les parties plus rapprochées de l'axe de mouvement? (planche III, fig. 1). Les trois cercles pointés indiquent la route que suivent les trois différentes parties des ailes, et quoique les cercles soient de grandeurs différentes, les différentes parties des ailes les décrivent chacune dans le même temps.

CAROLINE.

Sans-doute et je m'étonne à présent que nous n'ayons jamais fait, ni l'une ni l'autre, cette observation; le même effet doit avoir lieu dans un corps solide, tel que la toupie qui tourne; la partie la plus voisine de la surface doit se mouvoir le plus vite.

MAD. B.

La force qui retient un corps au centre est appelée force *centripète*, et celle qui porte un corps loin du centre est appelée *centrifuge*; dans un mouvement circulaire ces deux forces se contrebalancent constamment l'une l'autre; autrement le corps qui tourne s'approcheroit du centre, ou s'en éloigneroit, selon que l'une ou l'autre prévaudroit.

CAROLINE.

Lorsque je verrai un corps qui se meut dans un cercle, je me souviendrai qu'il est soumis à l'action de deux forces.

MAD. B.

Le mouvement, dans un cercle, dans une ellipse, ou dans toute autre ligne courbe, est nécessairement le résultat de l'action de deux forces; car vous savez que l'impulsion d'une seule force produit toujours le mouvement en ligne droite.

EMILIE.

Si la force centripète avoit été détruite par une cause quelconque, la force centrifuge pousseroit seule le corps, et je suppose qu'il fuirait selon une ligne droite menée du centre où il avoit été retenu.

MAD. B.

Il ne fuirait pas selon une droite menée du centre, mais bien selon la direction dans laquelle il se mouvoit au moment de s'échapper. Si une pierre, qu'on fait tourner dans une fronde, s'échappe au point A (pl. III, fig. 2.) elle fuit dans la direction AB;



cette ligne s'appelle une *tangente*; elle touche la circonférence du cercle et forme un angle droit avec la ligne menée du point de contact au centre C.

EMILIE.

Vous dites que le mouvement dans une ligne courbe est dû à l'action de deux forces sur un corps; mais lorsque je lance cette boule dans une direction horizontale, elle décrit en tombant une ligne courbe, et cependant elle n'est poussée que par la force de projection; il n'y a aucune force centripète qui la retienne, ou qui produise le mouvement composé.

MAD. B.

Quand une boule est lancée de la sorte, il n'y a pas moins de trois forces qui agissent sur elle, celle de projection que vous lui donnez, la résistance de l'air à travers lequel elle passe, qui en diminue la vitesse sans en changer la direction, et la force de gravité qui la porte enfin vers la terre. Comme la force de pesanteur et la résistance de l'air sont toujours plus grandes qu'aucune force de projection que nous puissions imprimer

au corps, celle-ci est graduellement surmontée par elles, et le corps est porté vers la terre. Mais plus est grande la force de projection, plus les deux autres mettent de temps à la détruire, et plus par conséquent le corps va loin avant de tomber.

CAROLINE.

Un boulet tiré d'un canon, par exemple, ira beaucoup plus loin qu'une pierre lancée à la main.

MAD. B.

Vous observiez que les corps ainsi projetés décrivoient en descendant une ligne courbe. Pouvez-vous m'en dire la raison ?

CAROLINE.

Non ; je ne comprends pas pourquoi il ne tomberoit pas par la diagonale d'un carré.

MAD. B.

Parce qu'à chaque instant la direction change. Peu à peu la force supérieure l'emporte et la direction du boulet change par degrés, pour s'approcher toujours plus de



la verticale. Il faut remarquer en outre que la plus grande force de projection a lieu au moment où le boulet sort du canon ; à mesure qu'il avance, cette force est affoiblie par la résistance continuelle de l'air ; ce qui accélère sa chute. La projection seule pousseroit le boulet A en B (fig. 3) ; la pesanteur le porteroit en C. Ainsi, lorsqu'il est poussé en différentes directions par ces deux forces, il se meut dans une suite de directions intermédiaires, cédant peu à peu à la force de la gravité, à mesure que celle-ci s'accumule. Au lieu de tomber en D, comme vous l'avez supposé, il tombera à-peu-près en E.

CAROLINE.

C'est bien cela. Voyez, Emilie, quand je jette cette paume directement en haut, comme la résistance de l'air et la gravité l'emportent sur la projection. A présent je vais la lancer en haut, mais obliquement ; vous voyez bien, la force de projection lui permet de résister quelque temps à celle de gravité ; mais il faut bientôt qu'elle tombe.

MAD. B.

La ligne courbe que le boulet décrit s'ap-



pelle en géométrie *parabole*. Mais lorsque le boulet est lancé perpendiculairement en haut, il descend perpendiculairement, parce que la force de projection et celle de gravité sont dans la même ligne de direction.

Nous avons examiné les centres de grandeur et de mouvement, mais je ne vous ai pas encore expliqué ce que c'est que le centre de gravité. Le centre de gravité d'un corps est le point autour duquel toutes les parties se balancent mutuellement. Si donc ce point est soutenu, le corps ne tombe pas. Comprenez-vous?

EMILIE.

Je le crois; si les parties autour de ce point ont une égale tendance à tomber, elles sont en équilibre; et aussi long-temps que ce point est soutenu, le corps ne tombe pas.

MAD. B.

Caroline, qu'est-ce qu'il arriveroit, si quelque autre point du corps étoit seul soutenu?

CAROLINE.

Les parties environnantes ne se faisant pas



équilibre les unes aux autres, le corps tomberoit du côté où le poids des parties seroit plus grand.

MAD. B.

Cela auroit lieu infailliblement; dès que le centre de gravité n'est plus soutenu, il faut que le corps tombe. Cela arrive quelquefois lorsqu'un chariot est trop chargé et qu'on le fait tourner sur une pente rapide, parce qu'alors un côté de la route est plus élevé que l'autre. Supposons que l'inclinaison soit comme dans la figure (pl. III, fig. 4); le centre de gravité du chariot chargé est au point A. Vous comprendrez au premier coup d'œil, qu'un chariot dans cette situation versera; et la raison en est que le centre de gravité, A, n'est pas soutenu; car si de ce point vous abaissez une perpendiculaire ou verticale en C, elle ne tombera pas sous le chariot entre les roues, et par conséquent le centre n'en recevra aucun appui.

CAROLINE.

Je comprends parfaitement; mais qu'est-ce que veut dire cet autre point B?



MAD. B.

Supposons qu'on enlève la partie supérieure de la charge; le centre de gravité changera de place et descendra en B, vu que ce point sera à présent celui autour duquel les parties du chariot moins chargé se font équilibre. Le chariot versera-t-il alors?

CAROLINE.

Non, parce que la perpendiculaire abaissée de ce point tombe en D, entre les roues, qui par conséquent le soutiennent; et quand le centre de gravité est soutenu, le corps ne tombe pas.

EMILIE.

Cependant, je n'aimerois pas beaucoup être sur un chariot qui se trouveroit dans cette situation; car, si vous y prenez garde, le point D n'est que tout juste au-dessus de la roue gauche; si la roue droite montoit un peu, simplement en passant sur une pierre, le point D se transporterait de l'autre côté de la roue gauche, et le chariot seroit renversé.



CAROLINE.

Un chariot ou toute autre voiture sera le mieux soutenu, quand le centre de gravité tombera exactement entre les roues ; et c'est ce qui arrive sur les chemins bien nivelés.

Mais comment se soutient notre propre corps ?

MAD. B.

Tant qu'on se tient debout, le poids entier du corps est soutenu par les pieds. Si l'on se penche trop, ce poids n'a plus de base et le corps tombe. Un danseur de corde fait tous ses tours d'adresse, en soutenant habilement son centre de gravité ; dès qu'il trouve qu'il est en danger de perdre l'équilibre, il déplace le pesant balancier qu'il tient dans ses mains, pour porter le poids du côté où il manque ; et changeant ainsi la situation du centre de gravité, il rétablit l'équilibre.

CAROLINE.

Quand on tient un bâton sur le bout du

doigt, son centre de gravité n'est-il pas soutenu ?

MAD. B.

Oui ; et c'est parce que le centre de gravité n'est pas soutenu qu'un corps sphérique roule le long d'une pente. Un corps parfaitement sphérique ne toucheroit un plan incliné qu'en un point, et ce point dans une pente ne peut pas se trouver sur la perpendiculaire abaissée du centre de gravité sur le plan ; c'est pourquoi il n'est pas soutenu, comme vous pouvez le voir dans cette figure (fig. 5, planche III).

EMILIE.

C'est vrai ; cependant j'ai vu un cylindre de bois, qui pouvoit monter en roulant sur un plan incliné ; comment cela pouvoit-il se faire ?

MAD. B.

Cela se fait en lestant de plomb un côté du cylindre comme en B (fig. 5, pl. III) ; le corps n'est plus alors d'une densité uniforme ; le centre de gravité est transporté du



milieu du corps jusque dans le plomb, parce que ce métal est beaucoup plus pesant que le bois; vous pouvez remarquer à présent que pour que le cylindre puisse descendre en roulant dans la situation où il se trouve, il faut que le centre de gravité monte, ce qui est impossible; le centre de gravité doit toujours descendre dès qu'il se meut, et il descendra par la route la plus courte et la plus facile, en forçant le cylindre à monter le long de la pente, jusqu'à ce qu'il soit soutenu; alors il s'arrête.

CAROLINE.

Le centre de gravité n'est donc pas toujours au milieu d'un corps?

MAD. B.

Non, il n'est pas toujours au point que nous avons nommé centre de grandeur; cela a lieu quand le corps est d'une densité uniforme; mais quand une partie du corps est composée de matériaux plus pesans que l'autre, le centre de gravité ne peut plus rester au même point. C'est ce qui arrive dans ce cylindre lesté de plomb.

ÉMILIE.

Ainsi les corps qui sont composés d'une seule espèce de substance, comme de bois, de pierre ou de plomb, et dont par conséquent les densités sont uniformes, doivent se tenir plus fermes, et être renversés plus difficilement, que les corps composés de substances variées, de densités différentes, qui peuvent avoir le centre de gravité d'un côté plutôt que d'un autre.

MAD. B.

Oui, mais il y a une autre circonstance qui influe encore plus sur la fermeté de la position des corps, c'est leur forme. Ceux qui ont une base étroite sont plus aisément renversés; car pour peu qu'ils soient inclinés, leur centre de gravité n'est plus soutenu, comme vous pouvez le voir dans la figure 6.

CAROLINE.

J'ai souvent remarqué quelle peine on a à porter un seau d'eau quand il est seul; je suppose que c'est parce que le centre de



gravité se porte d'un côté, et qu'on étend le bras opposé pour tâcher de ramener l'eau à sa première position; mais on porte sans peine deux seaux pendus à chaque bras, parce qu'ils se font équilibre mutuellement, et que le centre de gravité est soutenu par les pieds.

MAD. B.

Très-bien; je n'ai plus qu'une remarque à vous faire sur le centre de gravité, c'est que quand deux corps sont attachés ensemble par une ligne (1), il faut les considérer comme ne formant qu'un corps; si les deux corps sont d'un poids égal, le centre de gravité est au milieu de la ligne qui les unit (fig. 7); mais si l'un des deux est plus pesant que l'autre, le centre de gravité est proportionnellement plus près du corps pesant que du corps léger (fig. 8). Si vous voulez porter une baguette ou une perche chargée de poids égaux à ses extrémités, vous la devez prendre par le milieu, pour

---

(1) Ceci peut s'appliquer sans beaucoup de peine aux corps liés par des cordes, des chaînes, ou des forces quelconques.

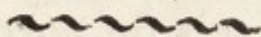
que les poids se fassent mutuellement équilibre ; mais s'ils sont inégaux , vous devez tenir la baguette à un point rapproché du plus grand poids.

EMILIE.

Dans les deux cas nous soutiendrions le centre de gravité ; et si un des poids est beaucoup plus grand que l'autre , le centre de gravité est hors du bâton dans l'intérieur du poids le plus fort (fig. 6).

MAD. B.

Sans doute.





## CINQUIÈME CONVERSATION:

---

### DES MACHINES SIMPLES:

*De la puissance des machines. — Du levier en général. — Du levier du premier genre, qui a son point d'appui entre la puissance et la résistance. — Du levier du second genre, qui a la résistance entre la puissance et le point d'appui. — Du levier du troisième genre, qui a la puissance entre le point d'appui et la résistance.*

#### MAD. B.

**N**OUS pouvons maintenant passer à l'examen des machines simples ; elles sont au nombre de six, dont une ou plusieurs entrent dans la composition de toutes les machines ; savoir , le levier , la poulie , le tour , le plan incliné , le coin et la vis.

Pour comprendre la construction d'une machine, il y a trois choses à considérer ; 1.<sup>o</sup> la puissance qui agit , laquelle consiste dans l'effort des hommes ou des chevaux , ou en poids , ressorts , vapeur , etc.

2.<sup>o</sup> La résistance qui doit être surmontée par la puissance ; c'est en général un poids à faire mouvoir. Il faut toujours que la puissance soit supérieure à la résistance ; autrement la machine ne pourroit pas être mise en mouvement.

CAROLINE.

Si, par exemple, la résistance d'une voiture étoit plus grande que la force des chevaux employés à la traîner, ils ne pourroient pas la faire mouvoir.

MAD. B.

3.<sup>o</sup> Nous avons à considérer le centre de mouvement, ou, comme on le nomme en mécanique, le point d'appui (vous devez vous souvenir que c'est le point autour duquel toutes les parties du corps se meuvent) ; et enfin les vitesses respectives de la puissance et de la résistance.

EMILIE.

Cela doit dépendre de leurs distances respectives de l'axe de mouvement ; comme nous



le remarquions dans le mouvement des ailes du moulin à vent.

MAD. B.

Nous allons examiner la machine nommée *levier*. Le levier est une verge inflexible, c'est-à-dire qui ne peut se courber en aucune direction. Par exemple, la verge d'acier à laquelle les bassins de cette balance sont suspendus est un levier; et le point auquel elle est soutenue est le point d'appui ou centre de mouvement; maintenant, pouvez-vous me dire pourquoi les deux bassins sont en équilibre?

CAROLINE.

Etant tous les deux vides, et du même poids, ils se font l'un à l'autre équilibre.

EMILIE.

Ou pour parler correctement, parce que le centre de gravité commun à tous les deux est soutenu.

MAD. B.

Très-bien; et quel est le centre de gra-

tivité des deux bassins de cette balance ? (fig. 1 planche IV.)

EMILIE.

Vous nous avez dit que lorsque deux corps de poids égal étoient attachés ensemble , le centre de gravité étoit au milieu de la ligne qui les unit ; le centre de gravité de la balance doit donc être au point d'appui, A, du levier qui unit les deux bassins ; et il correspond avec le centre de mouvement.

CAROLINE.

Mais si les bassins contenoient des poids différens , le centre de gravité ne seroit plus au point d'appui du levier ; il seroit transporté du côté du bassin qui contiendrait le poids le plus lourd ; et puisque ce point ne seroit plus supporté, le bassin pesant descendroit et l'emporteroit sur l'autre.

MAD. B.

C'est vrai , mais pouvez - vous imaginer quelque moyen par lequel les corps de poids différens pourroient se faire mutuellement équilibre des deux côtés de la balance, en



Fig. 1.

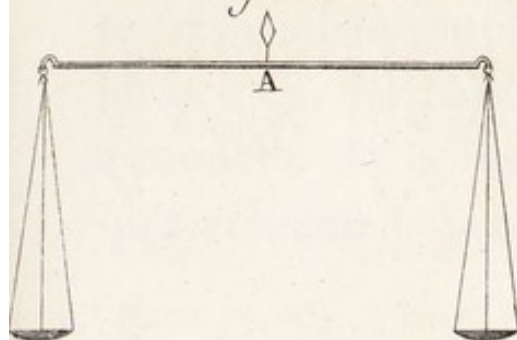


Fig. 2.

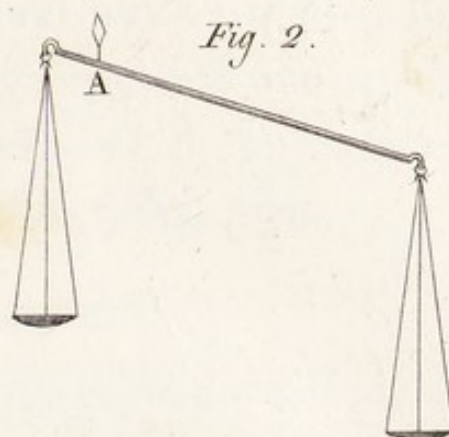


Fig. 3.

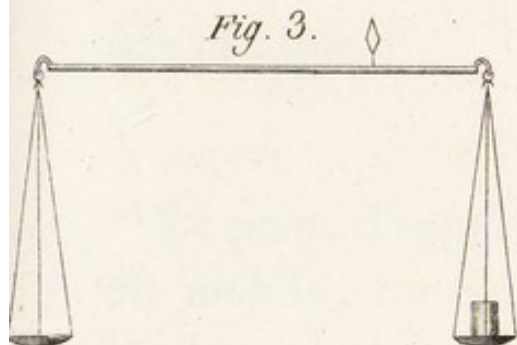


Fig. 5.

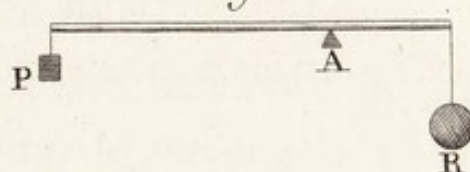


Fig. 6.

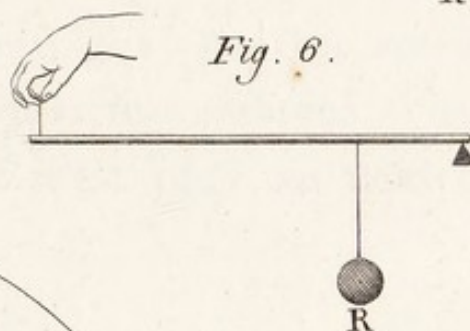


Fig. 4.

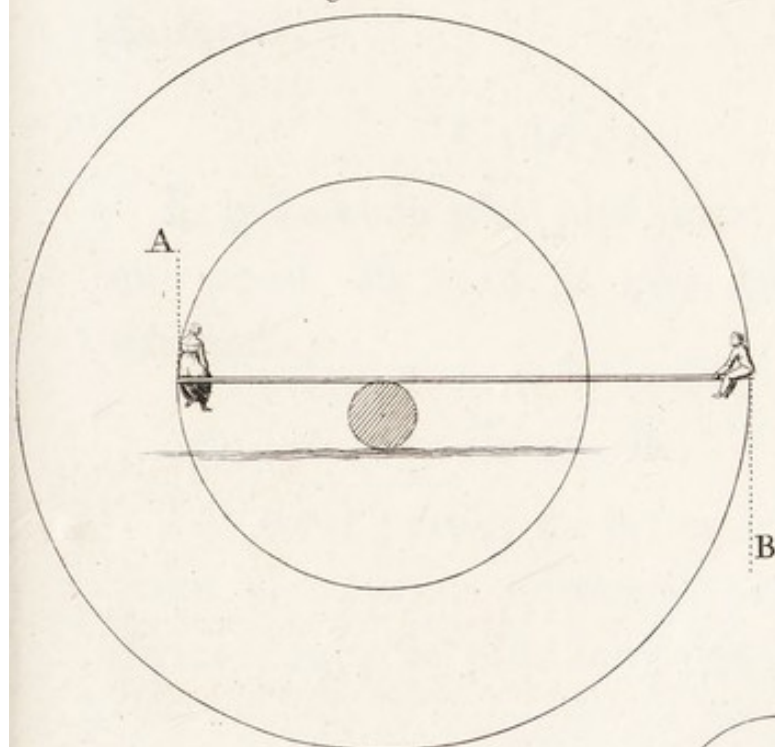


Fig. 8.

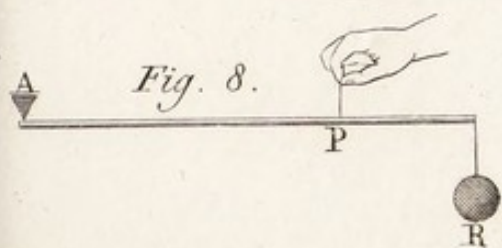
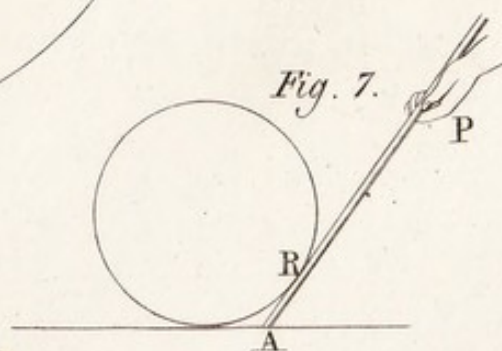


Fig. 7.







les suspendant simplement aux extrémités du levier ? Car les bassins ne sont pas une partie essentielle de la machine, et ils ne servent qu'à contenir la substance qu'on pèse.

CAROLINE.

Quoi ! faire un côté de la balance léger et l'autre pesant ? Je ne puis concevoir que ce soit possible.

MAD. B.

Le point d'appui de cette balance (fig. 2) est mobile, comme vous le voyez ; je peux la décrocher, et la rattacher par un autre point ; ce point est devenu maintenant le point d'appui, mais il n'est plus au centre du levier.

CAROLINE.

Et la balance n'est plus juste ; car le bassin qui pend du côté le plus long du levier descend.

MAD. B.

Les deux parties du levier séparées par le point d'appui se nomment ses bras ; vous diriez donc, le plus long des bras, et non

le plus long côté du levier. Dans bien des cas, l'un de ces bras peut être dit agissant et l'autre résistant.

L'observation que vous faisiez tout à l'heure est juste ; nous avons gâté notre balance ; mais elle servira à mon but et elle va vous faire comprendre l'action d'un levier dont le point d'appui n'est pas au centre.

EMILIE.

Ce seroit une excellente invention pour ceux qui voudroient user de fraude dans le poids de leurs marchandises, que de mettre le point d'appui un peu d'un côté. En plaçant les marchandises dans le bassin qui est suspendu au plus long des bras du levier, elles paroîtroient peser plus qu'elles ne le font en réalité.

MAD. B.

Vous ne remarquez pas comme il seroit facile de découvrir la fraude ; car lorsque les bassins seroient vides, ils ne seroient pas en équilibre.

EMILIE.

C'est vrai ; je ne pensois pas à cette cir-



constance. Mais je ne puis comprendre comment le bras le plus long du levier ne seroit pas en équilibre avec l'autre.

CAROLINE.

C'est qu'il est plus pesant que le bras le plus court ; le centre de gravité , par conséquent, n'est plus soutenu.

MAD. B.

Vous avez raison ; le point d'appui n'est plus au centre de gravité ; mais si nous pouvions réussir à faire que le point d'appui dans sa situation actuelle devienne le centre de gravité, les bassins se contrebalanceront bien l'un l'autre ; car vous vous rappelez que le centre de gravité est ce point autour duquel toutes les parties du corps sont en équilibre.

EMILIE.

Il se présente à moi une manière d'y réussir ; suspendez un grand poids au bras le plus court du levier, et un plus petit poids au bras le plus long. Oui, oui, j'y suis. Voyez, Mad. B, le bassin du plus court des bras devra porter deux livres, et celui du



plus long n'en devra porter qu'une, pour rétablir l'équilibre ( fig. 3 ).

MAD. B.

Vous voyez donc qu'il n'est pas si impraticable que vous l'aviez imaginé, de faire qu'un corps pesant fasse équilibre à un corps léger ; et c'est dans le fait le moyen par lequel vous avez cru qu'on pouvoit user de fraude en pesant les marchandises ; puisqu'un poids de dix ou douze onces peut contrebalancer une livre de marchandises. Otons les bassins pour considérer le levier dans sa simplicité ; dans cet état vous voyez que le point d'appui n'est pas loin du centre de gravité ; mais il est, et il doit toujours être, le centre de mouvement , vu que c'est le seul point qui reste en repos, tandis que toutes les autres parties se meuvent autour de lui.

CAROLINE.

Cela ressemble aux deux ailes opposées d'un moulin à vent, le point d'appui est le point autour duquel elles se meuvent.

MAD. B.

En décrivant le mouvement de ces ailes,



vous pouvez vous rappeler que nous avons remarqué que plus un corps est éloigné de l'axe de mouvement plus sa vitesse est grande.

CAROLINE.

Je m'en souviens, et je le comprends parfaitement.

MAD. B.

Vous comprenez donc que l'extrémité du plus long des bras d'un levier doit se mouvoir avec une plus grande vitesse que celle du plus petit?

CAROLINE.

Sans doute, parce qu'elle est plus éloignée du centre de mouvement. Et, je vous prie, Mad. B, quand mes frères jouent à la balançoire, la planche sur laquelle ils sont à cheval n'est-elle pas une espèce de levier?

MAD. B.

Certainement; le bloc de bois qui la soutient au-dessus du sol est le point d'appui, et les personnes qui se balancent à chaque extrémité du levier sont la puissance et la résis-



tance. Et n'avez-vous pas observé que lorsqu'elles sont d'un poids égal, la planche doit être soutenue par son milieu, pour faire les deux bras égaux; tandis que si elles diffèrent de poids, la planche doit être tirée un peu au-delà, pour rendre les bras inégaux, et la personne la plus légère, qui représente la résistance, doit se placer à l'extrémité du plus long des bras.

CAROLINE.

C'est toujours le cas quand je me balance avec un de mes frères cadets; j'ai observé aussi que la personne la plus légère se balance le mieux, vu qu'elle va plus haut et plus vite, et je comprends à présent que c'est parce qu'elle est plus distante du centre de mouvement.

MAD. B.

La vitesse plus grande avec laquelle votre petit frère se meut rend sa quantité de mouvement égale à la vôtre.

CAROLINE.

Oui; j'ai le plus grand poids; et lui, la plus



grande vitesse; en sorte qu'en tout nos quantités de mouvement sont égales. — Mais vous disiez, Mad. B, qu'il faut que la puissance soit plus grande que la résistance pour mettre la machine en mouvement; comment donc la planche peut-elle se mouvoir, si les quantités de mouvement des personnes qui se balancent sont égales?

MAD. B.

Parce que chaque personne, à sa descente, touche la terre du pied, et la réaction lui donne une impulsion qui accroît sa vitesse; ce ressort est nécessaire pour détruire l'équilibre de la puissance et de la résistance, sans cela la planche ne se mouvroit pas.

N'avez - vous jamais observé qu'un levier décrit un arc de cercle dans son mouvement?

EMILIE.

Non; il me paroît monter et descendre perpendiculairement; du moins je l'ai toujours cru.

MAD. B.

Je crois qu'il faut que je fasse un dessin



de vous et votre frère vous balançant sur une planche pour vous convaincre de votre erreur; (fig. 4, planche IV). A présent vous pouvez remarquer qu'un levier ne peut se mouvoir qu'autour du point d'appui, puisque c'est le centre de mouvement; il seroit impossible à vous de monter perpendiculairement au point A, et à votre frère de descendre en ligne droite au point B; vous devez en montant, et lui en descendant, décrire des arcs de vos cercles respectifs. Ce dessin vous montre aussi comment sa vitesse doit être supérieure à la vôtre; car si vous pouviez faire le tour entier, vous compléteriez chacun votre cercle respectif dans le même temps,

CAROLINE.

Le cercle de mon frère étant beaucoup plus grand, il doit indubitablement se mouvoir plus vite.

MAD. B.

Maintenant, dites-moi, croyez-vous que votre frère pût vous soulever aussi aisément sans l'aide du levier?



CAROLINE.

Oh non, il ne pourroit pas me lever de terre.

MAD. B.

Ainsi je pense que vous ne demanderez pas de preuve ultérieure de la puissance du levier, puisque vous voyez ce qu'il fait faire à votre frère.

CAROLINE.

Je comprends à présent ce que vous entendiez en disant qu'en mécanique, la vitesse est opposée à la masse; car c'est la vitesse de mon frère qui surmonte mon poids.

MAD. B.

Vous pouvez vous figurer facilement quels énormes poids peuvent être levés par des leviers de cette sorte; car plus est longue la partie active du levier en comparaison de la partie résistante, plus est grand l'effet produit; parce qu'aussi la vitesse de la puissance, comparée à celle de la résistance, devient d'autant plus grande.

Il y a trois différens genres de leviers;



dans le premier le point d'appui est entre la puissance et la résistance.

CAROLINE.

Ce genre comprend donc tous les leviers que vous avez décrits.

MAD. B.

Oui; quand dans les leviers du premier genre le point d'appui est à une égale distance de la puissance et de la résistance, comme dans la balance, il faut que la puissance soit plus grande que la résistance pour la faire mouvoir; car, rien ne peut, dans ce cas, être gagné par la vitesse; les deux bras du levier étant égaux, la vitesse de leurs extrémités ne peut différer. La balance n'est par conséquent, d'aucun secours comme puissance mécanique; mais elle est extrêmement utile pour estimer les poids respectifs des corps.

Quand (fig. 5) le point d'appui, A, d'un levier n'est pas à une égale distance de la puissance et de la résistance, et que la puissance, P, agit à l'extrémité du plus long des bras, elle peut être moindre que la résistance, R, vu que ce qui manque à la puissance peut être compensé par une supériorité



de vitesse, comme nous le remarquions dans la balançoire.

ÉMILIE.

Ainsi, quand nous aurons besoin de soulever un grand poids, il nous faudra l'attacher au plus petit bras d'un levier et appliquer notre force au plus long bras?

MAD. B.

Si les circonstances vous permettent de mettre l'extrémité du levier sous le poids, il n'y a pas besoin de l'assujettir; comme vous l'apercevez, quand on remue le feu.

ÉMILIE.

Oh oui! cette barre de fer, cette espèce de fourgon (1) avec laquelle on remue le charbon de nos foyers, est un levier du premier genre; quand on s'en sert, le point où il repose sur les barreaux de la grille est le point d'appui. Le bras court du levier sert à soulever la résistance, qui est le poids du charbon, et ma main est la puissance appliquée au plus long bras.

---

(1) *Poker.*

MAD. B.

Voyons, Caroline, si vous pourriez expliquer aussi bien cet instrument, qui est composé de deux leviers, réunis en un point d'appui commun.

CAROLINE.

Quoi! cette paire de ciseaux!

MAD. B.

Vous êtes surprise; mais si vous en examinez la construction, vous découvrirez que c'est la force du levier qui vous aide à couper avec les ciseaux.

CAROLINE.

Oui, j'aperçois à présent que le point auquel les deux leviers sont vissés, est le point d'appui, les anneaux où l'on applique les doigts sont les extrémités de la partie active des leviers, et les lames en sont la partie résistante; ainsi, plus le côté des anneaux est long, ou plus est court le côté tranchant, plus les ciseaux coupent aisément.



EMILIE.

Je l'ai souvent remarqué. Aussi quand j'ai quelque chose de dur à couper, comme du carton, je me sers toujours de la partie des ciseaux la plus proche de l'endroit où les deux branches des ciseaux se joignent, et je comprends à présent pourquoi je gagne ainsi de la force; mais j'avoue que je n'aurois jamais découvert que les ciseaux fussent un double levier; et les mouchettes n'en sont-elle pas aussi?

MAD. B.

Oui, ainsi que plusieurs espèces de pinces; la grande force de ces instrumens dépend de ce que la partie résistante du levier doit être très - courte en comparaison de la partie active.

CAROLINE.

Et de quelle nature sont les deux autres genres de leviers?

MAD. B.

Dans les leviers du second genre, la résistance, au lieu d'être à une des extrémités, est située entre la puissance et le point d'appui. ( fig. 6. ).



CAROLINE.

La résistance et le point d'appui y ont changé de place ; et quel avantage gagne-t-on par ce genre de levier ?

MAD. B.

Dans son mouvement, la vitesse de la puissance doit nécessairement être plus grande que celle de la résistance, vu qu'elle est plus distante du centre de mouvement. N'avez-vous jamais vu votre frère rouler une boule de neige au moyen d'un gros bâton, lorsqu'elle devenoit trop pesante pour la mouvoir sans ce secours ?

CAROLINE.

[ Oh oui, .... c'étoit un levier du second genre ( fig. 7 ) ; le bout du bâton qu'il pousse sous la boule et qui repose sur la terre devient le point d'appui ; la boule est la résistance ou le poids à faire mouvoir ; et la puissance, ses mains appliquées à l'autre extrémité du levier. Dans cet exemple, il y a une différence immense dans la longueur des bras du levier ; car la résistance est presque au point d'appui.



MAD. B.

Et l'avantage gagné se proportionne à cette différence. C'est par des leviers de cette sorte que les bateaux de pêcheurs sont soulevés de dessus terre, pour être lancés à la mer, au moyen de pièces de bois glissantes qui sont poussées sous la quille. L'exemple le plus commun des leviers du second genre est celui des portes de nos appartemens.

EMILIE.

Les gonds représentent le point d'appui, nos mains la puissance appliquée à l'autre extrémité du levier; mais quelle est la résistance à vaincre?

MAD. B.

La porte est la résistance, et par conséquent elle occupe tout l'espace entre la puissance et le point d'appui. Les casse-noix sont des doubles leviers de ce genre; la charnière est le point d'appui, la noix est la résistance, et les mains sont la puissance.

Dans les leviers du troisième genre (fig. 8), le point d'appui est encore à une des extrémités, le poids ou la résistance à l'autre, et



c'est à présent la puissance qui est appliquée entre le point d'appui et la résistance.

EMILIE.

Le point d'appui, la résistance et la puissance occupent donc tour-à-tour quelque partie du milieu du levier entre ses extrémités. Mais dans ce troisième genre de levier, la résistance étant plus loin du centre de mouvement que la puissance, la difficulté de la soulever paroît augmentée plutôt que diminuée.

MAD. B.

C'est bien vrai; un levier de ce genre n'est par conséquent jamais en usage, à moins qu'il ne soit absolument nécessaire, comme dans le cas où on lève une échelle pour la dresser contre un mur; l'homme qui la lève ne peut pas placer ses mains à la partie supérieure de l'échelle; la puissance est donc nécessairement plus près du point d'appui que la résistance.

CAROLINE.

Oui, les mains sont la puissance; la terre



au pied du mur, le point d'appui ; et le haut de l'échelle la résistance.

MAD. B.

La nature emploie ce genre de levier dans la structure du corps humain. Dans l'action de lever un poids avec la main, la partie inférieure du bras devient un levier du troisième genre, le coude est le point d'appui, les muscles de la partie charnue du bras sont la puissance ; et comme ils sont plus près du coude que la main, il faut que leur force surpasse la résistance pour soulever le poids.

EMILIE.

N'est-il pas surprenant que la nature nous ait donné des leviers si désavantageux ?

MAD. B.

Le désavantage, quant à la force, est plus que contrebalancé par la commodité qui résulte de la structure du bras ; et il n'est pas douteux, qu'elle ne soit la plus propre à le mettre en état de remplir ses fonctions animales.

Nous avons traité si longuement du levier, qu'il faut que nous réservions l'examen des autres machines simples pour notre prochain entretien.



Fig. 2.

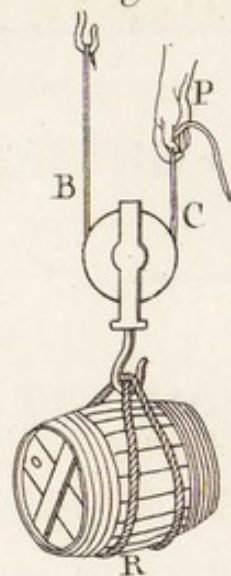


Fig. 1.

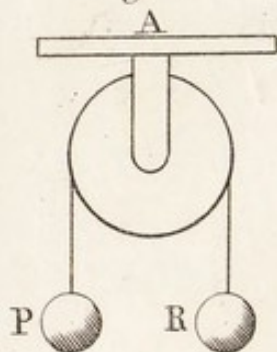


Fig. 4.



Fig. 3.

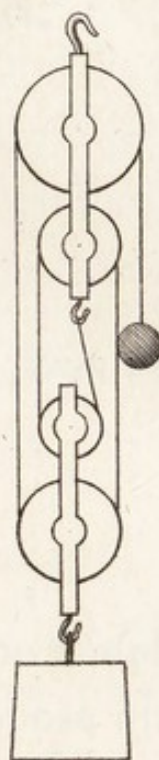


Fig. 5.

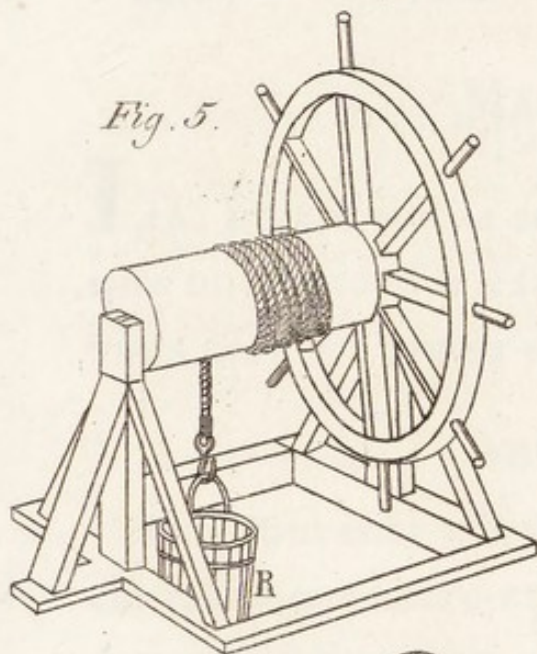


Fig. 6.

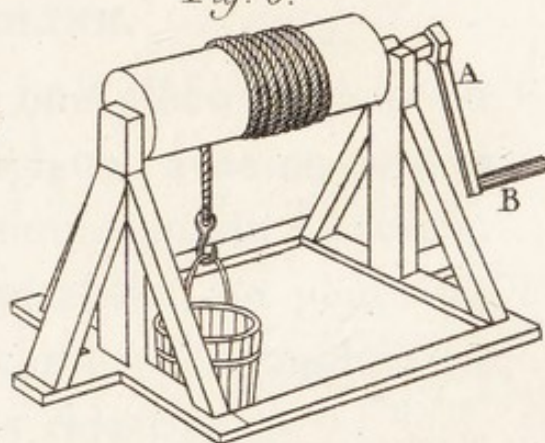


Fig. 7.

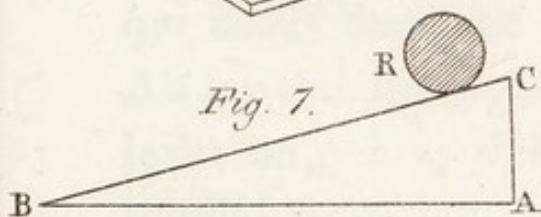


Fig. 9.

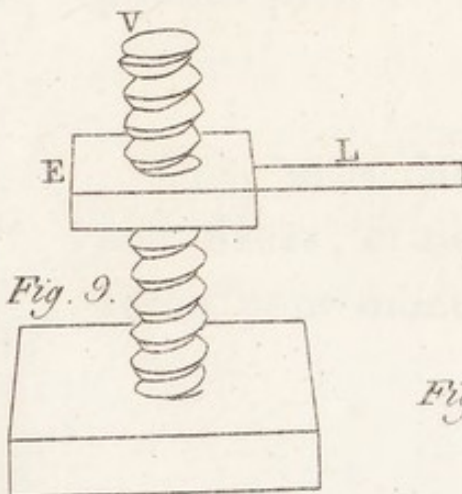


Fig. 8.

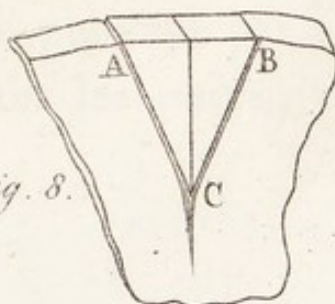
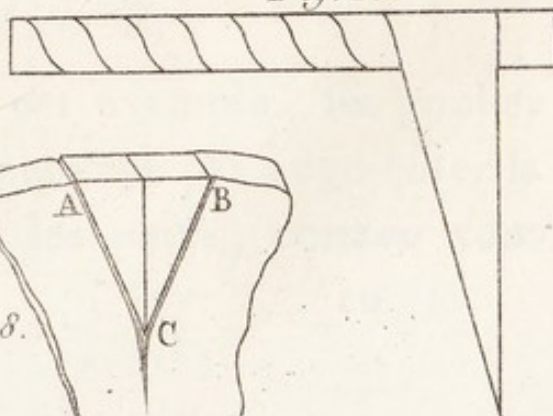


Fig. 10.







---

## SIXIÈME CONVERSATION.

---

### DES MACHINES SIMPLES.

*De la poulie. — Du tour. — Du plan incliné. — Du coin. — De la vis.*

MAD. B.

**L**LA *poulie* est la seconde machine simple que nous avons à examiner. Je suppose que vous avez vu toutes deux une poulie ?

CAROLINE.

Oui souvent ; c'est une pièce de bois ou de métal circulaire et plate , avec un cordon qui court dans une rainure autour du cercle. Au moyen de cette machine , on peut soulever un poids ; c'est ainsi qu'on emploie des poulies pour lever les rideaux.

MAD. B.

Oui , mais dans cet exemple , les poulies sont fixées , et ne peuvent pas augmenter la force pour monter les poids , comme vous

l'apercevez dans cette figure ( planche v , fig. 1 ). Remarquez que la poulie fixe se fonde sur le même principe que la balance ; comme dans celle-ci le point d'appui A est au centre de gravité ; la puissance P et la résistance R sont à une égale distance du point d'appui et on n'y gagne rien.

EMILIE.

Certainement ; si P représente la force employée à monter le poids R , la puissance doit être plus grande que la résistance pour faire mouvoir le poids. Mais à quoi servent ces poulies en mécanique ?

MAD. B.

La figure suivante représente une poulie qui n'est pas fixe ( fig. 2 ), et vous apercevrez que dans cette situation elle ne procure aucun secours mécanique. Pour monter le poids R d'un pouce , P la puissance devra tirer les cordes B et C d'un pouce chacune , toute la corde est raccourcie , par conséquent , de deux pouces , tandis que le poids n'est monté que d'un pouce.



EMILIE.

Je comprends ; si P tiroit la corde d'un seul pouce , le poids ne seroit tiré que d'un demi pouce , parce que la force raccourciroit les cordes B et C d'un demi pouce chacune , et que , par conséquent , la poulie avec le poids qui lui est attaché ne pourroit être soulevé que d'un demi pouce.

CAROLINE.

J'en ai , je l'avoue , quelque honte ; mais je ne puis pas vous comprendre ; il me semble que le poids seroit soulevé d'autant plus que la corde seroit raccourcie par l'effet de la puissance.

MAD. B.

Je tâcherai de vous l'exqliquer plus clairement. J'attache cette corde à une chaise , et je la tire vers moi , j'ai maintenant raccourci la corde , par l'acte de la tirer d'un mètre.

CAROLINE.

Et la chaise , à ce que je suppose , a aussi avancé d'un mètre.

MAD. B.

Voilà un exemple de la poulie fixe. Mais détachez la corde et replacez la chaise là où elle étoit auparavant. Pour représenter la poulie mobile, il nous faut tirer la chaise en avant en mettant la corde autour d'elle, en attachant l'un des bouts à la jambe de la table, puis en tirant la chaise par l'autre bout de la corde. Par-là j'ai encore raccourci la corde d'un mètre, de combien la chaise a-t-elle avancé?

CAROLINE.

Je comprends à présent; la chaise représente le poids auquel la poulie mobile est attachée, et il est très-clair que le poids ne peut se tirer que de la moitié de la longueur dont vous tirez la corde. Je crois que la circonstance qui m'embarrassoit étoit que je ne remarquois pas la différence qui résulte de ce que le poids est attaché à la poulie au lieu de l'être à la corde, comme c'est le cas dans la poulie fixe.

EMILIE.

Mais je ne peux pas comprendre l'avantage



des poulies ; elles me semblent augmenter plutôt que de diminuer la difficulté de lever des poids , puisqu'il faut tirer la corde d'une longueur double de celle dont se tire le poids ; tandis qu'avec une simple poulie , ou même sans poulie , le poids est soulevé autant que la corde est tirée.

MAD. B.

L'avantage d'une poulie mobile , est de partager la peine ; il faut tirer , il est vrai , deux fois la longueur de la corde , mais alors il n'est besoin , pour cela , que de la moitié de la force qui seroit nécessaire pour lever le poids sans le secours d'une poulie mobile.

EMILIE.

En sorte que la difficulté est prévenue de la même manière qu'elle le seroit , en partageant le poids en deux parties égales , et en les montant successivement.

MAD. B.

C'est cela même. Vous devez remarquer qu'avec une poulie mobile , la vitesse de la puissance est deux fois plus grande que celle

du poids ; puisque la puissance P ( fig. 2 ) se ment de deux poudes , tandis que le poids R ne se ment que d'un pouce ; par conséquent , il n'est pas nécessaire que la puissance soit plus que la moitié du poids pour faire que leurs quantités de mouvement soient égales.

CAROLINE.

Les poulies agissent donc d'après le même principe que le levier , le manque de force de la puissance est compensé par la vitesse supérieure.

MAD. B.

Toute machine est fondée sur le même principe.

EMILIE.

Mais ne pourroit-on pas objecter aux poulies , qu'il faut plus de temps pour monter un poids en les employant qu'en ne les employant pas ; car ce qu'on gagne en force , on le perd en temps.

MAD. B.

C'est la loi fondamentale de la mécanique ; c'est le cas du levier , aussi bien que de la



poulie , et vous trouverez qu'il en est de même de toutes les autres machines.

CAROLINE.

Je ne puis voir aucun avantage dans ces machines, si ce qu'on gagne d'un côté se perd de l'autre.

MAD. B.

Puisque nous ne sommes pas capables d'augmenter notre force naturelle , n'est-ce pas une science d'une admirable utilité, que celle au moyen de laquelle nous pouvons accommoder à la portée de notre force la résistance ou le poids d'un corps quelconque ? C'est ce que les machines nous mettent en état de faire , en divisant la résistance d'un corps en parties que nous pouvons surmonter successivement. Il est vrai , comme vous le remarquez , que pour atteindre ce but , il faut quelque sacrifice de temps ; mais vous devez sentir combien il y a d'avantage à l'échanger contre une augmentation de force. L'effort le plus grand que nous puissions faire n'ajoute que fort peu à notre force naturelle , tandis que nous avons à notre disposition un temps



beaucoup moins limité. Maintenant vous pouvez comprendre que plus est grand le nombre de poulies liées à une corde, plus on lève aisément le poids, vu que la difficulté se partage entre le nombre de cordes, ou plutôt entre le nombre de parties en lesquelles la corde est divisée par les poulies. Plusieurs poulies unies ainsi, forment ce qu'on appelle un système de poulies. Vous pouvez en avoir vu suspendues aux grues pour monter les marchandises dans les magasins et pour lever les voiles dans les vaisseaux.

EMILIE.

Mais puisqu'une poulie fixe ne nous fournit point de secours mécanique, pourquoi s'en sert-on toujours ?

MAD. B.

Quoiqu'elle n'augmente pas notre force, elle est souvent utile pour en changer la direction. Une simple poulie fait qu'on peut lever le rideau, en tirant de haut en bas la corde qui lui est attachée, et l'on seroit bien loin de pouvoir exécuter cette simple opération sans ce secours.



CAROLINE.

Il y auroit certainement quelque difficulté à monter au haut du rideau pour la lever. En effet, je me souviens à présent d'avoir vu des ouvriers monter de petits poids à l'aide de ce moyen qui sembloit avoir une application très-utile.

MAD. B.

Dans le travail de l'embarquement la méthode de la poulie réunit les deux avantages d'un accroissement de force et d'un changement de direction; car les matelots montent les voiles sur les mâts depuis le pont, à l'aide du changement de direction effectué par la poulie, et le travail est facilité par la puissance mécanique d'une combinaison de poulies.

EMILIE.

Mais les poulies sur un vaisseau ne me semblent pas réunies de la manière que vous nous avez montrée.

MAD. B.

Je crois qu'elles sont, en général, réu-



nies comme le montre la figure 4, tant pour l'usage nautique que pour beaucoup d'autres ; mais de quelque manière que les poulies soient réunies par une simple corde, la puissance mécanique est la même.

La troisième machine simple est le *tour*. Supposons (pl. VI, fig. 5) que le poids R soit un seau de puits que nous montons en tournant autour de l'essieu la corde à laquelle il est attaché ; si cela peut se faire sans roue pour tourner l'essieu on n'emploie l'aide d'aucune machine. L'essieu sans roue est aussi dépourvu de force qu'une simple poulie fixe, ou qu'un levier dont le point d'appui est au centre ; mais ajoutez la roue à l'essieu, et vous trouverez de suite que le seau monte avec beaucoup moins de peine. La vitesse de la circonférence de la roue surpasse d'autant plus celle de l'essieu qu'elle est plus loin du centre de mouvement ; car la roue décrit un grand cercle dans le même espace de temps que l'essieu en décrit un petit ; par conséquent la force est augmentée dans le rapport de la circonférence de la roue, à celle de l'essieu ; si la vitesse de la roue est douze fois plus grande que celle de l'es-



sieu, une force près de douze fois moindre que le poids du seau pourra suffire à le monter.

EMILIE.

L'essieu joue le rôle du plus petit bras du levier, et la roue de celui du plus long bras.

CAROLINE.

Pour monter l'eau, je crois qu'ordinairement au lieu d'une roue attachée à un essieu, il n'y a qu'une manivelle qui remplit le but de tourner la corde autour de l'essieu, et par-là de monter le seau.

MAD. B.

De cette manière (fig. 6). Maintenant si vous observez le cercle pointé que la manivelle décrit en tournant la corde, vous apercevrez que la branche de la manivelle A, qui est unie à l'essieu, représente le rais d'une roue, et remplit le but d'une roue entière, l'autre branche B, ne fournit pas d'aide mécanique, et sert purement de manivelle pour tourner la roue.

Les roues sont une partie essentielle de plusieurs machines; elles s'emploient à plu-

sieurs usages , mais lorsqu'elles sont fixées à l'essieu , leur puissance mécanique est toujours la même ; c'est-à-dire , plus la circonférence de la roue surpasse celle de l'essieu , plus l'énergie de la puissance augmente.

CAROLINE.

Ainsi plus la roue est grande , plus son effet doit être grand.

MAD. B.

Certainement ; si vous avez vu quelque fois des moulins , ou machines de manufactures considérables , vous devez avoir été étonnée de la roue immense , dont la révolution met toute la machine en mouvement ; et quelque grand que soit l'effet qu'elle produit , un ou deux chevaux ont assez de force pour la tourner ; quelquefois un courant d'eau est employé à ce but ; mais depuis quelques années on a trouvé qu'une machine à vapeur étoit le moyen à la fois le plus puissant et le plus commode pour tourner la roue.

CAROLINE.

Les ailes d'un moulin à vent , ne représentent-elles pas une roue , Mad. B ?



## MAD. B.

Oui; et dans cet exemple nous avons l'avantage d'une force gratuite, le vent, pour tourner la roue. L'un des grands bénéfices qui résultent de l'usage des machines, est qu'elles nous donnent une sorte d'empire sur les forces de la nature, et nous permettent de leur faire exécuter un travail qui, sans cela, seroit perdu pour l'homme. Lorsque le vent, un courant d'eau, ou la force expansive de la vapeur, remplit notre tâche, nous n'avons qu'à en diriger et régler les opérations.

La quatrième machine est le *plan incliné*, c'est-à-dire toute espèce de pente qui sert à faciliter l'action de monter des poids. Il n'est pas difficile de comprendre qu'un poids peut être traîné beaucoup plus aisément le long d'une pente qu'il ne pourroit être monté à la même hauteur perpendiculairement. Mais dans cette machine, aussi bien que dans les autres, la facilité est achetée par une perte de temps (fig. 7); car il faut que le poids, au lieu de se mouvoir directement de A en C, se meuve de B en C, et plus est long le



plan relativement à la hauteur, plus aussi la résistance du poids est diminuée.

EMILIE.

Oui; car la résistance au lieu d'être bornée à la petite ligne AC se répand sur la longue ligne BC.

MAD. B.

Le *coin*, qui est la machine suivante, est composé de deux plans inclinés (fig. 8); vous pouvez l'avoir vu employer à refendre le bois. La résistance consiste dans l'attraction de cohésion du corps qu'on veut séparer par le coin; et l'avantage gagné par cette machine est dans le rapport de la moitié de sa largeur à sa longueur; car tandis que le coin pousse de force les particules cohérentes du bois, il pénètre en bas aussi loin que C.

EMILIE.

Le coin est donc une machine composée plutôt qu'une machine simple, puisqu'il est composé de deux plans inclinés.



MAD. B.

C'est vrai. Tous les instrumens à couper sont construits sur le principe du plan incliné ou du coin, ceux qui n'ont qu'un tranchant oblique, comme le ciseau, peuvent se rapporter au plan incliné, tandis que la hache et le couteau (quand on s'en sert pour fendre) font office de coin.

CAROLINE.

Mais un couteau coupe mieux, quand on le tire en glissant à travers la substance qu'on veut diviser. C'est ainsi que nous nous en servons pour couper la viande, nous ne la mettons pas en pièce comme avec une hache.

MAD. B.

La raison en est, que le tranchant d'un couteau est en réalité une scie très-fine et que par conséquent il agit mieux quand on s'en sert comme de cet instrument.

La vis, qui est la dernière machine simple, est plus compliquée que les autres. Vous verrez par cette figure (fig. 9) qu'elle est composée de deux parties, la vis et l'écrou.

La vis *V* est un cylindre , avec une protubérance en spirale collée autour d'elle , et qu'on appelle le fil de la vis ; l'écrou *EL* est percé pour recevoir la vis , et le dedans de l'écrou a une coulisse en spirale , faite pour insinuer le fil de la vis.

CAROLINE.

C'est précisément comme cette petite boîte, dont le couvercle se visse sur la boîte comme vous l'avez décrit ; mais qu'est-ce que ce manche qui ressort de l'écrou ?

MAD. B.

C'est un levier qui est attaché à l'écrou, sans lequel on n'emploie jamais la vis comme une force mécanique. La puissance de la vis, toute compliquée qu'elle paroît, peut se rapporter à une des plus simples machines : à laquelle croyez-vous ?

CAROLINE.

En apparence elle ressemble plus au tour ?

MAD. B.

Le levier, il est vrai, fait l'effet d'une roue, vu qu'il est le moyen par lequel on tourne



la vis autour de l'écrou. Mais on ne considère pas le levier comme composant une partie de la vis, quoiqu'à la vérité il lui soit nécessairement attaché. Remarquez toutefois que le levier, considéré comme une roue, n'est pas uni à l'essieu ou à la vis, mais qu'il se meut autour de lui; et que l'écrou, par ce mouvement, est forcé de monter ou descendre selon le sens dans lequel on le tourne.

EMILIE.

Je trouve que le fil spiral de la vis ressemble à un plan incliné; c'est une espèce de pente, au moyen de laquelle l'écrou monte plus aisément qu'il ne le feroit, si on le montoit perpendiculairement; cette pente sert à supporter la vis, quand elle est en repos.

MAD. B.

Très-bien; si vous coupez un morceau de papier en forme de plan incliné, et que vous le rouliez autour de votre crayon, qui représentera le cylindre, vous trouverez que le papier fait une ligne spirale qui correspond à la protubérance spirale de la vis (fig. 10).

EMILIE.

C'est vrai; l'écrou monte sur un plan incliné, mais en spirale au lieu de le faire en ligne droite; plus le fil de la vis est serré, plus il monte aisément; c'est comme de monter des marches basses au lieu de marches hautes et escarpées.

MAD. B.

Oui, excepté que l'écrou ne fait pas d'enjambées; il monte graduellement; ainsi observez que plus les fils de la vis sont serrés, plus le nombre de révolutions, que fait l'écrou, doit être grand; en sorte que nous retrouvons le principe déjà posé. — Ce qui est gagné en force est perdu en temps.

EMILIE.

La force de la vis ne peut-elle pas s'accroître par l'allongement du levier attaché à l'écrou?

MAD. B.

Assurément. La vis par l'addition du levier forme une machine très-puissante, et qu'on emploie pour la compression, soit pour monter de grands poids. Les relieurs s'en



servent pour presser les feuilles des livres; on s'en sert aussi pour les pressoirs de vin, de cidre, etc.; pour les balanciers et pour plusieurs autres usages.

Toutes les machines sont composées d'une ou de plusieurs de ces six machines simples que nous avons examinées. J'ai encore une remarque à vous faire, c'est que le frottement diminue beaucoup la force; cette circonstance doit donc être toujours prise en considération dans la construction d'une machine quelconque.

CAROLINE.

Voulez-vous dire qu'une partie de la machine frotte contre une autre partie qui lui est contigue?

MAD. B.

Oui; ce frottement est la résistance qu'éprouvent les corps forcés à se mouvoir quoiqu'appliqués l'un sur l'autre; il n'y a point dans la nature de corps parfaitement doux et unis; les métaux polis, quoiqu'ils le soient en apparence plus que tous les autres corps, sont loin de posséder réellement cette qualité; et leurs inégalités peuvent souvent s'a-

percevoir à l'aide d'une bonne loupe. Lorsque les surfaces des deux corps viennent en contact, les parties proéminentes de l'un tombent souvent dans les parties enfoncées de l'autre, et occasionnent plus ou moins de résistance au mouvement.

CAROLINE.

Mais si une machine est faite de métal poli, une montre, par exemple, le frottement ne peut-il pas être réduit à fort peu de chose?

MAD. B.

Plus les surfaces des corps sont polies, plus aussi sans doute est diminué le frottement; mais il est toujours considérable, et on calcule qu'il détruit ordinairement le tiers de la puissance d'une machine. On se sert d'huile ou de graisse pour le diminuer. Ces substances forment une espèce de poli, en remplissant les cavités des surfaces qui se frottent et en les faisant ainsi glisser plus aisément l'une sur l'autre.

CAROLINE.

Est-ce pour cette raison qu'on graisse les



roues, et qu'on huile les serrures et les gonds des portes ?

MAD. B.

Oui ; dans ces exemples , le contact des surfaces qui se frottent est si intime , et le frottement est si continuel, que quoiqu'elles soient polies et huilées il se produit beaucoup de frottement.

Il y a deux espèces de frottement ; l'un est occasionné par le glissement de la surface plate d'un corps, l'autre par le roulement d'un corps circulaire ; celui de la première espèce est de beaucoup le plus grand , car il faut une grande force pour rendre le corps glissant capable de surmonter la résistance que les aspérités des surfaces en contact opposent à son mouvement, et il faut qu'il soit soulevé au-dessus d'elles ou qu'il se fraie un chemin au travers d'elles, en les brisant ; tandis que dans l'autre espèce de frottement les parties raboteuses roulent les unes sur les autres beaucoup plus facilement. De là vient qu'on se sert souvent des roues dans le but unique de diminuer la résistance du frottement.

EMILIE.

N'est-ce pas l'un des avantages des roues de voiture ?

MAD. B.

Oui, plus la circonférence de la roue est grande, plus elle peut aisément surmonter de grands obstacles, tels que des pierres ou des inégalités de terrain. Quand, en descendant une colline escarpée, on enraie une roue, on diminue la vitesse de la voiture en augmentant le frottement.

CAROLINE.

C'est-à-dire, en convertissant le frottement roulant en frottement glissant. Et lorsqu'on met des roulettes aux pieds d'une table, pour la mouvoir plus aisément, on change le frottement glissant en frottement roulant.

MAD. B.

Il y a une autre circonstance que nous avons souvent indiquée, comme diminuant le mouvement des corps, et qui influe beaucoup sur la puissance des machines. C'est la



résistance du milieu dans lequel ils se meuvent. Tous les fluides, soit de la nature de l'air, soit de celle de l'eau, se nomment milieux; et leur résistance se proportionne à leur densité; car plus un corps contient de matière, plus est grande la résistance qu'il oppose au mouvement d'un autre corps qui vient le heurter.

EMILIE.

Il seroit donc beaucoup plus difficile de mettre en mouvement une machine sous l'eau que dans l'air ?

MAD. B.

Assurément; si une machine pouvoit être mise en mouvement dans le vide, et sans frottement, elle seroit parfaite; mais cela est impossible; la résistance de l'air doit donc enlever une grande partie de la puissance.

Nous terminerons ici nos observations sur les machines. A notre premier entretien, je tâcherai de vous donner une explication du mouvement des corps célestes.



## SEPTIÈME CONVERSATION.

---

### CAUSES DU MOUVEMENT ANNUEL DE LA TERRE.

*Des Planètes et de leur mouvement. — Du mouvement diurne de la terre et des Planètes.*

CAROLINE.

**J**E viens à vous aujourd'hui, Mad. B., tout-à-fait animée de l'esprit d'opposition ; car j'ai découvert une objection si forte à votre théorie de l'attraction, que je doute même si votre grand enchanteur Newton, avec sa baguette magique d'attraction, seroit capable de la détruire.

MAD. B.

Eh bien, ma chère Caroline, quelle est, je vous prie, cette importante objection ?

CAROLINE.

Vous dites que les corps attirent en proportion de la quantité de matière qu'ils con-



tiennent ; cependant tout le monde sait que le soleil est plus grand que la terre , pourquoi donc ne l'attire-t-il pas ? Vous ne direz pas apparemment que nous tombons sur le soleil ?

EMILIE.

Quelque plausible que semble votre objection , Caroline , je crois que vous lui donnez trop de poids ; quand nous avons sous les yeux des preuves si convaincantes de savoir et de sagacité , quand nous voyons les opinions de Newton universellement adoptées , pouvons-nous croire que quelqu'objection nouvelle vienne tout-à-coup les renverser ?

CAROLINE.

Cependant j'avoue que je n'ai pas du penchant à accorder une foi implicite aux opinions même du grand Newton ; car à quoi nous serviroit notre raison , si nous rejetions le privilège d'en faire usage en jugeant par nous-mêmes.

MAD. B.

C'est cette raison même qui nous apprend , que quand nous , novices en science , nous

élevons des objections contre les théories établies par des hommes d'un savoir éminent, nous devrions nous défier de notre propre opinion plutôt que de la leur. Je suis loin de vouloir imposer à vos questions la plus petite gêne; vous ne pouvez pas mieux vous convaincre de la vérité d'un système qu'en trouvant qu'il résiste à toutes vos attaques; mais je vous donnerai l'avis de ne pas avancer vos objections avec autant de confiance, afin que la découverte de leur foiblesse vous cause moins de mortification. Pour répondre à celle que vous venez de proposer, je puis seulement vous dire que la terre est réellement attirée par le soleil.

CAROLINE.

Prenez garde, au moins, que le soleil ne nous consume pas, Mad. B.

MAD. B.

Il n'y a pas de danger; mais notre enchanteur Newton, comme il vous plaît de l'appeler, ne peut se tirer de cette difficulté sans l'aide de quelques figures cabalistiques, que je dois tracer pour lui.



Fig. 1.

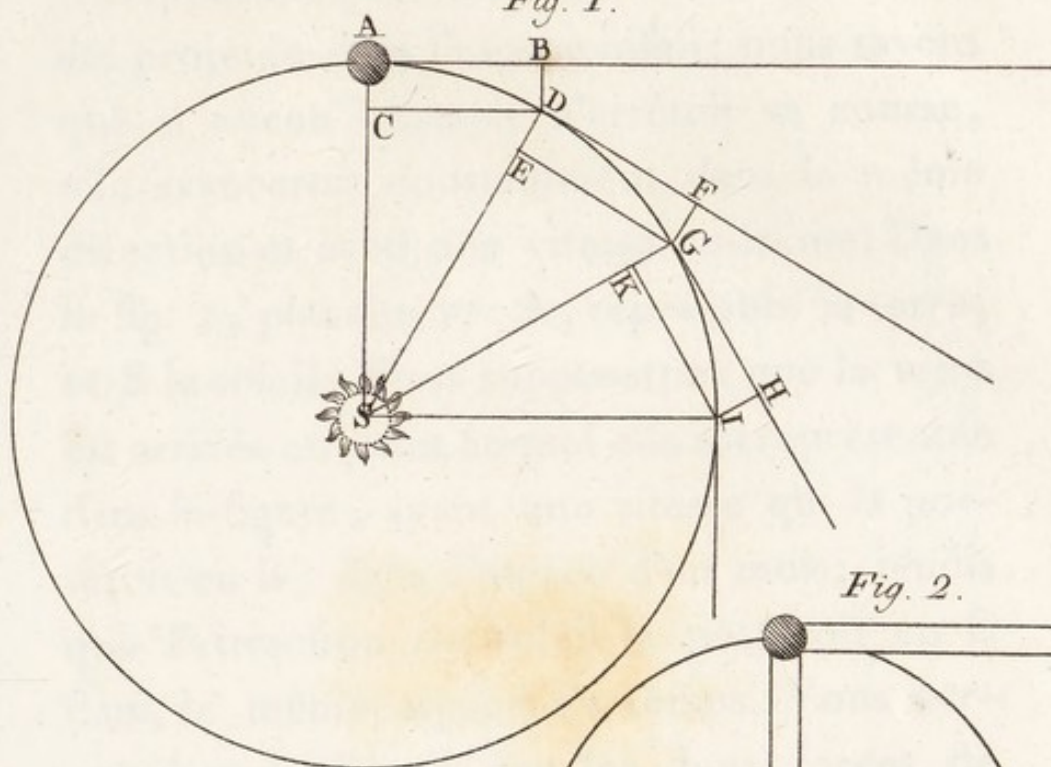


Fig. 2.

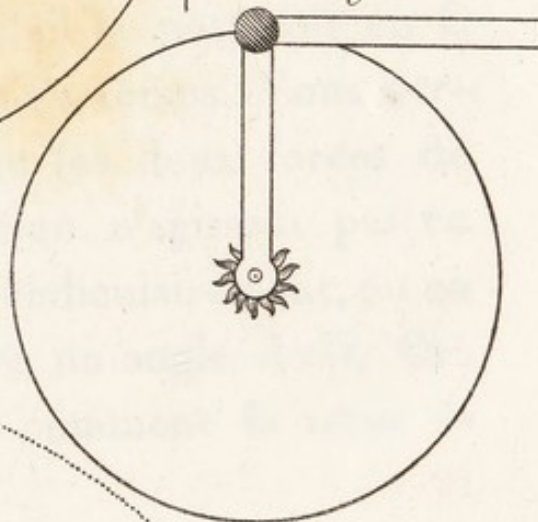


Fig. 3.

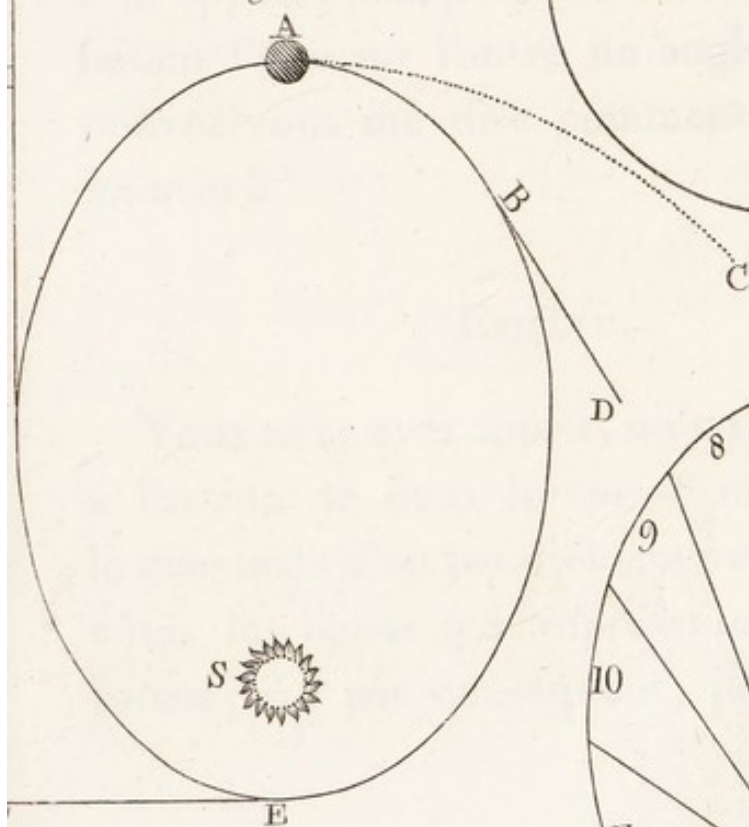
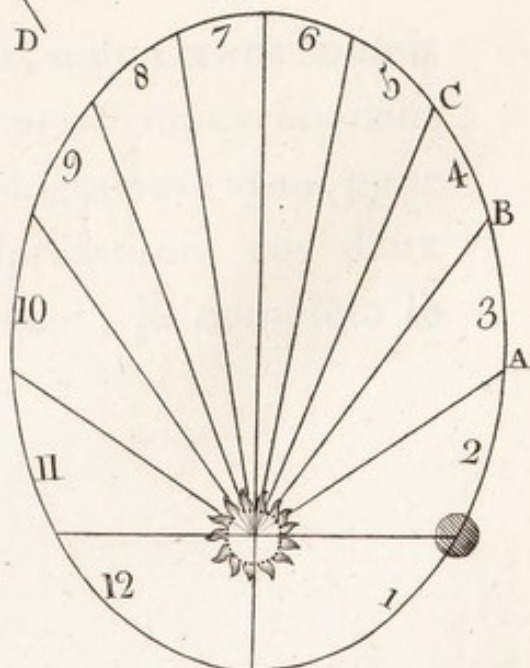


Fig. 4.







Supposons que la terre, à sa création, ait été projetée dans l'espace infini; nous savons que si aucun obstacle n'arrêtoit sa course, elle avanceroit constamment dans la même direction et avec une vitesse uniforme. Dans la fig. 1, planche VI; A, représente la terre, et S le soleil. Nous supposerons que la terre est arrivée au point auquel elle est représentée dans la figure, ayant une vitesse qui la porteroit en B, dans l'espace d'un mois; tandis que l'attraction du soleil la porteroit en C dans le même espace de temps. Vous verrez dans la figure que les deux forces de projection et d'attraction n'agissent pas en sens opposé, mais perpendiculairement, ou en faisant l'une sur l'autre un angle droit. Or, pouvez-vous me dire comment la terre se mouvra ?

EMILIE.

Vous nous avez appris, qu'un corps soumis à l'action de deux forces se mouvroit dans la diagonale d'un parallélogramme ayant pour côtés les lignes qui représentent ces deux forces; si, par conséquent, je complète le

parallélogramme en traçant les lignes  $CD$ ,  $BD$ , la terre se mouvra dans la diagonale  $AD$ .

MAD. B.

Une boule poussée par deux forces, seulement, il est vrai, dans la diagonale d'un tel parallélogramme; mais vous devez remarquer que la force d'attraction agit continuellement sur notre globe terrestre et produit une déviation constante, qui convertit la ligne droite en ligne courbe; chaque point de cette courbe peut être considéré comme étant la diagonale d'un parallélogramme infiniment petit.

Retenons un moment la terre au point  $D$ , et considérons comment elle sera affectée par l'action combinée des deux forces dans sa nouvelle situation. Elle conserve encore sa tendance à fuir en ligne droite; mais une ligne droite la porterait à présent en  $F$ , tandis que le soleil l'attireroit dans la direction  $DS$ ; comment donc avancera-t-elle?

EMILIE.

Elle ira en ligne courbe dans une direction intermédiaire entre celles des deux forces.



MAD. B.

Pour bien connoître quelle route suivra la terre, traçons un autre parallélogramme analogue au premier, dans lequel la ligne DF représente la force de projection, et la ligne DS celle d'attraction, et vous trouverez que la terre avancera dans la ligne courbe DG.

CAROLINE.

Permettez-moi à présent, Mad. B.; de tracer le parallélogramme. Laissez-moi voir dans quelle direction la force de projection poussera à présent la terre.

MAD. B.

D'abord, tracez une ligne de la terre au soleil pour représenter la force d'attraction, puis décrivez la force de projection à angle droit de cette ligne.

CAROLINE.

La terre se mouvra dans la courbe GI du parallélogramme GHIK.

MAD. B.

Vous vous rappelez qu'un corps poussé

par deux forces se meut selon la diagonale, dans le même temps qu'il se seroit mu par un des côtés du parallélogramme, s'il n'avoit été soumis qu'à l'action d'une force. La terre a passé par la courbe qu'indiquent les diagonales de ces trois parallélogrammes dans l'espace de trois mois et a décrit un quart de cercle; par le même principe elle ira jusqu'à-ce qu'elle ait complété le cercle tout entier. Alors elle recommencera la course, qu'elle a constamment parcourue depuis qu'elle est sortie de la main de son créateur, et que, selon toute apparence, elle continuera de suivre tant qu'elle subsistera.

EMILIE.

Quel grand et bel effet, résultant d'une cause si simple !

CAROLINE.

Cela donne un exemple en grand du mouvement circulaire, que vous nous avez enseigné en mécanique. L'attraction du soleil est la force centripète qui retient la terre à un centre, et l'impulsion de projection est



la force centrifuge qui sollicite la terre à s'éloigner du soleil et à fuir par la tangente.

MAD. B.

Précisément. Une manière simple d'éclaircir l'effet de ces forces combinées sur la terre, est de couper un morceau de carton en forme d'angle droit (fig. 2, planche VI); de décrire un petit cercle au sommet, qui représente la terre; et d'attacher l'extrémité de l'une des jambes de l'angle à un point fixe, que nous considérerons comme le soleil. L'angle ainsi situé représentera les deux forces, centrifuge et centripète, et si vous le faites tourner autour du point fixe, vous verrez comment la direction de la force centrifuge varie, en formant constamment une tangente au cercle dans lequel la terre se meut, vu qu'elle est constamment à angle droit avec la force centripète.

EMILIE.

La terre gravite donc vers le soleil, sans le moindre danger, soit de s'en approcher, soit de s'en éloigner. Comme tout cela est admirablement combiné ! Si les deux forces qui produisent le mouvement circulaire n'a-



voient pas été ajustées avec autant de soin, l'une auroit finalement prévalu aux dépens de l'autre, et ou nous nous serions approchés si près du soleil que nous nous serions brûlés, ou nous nous en serions tellement éloignés que nous aurions été gelés.

MAD. B.

Que direz-vous, ma chère Emilie, quand vous saurez que ces deux forces ne sont pas proportionnées de manière à produire un mouvement circulaire ?

CAROLINE.

Vous nous expliquerez donc de quelle manière nous évitons la destruction qui nous menace.

MAD. B.

Supposons que quand la terre est en A (fig. 3), sa force de projection ne fût pas suffisante pour contre-balancer celle de gravité, de manière que ces deux forces conjointement ne pussent pas la porter autour du soleil dans un cercle; la terre, au lieu de décrire la ligne AC, comme dans la première figure, s'approcheroit du soleil par la ligne AB.



## CAROLINE.

Dans ces circonstances, je ne vois pas ce qui empêche que nous n'approchions toujours plus près du soleil, jusqu'à ce que nous nous y précipitions ; car son attraction augmente à mesure que nous en approchons, et elle imprime à la terre une vitesse accélérée qui accroît le danger.

## MAD. B.

Et il y a encore un autre danger, auquel vous ne pensez pas. Remarquez que, dès que la terre approche du soleil, la direction de sa force de projection n'est plus perpendiculaire à celle d'attraction, mais qu'elle s'incline en s'en approchant toujours plus. Quand la terre est parvenue à la partie de son orbite en B, la force de projection la porteroit en D, ce qui l'approcheroit du soleil, au lieu de l'en éloigner.

## EMILIE.

Si donc nous sommes poussés vers ce centre de destruction par une force, et que nous y soyons attirés par une autre, comment est-il possible que nous échappions ?

MAD. B.

Un peu de patience, et vous trouverez que nous ne sommes pas sans ressource. La terre continue à s'approcher du soleil avec un mouvement accéléré, jusqu'à ce qu'elle arrive au point E; dans quelle direction la force de projection la pousse-t-elle alors?

EMILIE.

Dans la direction EF. Là donc les deux forces agissent perpendiculairement l'une à l'autre, et la terre est située justement comme dans la figure précédente; par conséquent depuis ce point, elle tourneroit autour du soleil dans un cercle.

MAD. B.

Non, toutes les circonstances n'y sont pas. Dans le mouvement autour du centre vous vous souvenez que la force centrifuge augmente avec la vitesse du corps, ou en d'autres termes, que plus il se meut vite, plus est grande sa tendance à fuir en ligne droite. Ainsi, quand la terre arrive en E, son mouvement accéléré a si fort accru sa vitesse,



et par conséquent sa force centrifuge, que la dernière prévaut sur la force d'attraction et pousse la terre loin du soleil, jusqu'à ce qu'elle arrive en G.

CAROLINE.

C'est donc ainsi que nous échappons au dangereux voisinage du soleil; et à mesure que nous nous en éloignons, la force de son attraction, et par conséquent la vitesse du mouvement de la terre, diminuent.

MAD. B.

Oui. Du point G, la direction de la projection tend vers H, celle de l'attraction vers S; et la terre avance entre deux avec un mouvement retardé, jusqu'à ce qu'elle ait complété sa révolution. Ainsi, vous voyez que la terre voyage autour du soleil, non dans un cercle, mais dans une ellipse, dont le soleil occupe un des foyers; et que, dans sa course, la terre alternativement s'approche et s'éloigne de lui, sans aucun danger d'être engloutie ou d'être emportée au loin dans l'espace.

CAROLINE.

Je remarque, que ce que j'appréhendois, comme une irrégularité dangereuse, est le moyen par lequel on obtient l'ordre et l'harmonie les plus parfaits.

EMILIE.

La terre voyage donc d'une manière très-inégale; sa vitesse est accélérée à mesure qu'elle approche du soleil, et est retardée à mesure qu'elle s'en éloigne.

MAD. B.

On peut démontrer mathématiquement, qu'un corps, en se mouvant autour d'un point vers lequel il est attiré, décrit des aires égales dans des temps égaux. Tout l'espace contenu en dedans de l'orbite de la terre est, dans la figure 4, divisé en un nombre d'aires ou d'espaces, 1, 2, 3, 4, etc., qui tous sont de même grandeur, quoique de formes très-différentes; quelques-uns d'eux, comme vous le voyez, sont longs et étroits, d'autres sont larges et courts, mais ils contiennent chacun une quantité égale d'espace. Une ligne imaginaire tirée du centre de la terre à celui du soleil, et



allant de la même vitesse que la terre dans sa révolution, parcourt des aires égales en temps égaux ; c'est - à - dire , si elle met un mois à aller de A en B , elle en met un à aller de B en C , et un autre de C en D , et ainsi de suite.

CAROLINE.

Quels longs voyages la terre doit faire dans le cours d'un mois dans une partie de son orbite , et comme ils sont courts dans l'autre partie !

MAD. B.

L'inégalité n'est pas si considérable qu'elle paroît dans cette figure ; car l'orbite de la terre est moins excentrique qu'elle n'y est représentée , et en réalité , elle diffère fort peu d'un cercle. Cette partie de l'orbite de la terre la plus voisine du soleil se nomme son *périhélie* ; cette partie la plus distante du soleil est son *aphélie* ; la terre est d'environ trois millions de milles ( un million de lieues ) plus près du soleil à son périhélie qu'à son aphélie.

EMILIE.

Je crois pouvoir tirer une conséquence de

ces différentes situations de la terre ; n'est-ce pas là qu'est la cause de l'été et de l'hiver ?

MAD. B.

Tout au contraire ; au fort de l'été , la terre est dans cette partie de l'orbite la plus éloignée du soleil , et c'est pendant l'hiver qu'elle s'en approche le plus.

EMILIE.

C'est très - extraordinaire ; et comment donc se fait-il que la chaleur soit plus grande quand nous sommes plus loin du soleil ?

MAD. B.

La différence de distance de la terre au soleil en été et en hiver , comparée à sa distance totale , n'est que peu de chose. La terre , il est vrai , est d'environ trois millions de milles ( un million de lieues ) plus près du soleil en hiver qu'en été ; mais cette distance , quelque grande qu'elle paroisse d'abord , est comme nulle en comparaison de 95 millions de milles ( 35 millions de lieues ) , distance moyenne du soleil. Le changement de température provenant de cette différence , seroit



à peine sensible , lors même qu'il ne seroit pas entièrement surmonté par d'autres causes qui produisent les variations des saisons ; mais je différerai de vous les dire , jusqu'à ce que nous ayons fait quelques observations ultérieures sur les corps célestes.

CAROLINE.

Et le soleil ne devoit-il pas paroître plus petit en été , quand il est beaucoup plus éloigné de nous ?

MAD. B.

Il le paroît en effet , quand on le mesure avec soin ; mais cette différence est , je crois , imperceptible à l'œil nu.

EMILIE.

Puis donc que la terre se meut avec la vitesse la plus grande , dans la partie de son orbite qui est la plus voisine du soleil , elle doit décrire une moitié de son orbite dans un temps plus court que l'autre ?

MAD. B.

Oui ; pour décrire la moitié de son orbite qui tombe sur l'été , elle met environ sept

jours de plus que pour celle qui tombe sur l'hiver.

La révolution de toutes les planètes autour du soleil est le résultat des mêmes causes, et a lieu de la même manière que celle de la terre.

EMILIE.

Qu'est-ce, je vous prie, que les planètes ?

MAD. B.

Ce sont ces corps célestes qui tournent comme notre terre autour du soleil ; on suppose qu'ils ressemblent aussi à la terre à plusieurs autres égards ; et nous sommes conduits par l'analogie à supposer qu'ils sont des mondes habités.

CAROLINE.

Je l'ai entendu dire ; mais ne croyez-vous pas qu'une telle opinion n'est que le fruit d'une imagination exaltée ?

MAD. B.

On prouve que quelques-unes des planètes sont plus grandes que la terre ; ce n'est que leur distance immense de nous, qui rend si



petites leurs dimensions apparentes. Maintenant, si nous les considérons comme des globes énormes et non comme de petits points brillans, nous serons conduits à supposer que le Tout-Puissant ne les auroit pas créés uniquement pour nous donner un peu de lumière dans la nuit, comme on l'imaginoit anciennement ; et nous trouverions qu'il est plus digne de la sagesse et de la bienfaisance divines, de supposer que ces corps célestes ont été créés pour l'habitation d'êtres qui sont, comme nous, comblés des biens de sa providence, sous le point de vue moral aussi bien que sous le point de vue physique, il me paroît plus raisonnable de considérer les planètes comme des mondes tournant autour du soleil ; et les étoiles fixes, comme d'autres soleils, dont chacun a son système respectif de planètes, sur lesquelles il exerce son influence. On a porté les télescopes à un tel degré de perfection, que, d'après l'apparence que la lune nous présente, quand nous la regardons avec ces instrumens, nous sommes conduits à croire que c'est un globe habitable ; car, quoiqu'il soit vrai que nous ne pouvons y discerner



des villes et des habitans , nous y apercevons clairement des montagnes et des vallées , et quelques astronomes ont été jusqu'à croire qu'ils y découvroient des volcans ?

EMILIE.

Si les étoiles fixes sont des soleils avec les planètes qui tournent autour d'elles , comment ne verrions-nous pas ces planètes aussi bien que leurs soleils ?

MAD. B.

Premièrement , il y a lieu de croire que les planètes des autres systèmes ( ainsi que celles du nôtre ) sont beaucoup plus petites que les soleils qui leur donnent la lumière ; par conséquent , à une si grande distance que paroissent l'être ces soleils , que nous voyons comme des étoiles fixes , les planètes seroient presque invisibles. Secondement , la lumière des planètes , étant seulement de la lumière réfléchie , est beaucoup plus foible que celle des étoiles fixes. Il y a exactement la même différence qu'entre la lumière du soleil et celle de la lune , le soleil étant supposé de la nature des étoiles fixes.



EMILIE.

Mais si les planètes sont des mondes comme notre terre, elles sont des corps obscurs, et au lieu de les voir briller pendant la nuit, nous les verrions seulement par la lumière du jour. Et comment ne voyons nous pas aussi les étoiles fixes pendant le jour ?

MAD. B.

Ces deux effets résultent de la même cause ; leur lumière est si foible, comparée à celle du soleil, qu'elle en est entièrement effacée ; la lumière émise par les étoiles fixes peut bien être aussi forte que celle de notre soleil, à une distance égale ; mais, venant de si loin, elle est répandue dans un espace plus grand, et par conséquent est affoiblie proportionnellement.

CAROLINE.

C'est vrai ; je peux voir beaucoup mieux par la lumière d'une bougie qui est près de moi, que par celle qui est à une grande distance. Mais je ne peux pas comprendre ce qui fait briller les planètes ?

MAD. B.

Qu'est-ce qui fait briller les boutons d'acier sur l'habit de votre frère ?

CAROLINE.

C'est le soleil. Mais si c'étoit le soleil qui fît briller les planètes, nous les verrions de jour, quand le soleil brille sur elles ; ou si la ténuité de leur lumière, nous empêchoit de les voir dans le jour, nous ne pourrions jamais les voir ; car le soleil ne peut pas briller sur elles la nuit.

MAD. B.

Vous êtes encore dans l'erreur. Mais, pour vous l'expliquer, je dois d'abord vous faire connoître les différens mouvemens des planètes.

Vous savez que, suivant les lois de l'attraction, les planètes qui appartiennent à notre système gravitent vers le soleil, et que cette force, combinée avec celle de projection, produit leur révolution autour du soleil dans une orbite plus ou moins elliptique, suivant le rapport de ces forces entr'elles.

Mais les planètes ont aussi un autre mou-



vement, elles tournent sur leurs axes. L'axe d'une planète est une ligne imaginaire qui passe à travers son centre, et sur laquelle elle tourne ; et c'est ce mouvement qui produit le jour et la nuit. Du côté de la planète qui regarde le soleil, il fait jour ; du côté opposé, qui reste dans l'obscurité, il fait nuit. Notre terre, que nous considérons comme une planète, met vingt-quatre heures à faire une révolution sur son axe ; par conséquent nous avons un jour et une nuit ; aussi cette révolution se nomme-t-elle mouvement diurne ou journalier de la terre ; et c'est cette révolution de la terre, de l'ouest à l'est, qui produit le mouvement apparent du soleil, de la lune et des étoiles, en sens contraire.

Supposons maintenant que nous soyons des êtres indépendans de toute planète, voyageant dans le ciel, et que nous regardions la terre du même œil que les autres planètes.

#### CAROLINE.

Il ne seroit pas flatteur pour nous, qui sommes ses habitans, de la voir d'une si petite apparence.

MAD. B.

Pour ceux qui sont accoutumés à la contempler sous ce point de vue , elle paroîtroit aussi glorieuse que jamais. La science nous apprend à nous défier des apparences ; et au lieu de considérer les astres comme des points brillans, nous les regardons comme des soleils ou comme des mondes habitables , et nous les considérons comme formant un système vaste et magnifique , digne de la main divine qui l'a créé.

EMILIE.

Je puis à peine concevoir l'idée de cette immensité de la création ; elle me semble trop sublime pour notre imagination ; ... et quand on pense que la bonté de la Providence s'étend sur des millions de mondes répandus dans un univers sans bornes !... Ah ! Mad. B., ce n'est que nous, qui devenons des êtres insignifiants dans la magnificence d'une telle création !

MAD. B.

Cette idée devoit nous porter à l'humilité, mais sans produire en nous le découragement. La même main toute puissante, qui guide ces



mondes innombrables dans leur route assurée, conduit, d'une manière non moins admirable, le sang qui circule dans les veines d'une mouche, et ouvre l'œil de l'insecte pour contempler ses merveilles. Ainsi, dans cette immensité, nous ne devons pas craindre d'être oubliés ou abandonnés.

Mais, pour en revenir à notre situation dans le ciel, nous considérons, si vous vous le rappelez, la terre à une grande distance, ayant l'apparence d'une petite étoile, l'un des côtés éclairé par le soleil, l'autre dans l'obscurité. Mais le croiriez-vous, Caroline ? plusieurs habitans de cette petite étoile s'imaginent que quand la partie qu'ils habitent est tournée de l'autre côté du soleil, l'obscurité s'étend sur tout l'univers, seulement parce qu'il fait nuit chez eux ; tandis qu'en réalité, le soleil ne cesse jamais d'éclairer chaque planète. Quand par conséquent ces petits êtres ignorans regardent autour d'eux pendant leur nuit, et qu'ils aperçoivent que toutes les étoiles brillent, ils ne peuvent concevoir, pourquoi les planètes, qui sont des corps obscurs, pourroient briller ; jugeant, parce

que le soleil ne les éclaire pas, que l'univers doit être dans les ténèbres.

CAROLINE.

J'avoue que j'étois un de ces êtres ignorans; mais je sens à présent toute l'absurdité d'une telle idée. Ainsi, aux habitans des autres planètes nous devons paroître une petite étoile ?

MAD. B.

Oui, aux habitans de celles qui tournent autour du soleil; car puisque celles qui appartiennent à d'autres systèmes, (et dont l'existence n'est qu'hypothétique) sont invisibles à nos yeux, il est probable, que nous sommes aussi invisibles aux leurs.

EMILIE.

Mais ne peuvent-ils pas voir notre soleil comme une étoile fixe ?

MAD. B.

Sans doute, s'ils sont doués de sens semblables aux nôtres. Par la même raison, nous devons paroître aux habitans de la lune comme une espèce de lune, mais bien plus



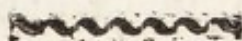
grande, vu que la surface de la terre est environ onze fois aussi grande que celle de la lune.

**EMILIE.**

Mad. B., la lune paroît se mouvoir dans une direction différente de celle des étoiles.

**MAD. B.**

Je différerai de vous expliquer le mouvement de la lune, jusqu'à notre prochain entretien; vu que, sans cela, la leçon d'aujourd'hui se prolongeroit trop.



---

## HUITIÈME CONVERSATION.

---

### DES PLANÈTES.

*Des Satellites ou lunes. — La Gravité diminue comme le carré de la distance augmente. — Du Système solaire. — Des Comètes. — Constellations , Signes du Zodiaque. — Copernic , Newton etc.*

MAD. B.

**L**ES planètes se distinguent en primaires et secondaires. Celles qui tournent immédiatement autour du soleil se nomment primaires. Quelques-unes sont accompagnées, dans leur cours, de planètes plus petites, qui tournent autour d'elles, et que l'on nomme planètes secondaires, satellites ou lunes. Telle est notre lune qui accompagne la terre, et qui est emportée autour du soleil avec elle.

EMILIE.

Comment donc pouvez-vous concilier le mouvement des planètes secondaires avec les lois de la gravitation ? car le soleil est



beaucoup plus grand que toutes les planètes primaires ; et la force de gravité n'est-elle pas proportionnelle à la quantité de matière ?

CAROLINE.

Quoique beaucoup plus grand, le soleil est peut-être moins dense que les planètes. Vous savez que le feu est très-léger ; il peut contenir fort peu de matière, quoi qu'il soit d'une grande étendue.

MAD. B.

Nous ne savons pas de quelle espèce de matière le soleil est composé ; mais nous pouvons être sûrs, que, puisqu'il est le centre général d'attraction de notre système planétaire, c'est nécessairement, dans ce système, le corps qui contient la plus grande quantité de matière.

Vous devez vous rappeler, que la force d'attraction est non-seulement proportionnelle à la quantité de matière, mais encore au degré de proximité du corps attractif ; cette force s'affoiblit en s'étendant, et diminue comme le carré des distances augmente.

Le carré est le produit d'un nombre par lui-



même ; en sorte qu'une planète, située à une distance double de celle à laquelle nous sommes du soleil , graviteroit quatre fois moins que nous ; car le produit de deux par lui-même est quatre.

CAROLINE.

Ainsi les planètes les plus distantes se meuvent plus lentement dans leurs orbites ; en effet, leur force de projection doit se proportionner à celle d'attraction. Mais je ne vois pas comment il en résulte que les planètes secondaires tournent autour des primaires plutôt qu'autour du soleil.

EMILIE.

N'est-ce pas parce que la proximité des planètes primaires rend leur attraction plus forte que celle du soleil ?

MAD. B.

Précisément. Mais puisque l'attraction est mutuelle entre les corps , les planètes primaires sont aussi attirées par les satellites qui tournent autour d'elles. La lune attire la terre , aussi bien que la terre attire la lune ; mais comme la dernière est plus pe-



lune, son attraction est proportionnellement moindre; par conséquent, la terre ne tourne pas autour de la lune, la lune ne tourne pas autour de la terre; mais toutes deux tournent autour d'un point qui est leur centre commun d'attraction et qui est plus près de la terre que de la lune, d'autant que l'attraction de la première l'emporte sur celle de la seconde.

EMILIE.

Ah oui; je me rappelle que vous disiez, que si deux corps étoient attachés ensemble à une barre de fer, leur centre commun de gravité seroit au milieu de la barre, pourvu que les corps fussent de poids égal; et que s'ils différoient de pesanteur, il seroit plus près du plus grand corps. — Si la force de projection n'empêchoit pas la terre et la lune de céder à leur attraction mutuelle, elles se rencontreroient à leur centre commun de gravité.

CAROLINE.

La terre a donc une grande variété de mouvemens, elle tourne autour du soleil,



sur son axe , et autour du point vers lequel la lune l'attire.

MAD. B.

Précisément ; et c'est le cas de toute planète qui a des satellites. L'effet compliqué de cette variété de mouvemens produit certaines irrégularités , auxquelles nous ne nous arrêterons pas dans ce moment.

Les planètes agissent sur le soleil de la même manière que leurs satellites agissent sur elles ; car vous devez vous souvenir que l'attraction est toujours mutuelle ; mais la pesanteur des planètes ( même prise collectivement ) est si petite , comparée à celle du soleil , qu'elles ne peuvent faire mouvoir ce dernier au-delà de la moitié de son diamètre. Les planètes par conséquent ne tournent pas autour du centre du soleil , mais autour d'un point qui en est très-peu éloigné , et autour duquel tourne aussi le soleil.

EMILIE.

Je croyois que le soleil étoit immobile ?

MAD. B.

Vous vous trompiez ; car , outre le mou-



Fig. 1.

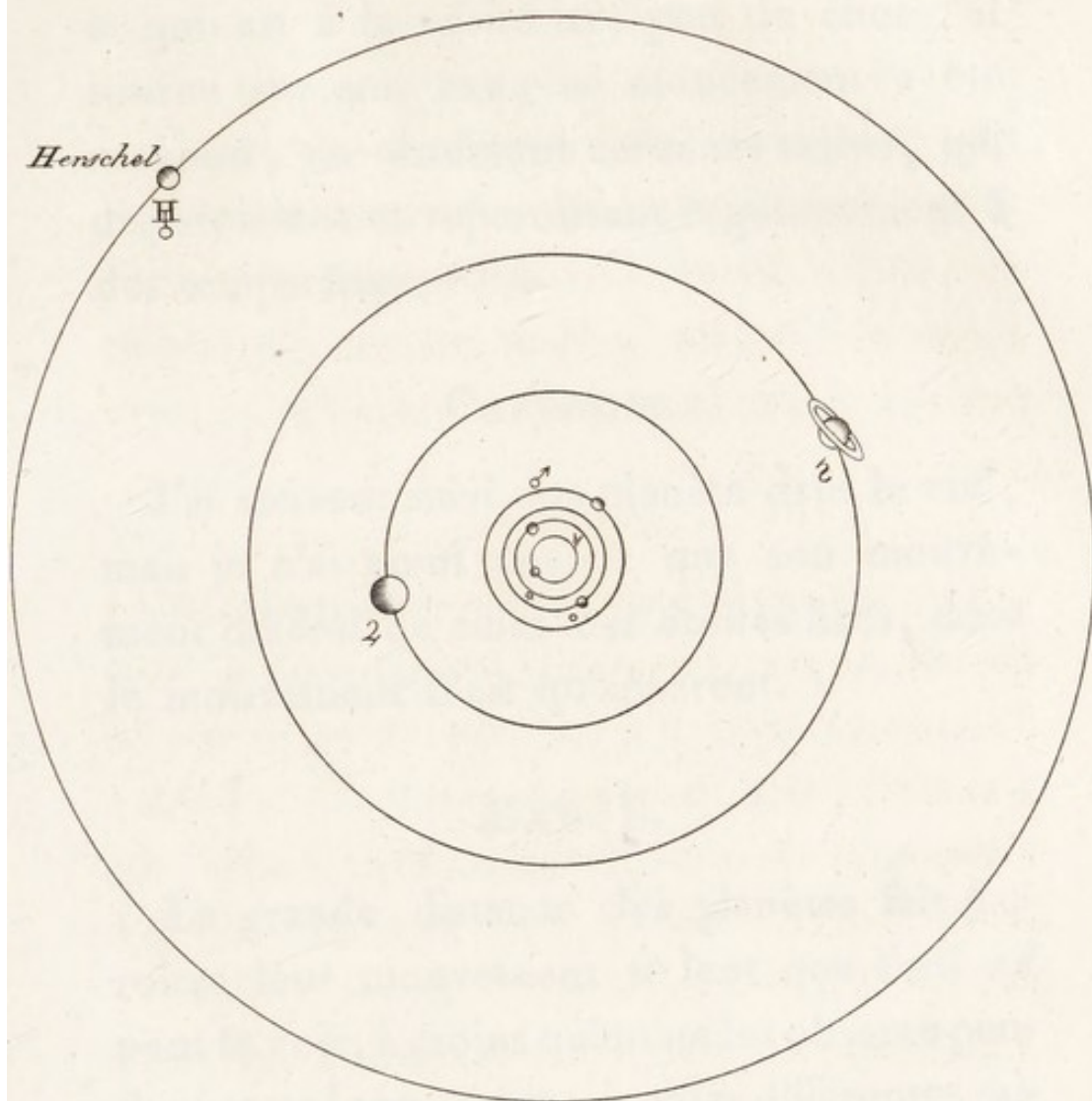
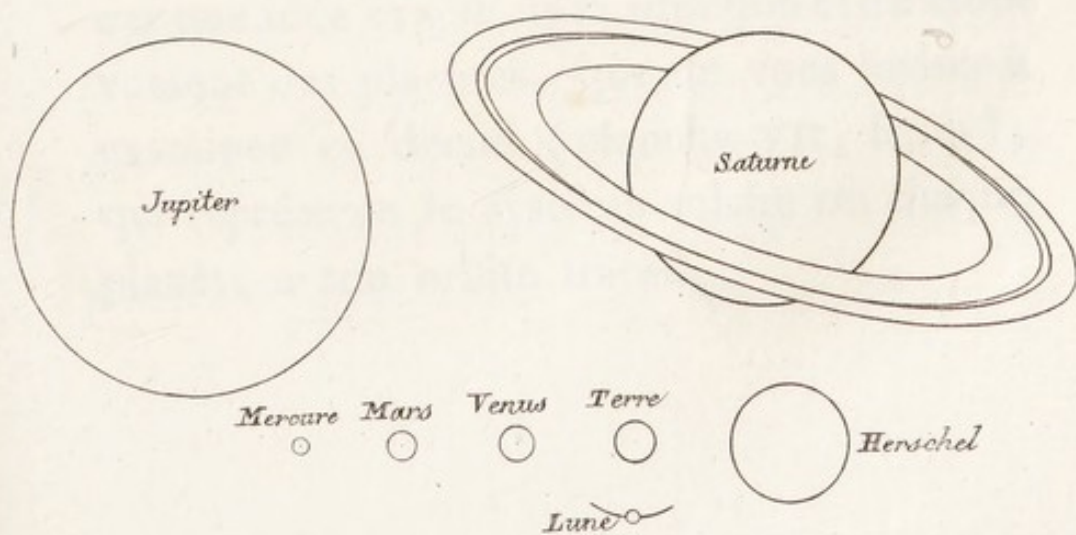


Fig. 2.







vement que je viens de vous mentionner, et qui est à la vérité très-peu de chose, il tourne sur son axe; ce mouvement a été reconnu, en observant certaines taches, qui disparaissent et reparoissent régulièrement à des temps fixes.

CAROLINE.

J'ai souvent suivi une planète dans le ciel, mais je n'ai point aperçu que son mouvement différât de celui des étoiles fixes, dont le mouvement n'est qu'apparent.

MAD. B.

La grande distance des planètes fait paroître leur mouvement si lent que l'œil ne peut le voir, à moins qu'on ne les observe pendant assez long-temps; dans les différentes saisons, elles paroissent à des régions différentes du ciel. Je ne puis mieux faire, pour vous donner une idée exacte de la situation et du mouvement des planètes, que de vous inviter à examiner ce dessin (planche VII, fig. 1), qui représente le système solaire où chaque planète a son orbite tracée.



EMILIE.

Mais les orbites y sont toutes circulaires, et vous disiez qu'elles sont elliptiques. Les planètes paroissent aussi se mouvoir autour du centre du soleil; tandis que vous nous disiez qu'elles se meuvent autour d'un point à une petite distance de ce centre.

MAD. B.

Les orbites des planètes sont si près d'être circulaires, et le centre commun de gravité du système solaire est si près d'être le centre du soleil, que ces écarts sont à peine dignes d'être pris en considération. Vous trouverez les dimensions des planètes dans leurs vraies proportions tracées dans la figure 2.

Mercury est la planète la plus proche du soleil; son orbite est par conséquent contenue dans la nôtre; mais sa proximité du soleil fait qu'il se perd presque dans la splendeur de ses rayons; et quand on voit le soleil, il est si éblouissant, qu'on ne peut pas faire des observations exactes sur Mercury. Il fait sa révolution autour du soleil environ en 87 jours, ce qui est par conséquent la lon-



gueur de son année. On ne connoît pas le temps de sa rotation sur son axe. On a calculé que sa distance du soleil est de 37 millions de milles (12 millions de lieues); et que son diamètre est de 3180 milles (160 lieues). La chaleur de cette planète est si grande que l'eau ne peut y exister qu'à l'état de vapeur, et les métaux y seroient liquéfiés.

CAROLINE.

Oh, quel climat terrible !

MAD. B.

Quoique nous n'y pussions pas vivre, il peut parfaitement être adapté à d'autres êtres destinés à l'habiter.

Vénus qui est la planète suivante, est à 68 millions de milles (23 millions de lieues) du soleil; elle tourne sur son axe en 23 heures et 21 minutes, et autour du soleil en 244 jours, 17 heures. L'orbite de Vénus est aussi en dedans de la nôtre; pendant une moitié de son cours, nous la voyons se lever avant le soleil, et on l'appelle l'étoile du matin; dans l'autre partie de son orbite, elle se lève après le soleil.



CAROLINE.

En ce cas, nous ne pouvons pas la voir,  
car elle doit se lever dans le jour?

MAD. B.

C'est vrai ; mais quand elle se lève après  
le soleil, elle se couche aussi après lui, en-  
sorte que nous l'apercevons s'approchant de  
l'horizon après le coucher du soleil ; on l'ap-  
pelle alors Hesperus, Vesper, ou l'étoile du  
soir. Rappelez-vous ces vers magnifiques de  
Milton (1) :

Mais enfin la nuit vient, et le peuple des fleurs  
A du soir par degrés revêtu les couleurs.

Le silence la suit ; les troupeaux s'accroupissent,  
Tous les oiseaux muets dans leurs nids se tapissent,  
Tous, hors le rossignol, qui, d'un ton amoureux,  
Répète dans la nuit ses refrains douloureux.  
Il chante, l'air répond, et le silence écoute.

Cependant de saphirs les cieux peignent leur voûte,  
Précurseur radieux des astres de la nuit,  
Le brillant Hesperus en pompe les conduit.  
Au milieu du repos, de l'ombre et du silence,  
D'un air majestueux leur reine enfin s'avance ;  
Et, versant sur le monde une tendre clarté,  
De son trône d'azur jette un voile argenté.

---

(1) *Traduction de Delille* Livre IV. vers 773 ;  
*Milton* Livre IV. vers 598. (*Note du Traducteur.*)



La planète qui suit Vénus est la Terre, dont nous parlerons bientôt à fond. Je me contenterai à présent de remarquer, que nous sommes à 34 millions de lieues du soleil; que nous faisons notre révolution annuelle en 365 jours, 5 heures et 49 minutes; et que nous sommes accompagnés dans notre route par une seule lune.

Après nous vient Mars. Il ne peut jamais venir entre nous et le soleil, comme Mercure et Vénus. Mais son mouvement est très-visible, vu qu'il peut être suivi dans différentes régions du ciel; sa distance du soleil est de 144 millions de milles (48 millions de lieues); il tourne sur son axe en 24 heures et 39 minutes; et il fait sa révolution annuelle environ en 687 de nos jours; son diamètre est de 4120 milles (1040 lieues).

Suivent après quatre planètes très-petites, Junon, Cérès, Pallas et Vesta, qu'on a découvertes récemment, mais dont on n'a pas reconnu très-exactement les dimensions et les distances au soleil.

Jupiter vient ensuite; c'est la plus grande de toutes les planètes. Il est environ à 490



millions de milles (163 millions de lieues) du soleil, et il fait sa révolution annuelle à peu près en douze de nos années. Il tourne sur son axe environ en 10 heures. Il est plus de 1200 fois aussi grand que notre terre ; son diamètre étant de 86,000 milles, (28,666 lieues). On ne peut donc pas, comme vous le voyez, tracer convenablement sur un dessin les proportions respectives des planètes. — Jupiter est accompagné de quatre satellites.

La planète suivante est Saturne dont la distance au soleil est d'environ 900 millions de milles, (300 millions de lieues) ; sa rotation diurne s'exécute en 10 heures et un quart ; sa révolution annuelle, à peu près en 30 de nos années. Son diamètre est de 79,000 milles (26,333 lieues). Cette planète est entourée d'un anneau lumineux, sur la nature duquel les astronomes ne savent à quelle conjecture s'arrêter. Il a sept satellites.

Enfin nous remarquons le Georgium Sidus (1), planète découverte par le D.<sup>r</sup> Herschel, et qui est accompagnée de six satellites.

---

(1) Appelé aussi *Uranus* ou *Herschel*.



CAROLINE.

Comme il doit être agréable dans ces planètes éloignées de voir briller plusieurs lunes en même temps ! Je crois que j'aimerois être une habitante de Jupiter ou de Saturne.

MAD. B.

Pas long-temps, je pense. Considérez quel froid extrême il doit faire dans une planète comme Saturne, presque dix fois plus éloignée du soleil que nous. Ces nombreuses lunes sont loin de paroître si brillantes que la nôtre ; car elles ne réfléchissent que la lumière qu'elles reçoivent du soleil ; et leur clarté et leur chaleur décroissent avec la distance dans le même rapport que la gravité. Pouvez-vous me dire à présent , combien la lumière dont nous jouissons est plus grande que celle dont jouit Saturne ?

CAROLINE.

Le carré de dix est cent ; par conséquent Saturne en a cent fois moins , ou , pour répondre exactement à votre question , nous avons cent fois plus de lumière et de

chaleur que Saturne. Cela n'augmente pas certes mon désir d'être au nombre des misérables habitans de cette planète.

MAD. B.

Les habitans de Mercure ne peuvent-ils pas, avec autant de raison, nous plaindre du froid insupportable qui résulte de notre situation ; et ceux de Jupiter et de Saturne nous plaindre de la chaleur intolérable de la terre ? La Toute-puissance, qui créa ces planètes et les plaça dans leurs orbites, les a sans doute peuplées d'êtres dont les corps sont adaptés aux températures variées et aux élémens dans lesquels ils sont placés. C'est là du moins ce qu'indiquent l'analogie et la bienfaisance universelle et inépuisable de la Providence.

CAROLINE.

Ne suppose-t-on pas que les comètes sont aussi des planètes ?

MAD. B.

On le suppose avec raison ; car, par le retour de quelques-unes d'entr'elles à des



époques fixes, on reconnoît qu'elles tournent autour du soleil, mais dans des orbites si fort excentriques, qu'elles disparoissent pendant un grand nombre d'années. Si elles sont habitées, il faut qu'elles le soient par une autre espèce d'êtres très-différens, non-seulement des habitans de notre planète, mais encore de ceux de toutes les autres, vu qu'elles doivent éprouver les plus grandes vicissitudes de chaleur et de froid; en effet, une partie de leur orbite est si près du soleil, que, calcul fait, leur chaleur doit surpasser celle du fer rouge; alors la comète émet une vapeur lumineuse, qu'on appelle la queue; elle la perd graduellement, à mesure qu'elle s'éloigne du soleil; et la comète elle-même disparoît totalement à notre vue dans la partie de son orbite la plus distante, qui s'étend fort au-delà de l'orbite de la planète la plus éloignée.

On ne peut pas reconnoître le nombre des comètes de notre système. Quelques-unes d'entr'elles sont des centaines d'années avant de reparoître. Nous n'en connoissons que trois par leur retour régulier.



EMILIE.

Qu'est-ce, je vous prie, Mad. B., que les constellations?

MAD. B.

Ce sont les étoiles fixes, que les astronomes, dès les plus anciens temps, ont formées en groupes, pour les reconnoître plus aisément, et auxquelles ils ont donné les noms des figures que vous voyez tracées sur le globe céleste. Pour représenter leur vraie situation, elles devroient être dessinées sur la surface intérieure d'une sphère creuse, du centre de laquelle vous les regarderiez; vous les verriez alors, comme elles paroissent être situées dans le ciel. Les douze constellations, nommées signes du Zodiaque, sont celles qui sont situées de manière que la terre, dans son mouvement annuel, passe directement entr'elles et le soleil. Leurs noms sont (1) le belier, le taureau, les gémeaux, le cancer, le lion, la vierge; la balance, le scorpion,

---

(1) Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo, Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.



le sagittaire, le capricorne, le verseau, les poissons. Elles occupent un cercle complet, ou plutôt une large zône du ciel, qu'on nomme *Zodiaque* (pl. VIII fig. 1). Ainsi une ligne droite, menée de la terre et passant par le soleil, atteindroit une de ces constellations, et on dit que le soleil est dans la constellation à laquelle la ligne se termine; ainsi, quand la terre seroit en A, le soleil paroîtroit être dans la constellation du bélier; quand elle seroit en B, il paroîtroit dans le cancer; quand elle seroit en C, il seroit à la balance; et quand elle seroit en D, il seroit au capricorne. Ce cercle dans lequel le soleil paroît ainsi se mouvoir, et qui passe par le milieu du zodiaque, se nomme *écliptique*.

#### CAROLINE.

Mais, sur cette figure plusieurs étoiles de ces constellations semblent au-delà du zodiaque.

#### MAD. B.

Nous n'avons pas de moyens pour reconnoître la distance des étoiles fixes. Quand par conséquent on dit qu'elles sont dans le



zodiaque, c'est simplement dire, qu'elles sont dans cette direction, et qu'elles brillent sur nous à travers cette portion du ciel que nous appelons Zodiaque.

EMILIE.

Mais ces grandes étoiles brillantes, qu'on appelle étoiles de première grandeur, ne sont-elles pas plus près de nous que ces petites que nous discernons à peine ?

MAD. B.

Cela se peut ; ou bien la différence de grandeur et d'éclat des étoiles peut provenir de leur différence de dimensions ; c'est un point que les astronomes n'ont pu déterminer. En les considérant comme des soleils, je ne vois pas de raison pour que des soleils différens ne variassent pas de grandeur aussi bien que les planètes qui leur appartiennent.

EMILIE.

Que ce système est admirable, et qu'il est étonnant de penser que chaque étoile fixe peut probablement être accompagnée d'un assemblage de planètes !



CAROLINE.

Vous m'accuserez d'être très - incrédule ; mais je ne puis m'empêcher de conserver encore quelque doute , et de craindre qu'il n'y ait plus de beauté que de vérité dans ce système. Il peut certainement exister ; mais il me semble qu'il n'est pas établi sur des preuves suffisantes. Il paroît si simple et si naturel que la terre soit sans mouvement , et que le soleil et les étoiles tournent autour d'elle ; vous conviendrez que votre système solaire est directement contraire au témoignage de nos sens.

MAD. B.

Nos sens nous trompent si souvent , que nous ne devons pas y avoir une foi implicite.

CAROLINE.

A quoi pouvons-nous donc nous fier ; toutes nos idées ne viennent-elles pas des sens ?

MAD. B.

Il est vrai que les sens sont pour nous la première source de connoissance ; mais l'âme



a le pouvoir de réfléchir , de juger et de décider sur les idées reçues par les organes. Cette faculté que nous appelons raison nous a fréquemment prouvé que nos sens sont sujets à se tromper. Si vous avez été à voile sur l'eau avec un vent très - fort, vous devez avoir vu les maisons, les arbres et tous les objets se mouvoir quand vous avanciez.

CAROLINE.

Je me souviens de l'avoir cru, quand j'étois très-jeune; mais je sais bien à présent que le mouvement de ces corps n'est qu'apparent. Il est vrai que ma raison, dans ce cas, corrige l'erreur de ma vue.

MAD. B.

Elle vous apprend que le mouvement apparent des objets sur le rivage provient de votre propre mouvement, et que vous ne le sentez pas parce que vous ne rencontrez point de résistance. Ce n'est que lorsque quelque obstacle empêche notre mouvement, que nous le sentons; et si vous étiez les yeux fermés à voguer sur une eau calme avec un vent constant, vous n'apercevriez pas votre mou-



vement; car vous ne pourriez le sentir, et vous ne pourriez le voir qu'en observant le changement de place des objets sur le rivage. Il en est de même du mouvement de la terre; tout ce qui est à sa surface, ainsi que l'air environnant, l'accompagne dans sa révolution; ce mouvement ne rencontre pas de résistance; ainsi, comme l'équipage d'un vaisseau qui vogue avec un vent constant sur une mer calme, nous ne sentons point notre mouvement.

CAROLINE

Mais la principale raison pour laquelle l'équipage d'un vaisseau sur une mer calme ne s'aperçoit pas de son mouvement, c'est parce qu'il se meut fort lentement; tandis que la terre, comme vous nous l'avez dit, se meut avec une grande vitesse.

MAD. B.

Ce n'est pas parce qu'il se meut lentement, mais parce qu'il se meut avec une vitesse constante et sans éprouver de résistance irrégulière, que l'équipage d'un vaisseau ne s'aperçoit pas de son mouvement; car il ne le sentiroit pas mieux par un vent très-fort, pourvu



qu'il fût constant, et qu'il poussât le navire sans agiter l'eau; mais cette dernière condition, comme vous le savez, est impossible, car le vent produit toujours des vagues, qui offrent plus ou moins de résistance au vaisseau, et aussitôt le mouvement devient sensible, parce qu'il est inégal.

CAROLINE.

Mais l'équipage d'un vaisseau a une preuve de son mouvement, quoiqu'insensible, que les habitans de la terre n'ont pas, le mouvement apparent des objets sur le rivage.

MAD. B.

N'avons-nous pas une preuve semblable du mouvement de la terre dans le mouvement apparent du soleil et des étoiles? La terre, en tournant sur son axe, passe successivement sous toutes les étoiles; celles-ci, comme les objets du rivage vus d'un vaisseau, nous paraissent se mouvoir, tandis que c'est nous qui cheminons. J'ai entendu dire qu'un voyageur aérien, dans un ballon, au moment où il descendoit, avoit observé que la terre lui sembloit tomber



vers le ballon , et non le ballon vers la terre.

C'est une loi que nous découvrons partout dans la nature , et qui est bien digne de son auteur , que toutes les fins qu'il se propose sont accomplies par les moyens les plus simples ; et quelle raison avons-nous de supposer que cette loi soit enfreinte pour nous laisser en repos , tandis que le soleil et les étoiles se mouvroient autour de nous ? Les mouvemens réguliers qu'ils exécutent et qui , dans la première supposition , sont fort bien expliqués par les lois de l'attraction , seroient inintelligibles dans la dernière. Ainsi l'ordre et l'harmonie de l'Univers seroient détruits. Pensez quel immense circuit le soleil et les étoiles feroient par jour , si leur mouvement apparent étoit réel. Nous savons que plusieurs de ces astres sont des corps plus grands que notre terre ; nos yeux tâcheroient en vain de nous persuader qu'ils sont des points brillans répandus dans le ciel , quand la science nous apprend que ce sont d'immenses sphères dont les dimensions apparentes sont diminuées par la distance. Ces globes énormes , ne parcour-



roient-ils chaque jour cet espace immense ,  
que pour tenir lieu du simple mouvement de  
la terre sur son axe ?

CAROLINE.

Je crois que je dois me tenir pour convaincue. Mais j'espère que vous m'accorderez un peu de temps pour me familiariser avec une idée si différente de celle à laquelle j'étois accoutumée. Et quel est, je vous prie, la vitesse de notre mouvement ?

MAD. B.

Le mouvement, produit par la révolution de la terre sur son axe, est d'environ onze milles ( 3 lieues et  $\frac{2}{3}$  ) par minute pour un habitant de Londres.

EMILIE.

Est-ce que toute partie de la terre ne se meut pas de la même vitesse ?

MAD. B.

Un moment de réflexion vous convaincra du contraire. Une personne à l'équateur doit se mouvoir plus vite que celle qui est près



des pôles , puisque l'une et l'autre exécutent leur révolution en 24 heures.

EMILIE.

C'est vrai ; l'équateur est plus loin de l'axe de mouvement. Mais dans la révolution de la terre autour du soleil , toutes les parties doivent se mouvoir avec une égale vitesse ?

MAD. B.

Oui , et cette vitesse est d'environ un millier de milles ( 353 lieues ) par minute.

CAROLINE.

Que c'est étonnant ! . . . . et que nous puissions ne point sentir un mouvement si rapide ! Vous ne vouliez pas me le dire plutôt , Mad. B. , de peur d'augmenter mon incrédulité.

Avant Newton , ne supposoit-on pas que la terre étoit le centre du système , et que le soleil , la lune et les étoiles tournoient autour d'elle ?

MAD. B.

C'étoit le système de Ptolémée ; mais dès le commencement du 16.<sup>e</sup> siècle , on l'avoit

écarté, et le système solaire avoit été établi par le célèbre astronome Copernic, et même il a pris son nom. Mais la théorie de l'attraction, la source d'où d'écoule ce bel et harmonieux arrangement, c'est ce qui est dû au puissant génie de Newton, qui fleurit beaucoup plus tard.

EMILIE.

Il me semble en effet qu'il étoit moins difficile de tracer par l'observation le mouvement des planètes, que de deviner par quelle force elles sont poussées et guidées. Je m'étonne comment l'idée de l'attraction a pu se présenter à Newton ?

MAD. B.

Elle lui fut suggérée, dit-on, par une circonstance dont on n'auroit pas pensé que dût naître une si belle théorie. Pendant la peste de l'année 1665, Newton se retira à la campagne pour éviter la contagion; étant assis un jour dans un verger, il vit, ajoute-t-on, une pomme tomber d'un arbre, et il fut conduit à rechercher quelle pouvoit être la cause de sa chute,



## CAROLINE.

Si j'osois l'avouer, Mad. B., je dirois qu'une telle recherche indiquoit plutôt un défaut d'intelligence qu'aucune supériorité. Je ne comprends pas comment on peut s'étonner d'une chose si naturelle et si commune.

## MAD. B.

C'est la marque d'un génie supérieur que de trouver matière à la surprise, à l'observation, à la recherche, dans des circonstances qui paroissent triviales à un esprit ordinaire, parce qu'elles sont communes, et dont on se contente, parce qu'elles sont naturelles, sans réfléchir que la nature est notre grand champ d'observation, qu'elle contient le magasin de nos connoissances; en un mot, qu'étudier les œuvres de la nature, c'est apprendre à apprécier et à admirer la sagesse de Dieu. Ainsi, supposant toujours que le petit fait soit vrai, c'est la simple circonstance de la chute d'une pomme qui a fait découvrir les lois sur lesquelles le système de Copernic se fonde, et quel que soit le crédit que ce système a obtenu auparavant, il repose à présent sur une base qui ne peut être ébranlée.

## EMILIE.

C'étoit une pomme très - fortunée et plus digne d'être chantée par les poètes que toutes celles qui l'ont été. La pomme de discorde pour laquelle les déesses disputèrent, les pommes d'or par lesquelles Atalante gagna le prix de la course, et même la pomme que Guillaume Tell abattit sur la tête de son fils, ne peuvent pas se comparer à celle-ci !





---

## NEUVIÈME CONVERSATION.

---

### DE LA TERRE.

*Du Globe terrestre. — De la figure de la terre. — Du pendule. — De la variation des saisons et de la longueur des jours et des nuits. — Des causes de la chaleur de l'été. — Du temps solaire , sidéral , et moyen.*

MAD. B.

COMME la terre est la planète à laquelle nous nous intéressons plus particulièrement, je me propose, ce matin, de vous expliquer les effets qui résultent de ses mouvemens annuel et diurne; mais auparavant il sera nécessaire de vous faire connoître le globe terrestre. Vous n'avez ni l'une ni l'autre, je présume, pris des leçons de sphère?

CAROLINE.

Non; j'ai seulement appris par cœur les noms des lignes marquées sur le globe, mais

comme on m'avoit dit que ce n'étoient que des divisions imaginaires, elles ne m'ont pas paru dignes d'attention, et elles ont été bientôt oubliées.

MAD. B.

Vous supposiez donc, que c'étoit sans motif que les astronomes s'étoient donné la peine d'inventer toutes ces lignes. Il me sera impossible de vous expliquer les effets particuliers du mouvement de la terre avant que vous ayez acquis une connoissance de ces lignes; vous les trouverez dessinées dans la planche VIII, fig. 2. Il faut que vous les appreniez parfaitement, si vous voulez faire quelques progrès dans l'astronomie.

CAROLINE.

Je les avois apprises si jeune, que je n'en pouvois pas comprendre le sens; et cependant je vous ai souvent entendu dire que le seul usage des paroles est de communiquer les idées.

MAD. B.

Les noms de ces lignes auroient pu vous suggérer l'idée des figures qu'elles représen-



tent ; quoiqu'à cette époque l'usage de ces figures eût été pour vous trop difficile à comprendre. L'enfance est l'âge où les impressions se font sur la mémoire avec le plus de force et de facilité. C'est à cette époque qu'il conviendrait de faire une grande provision d'idées , dont l'application pourroit se faire ensuite , quand l'entendement seroit plus développé. C'est , je crois , une erreur de penser que les enfans ne doivent apprendre que les choses qu'ils peuvent comprendre parfaitement. Si vous aviez été familiarisée de bonne heure avec les termes qui se rapportent à la figure et au mouvement , ce premier travail auroit facilité vos progrès dans la philosophie naturelle. J'ai été obligée de me borner aux expressions les plus communes et les plus familières , en expliquant les lois de la nature , quoique je sois convaincue que les termes propres et scientifiques eussent rendu les idées d'une manière plus précise et plus exacte ; mais j'avois peur de n'être pas comprise.

EMILIE.

Vous pouvez compter que nous appren-



drons les noms de ces lignes à fond ; mais avant que nous les ayons mises dans notre mémoire , voulez - vous avoir la bonté de nous les expliquer ?

MAD. B.

Très-volontiers. Ce globe, ou cette sphère, représente la terre ; la ligne qui passe par le centre, et sur laquelle le globe tourne, s'appelle l'axe ; et les deux extrémités de l'axe, A et B, sont les pôles, qu'on distingue par les noms de pôle nord et pôle sud. Le cercle CD, qui divise le globe en deux parties égales entre les pôles, se nomme l'équateur, ou la ligne équinoxiale ; cette partie de notre globe au nord de l'équateur est l'hémisphère nord, celle au sud de l'équateur est l'hémisphère sud. Le petit cercle EF, qui entoure le pôle nord, se nomme le cercle arctique ; le cercle GH, qui entoure le pôle sud, est l'antarctique. Il y en a deux intermédiaires entre les cercles polaires et l'équateur ; celui qui est au nord, IK, se nomme le tropique du cancer ; celui qui est au sud, LM, se nomme le tropique du capricorne. Enfin, ce cercle, LK, qui partage le globe en deux parties égales,



Fig. 1.

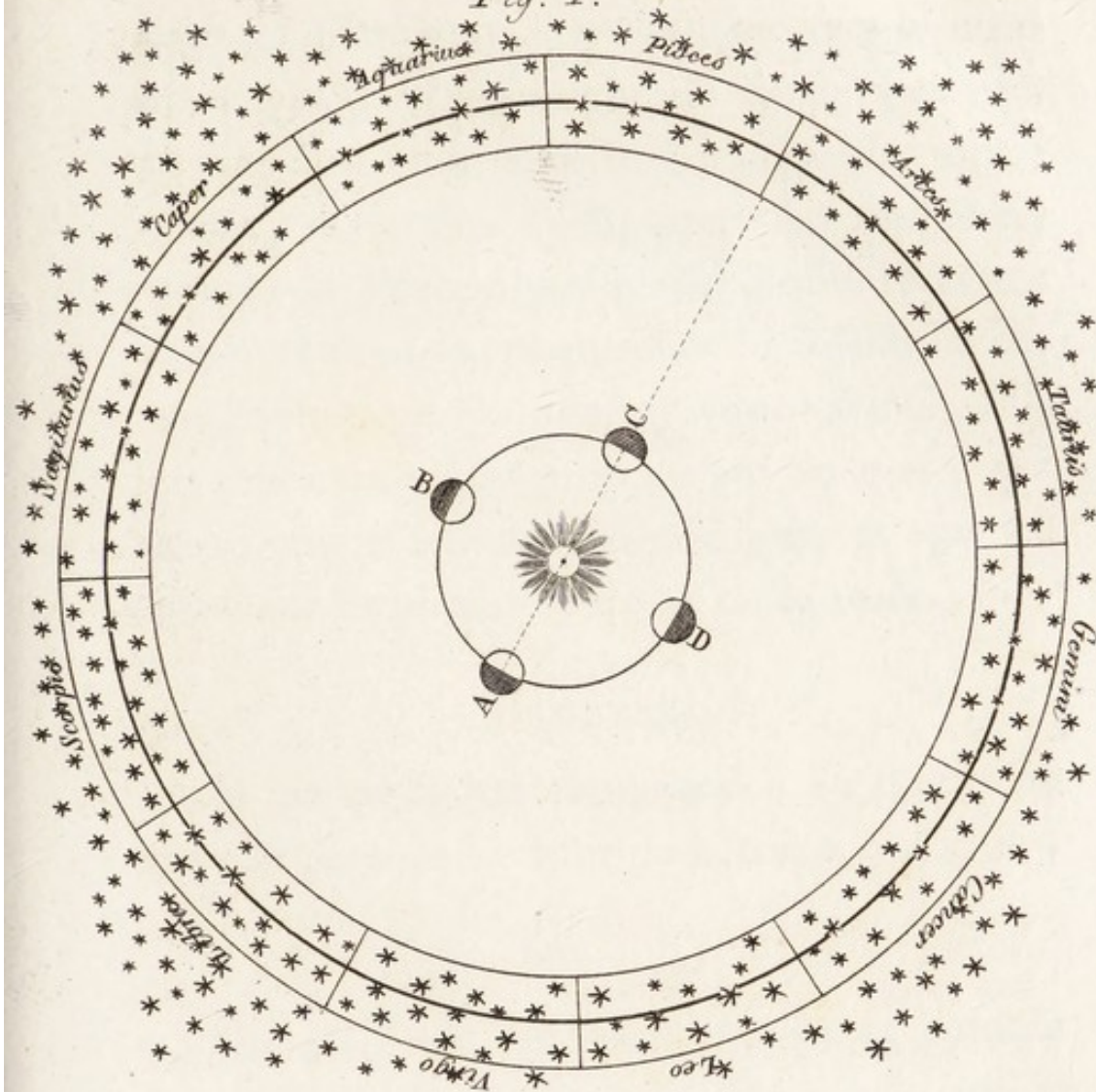
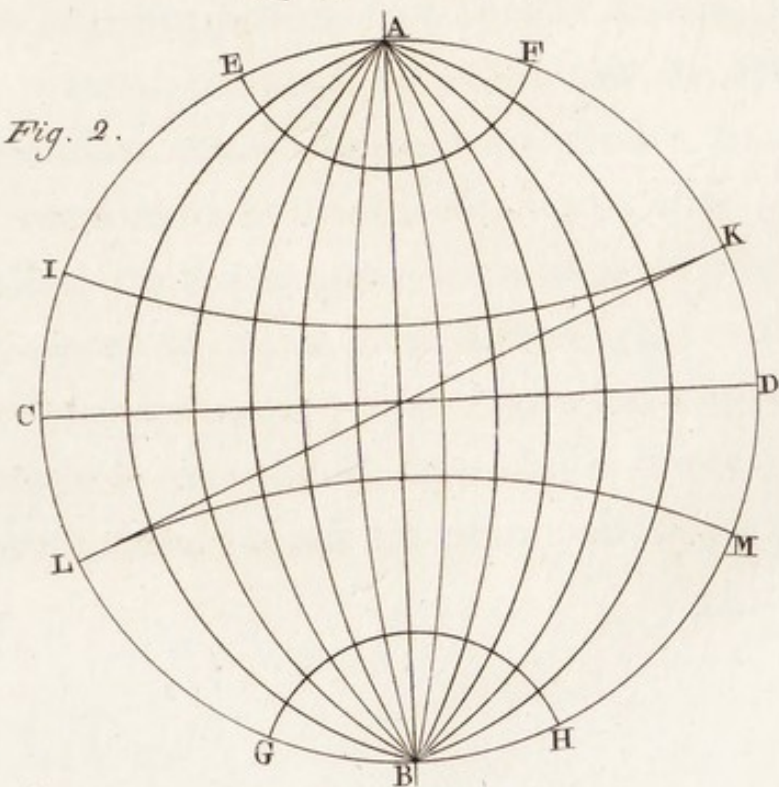
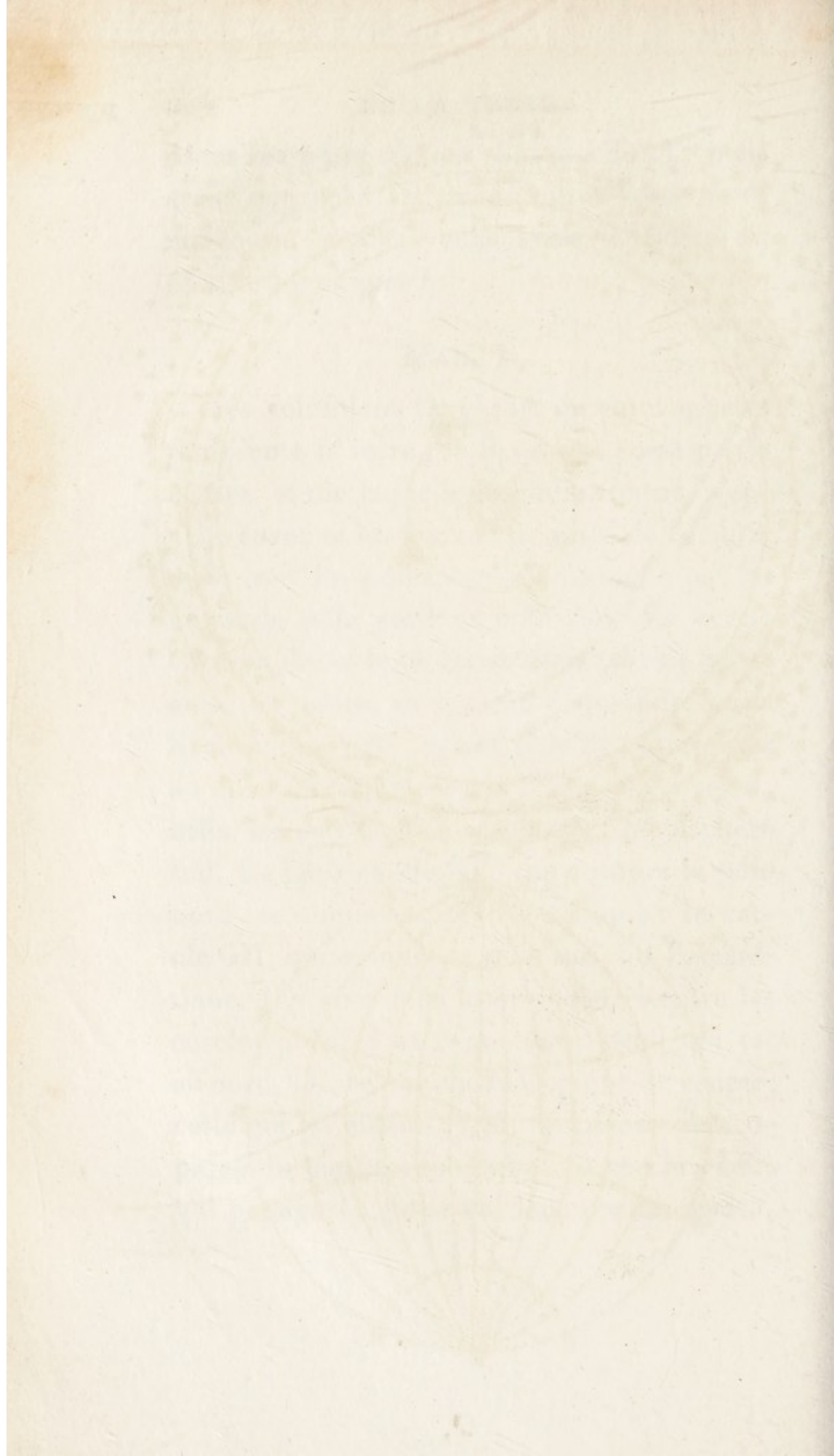


Fig. 2.







croisant l'équateur et s'étendant vers le nord aussi loin que le tropique du cancer, et vers le sud aussi loin que le tropique du capricorne, se nomme l'écliptique. La représentation de l'écliptique sur le globe terrestre pourroit aisément engendrer de fausses idées; car l'écliptique (comme je vous l'ai déjà dit), est un cercle imaginaire dans le ciel, qui passe par le milieu du Zodiaque, et qui est situé sur le plan de l'orbite de la terre.

CAROLINE.

Je ne peux pas comprendre ce que veut dire le plan de l'orbite de la terre.

MAD. B.

Un plan est une surface unie et comme nivelée. Supposons une feuille mince, solide et plane, coupant le soleil par le centre, s'étendant aussi loin que les étoiles fixes, et se terminant à un cercle, qui passe par le milieu du Zodiaque; c'est dans ce plan que la terre se meut, en faisant sa révolution autour du soleil; c'est pour cela qu'on l'a appelé le plan de l'orbite de la terre; et le cercle dans lequel ce plan coupe les signes



du Zodiaque est l'écliptique. La fig. 1, pl. IX représente un tel plan, S le soleil, T la terre avec son orbite, et ABCD l'écliptique, qui passe par le milieu du Zodiaque.

EMILIE.

Si l'écliptique ne se rapporte qu'au ciel, pourquoi est-elle représentée sur le globe terrestre ?

MAD. B.

C'est qu'elle sert à la démonstration de divers problèmes de sphère ; et de plus, l'obliquité de ce cercle sur l'équateur se voit mieux, quand elle est tracée sur le même globe ; et cette obliquité indique l'inclinaison de l'axe de la terre sur le plan de son orbite. Mais revenons-en à la fig. 2, planch. VIII.

Les espaces entre les cercles parallèles sur le globe terrestre, se nomment zones ; celle qui est comprise entre les tropiques se distingue par le nom de zone torride ; les espaces qui s'étendent des tropiques aux cercles polaires sont les zones tempérées nord et sud ; et les espaces contenus dans les cercles polaires sont les zones glaciales.



Fig. 1.

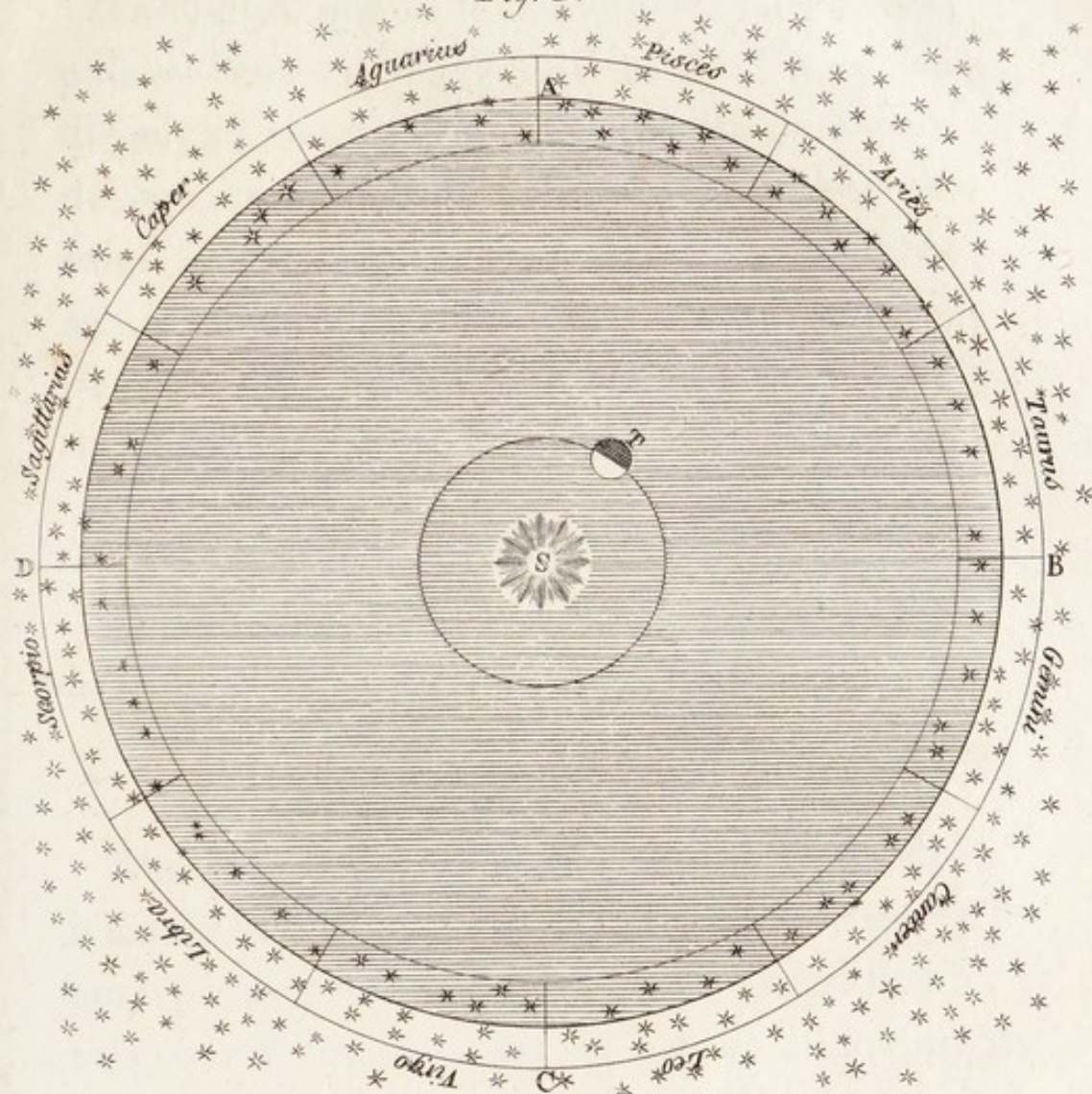
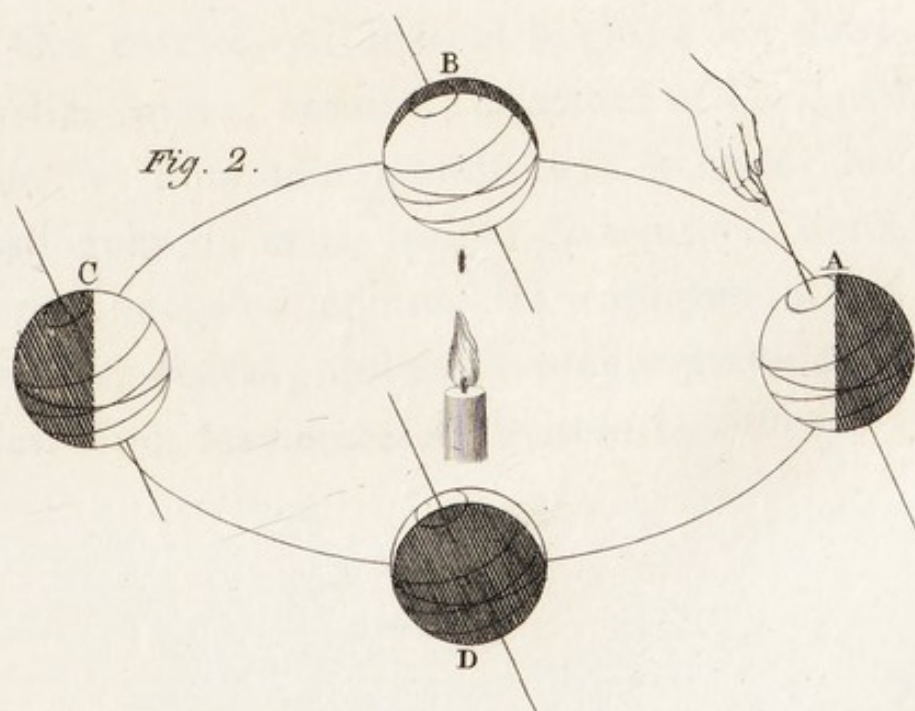


Fig. 2.







Les lignes que vous remarquez tracées d'un pôle à l'autre , coupant l'équateur à angles droits , se nomment des méridiens. Quand un de ces méridiens est exactement opposé au soleil , il est midi pour tous les lieux situés sur le même méridien ; et par conséquent , pour tous les lieux situés sur le côté opposé du méridien , il est minuit.

EMILIE.

Il doit donc être six heures aux lieux situés à égale distance de ces deux méridiens ?

MAD. B.

Oui ; s'ils sont à l'est du méridien du soleil , il est six heures après midi , parce que le soleil aura passé précédemment sur ce méridien ; s'ils sont à l'ouest , il est six heures du matin , et le soleil s'avance vers ce méridien.

Ces cercles qui divisent le globe en deux parties égales , comme l'équateur et l'écliptique , se nomment grands cercles , pour les distinguer de ceux qui le divisent en deux parties inégales , comme les tropiques et les cercles polaires , qui se nomment petits cercles. Tous les cercles se divisent en 360 par-



ties égales, qu'on appelle degrés, et chaque degré se divise en 60 parties égales, qu'on appelle minutes. Le diamètre d'un cercle est la ligne droite qui le traverse en passant par le centre. Il est égal à un peu moins du tiers de la circonférence. Pouvez-vous me dire à présent combien de degrés environ il contient ?

CAROLINE.

Il doit être quelque chose de moins qu'un tiers de 360 degrés ou environ 120 degrés.

MAD. B.

Bien ; pouvez-vous aussi me dire exactement combien de degrés contient un méridien ?

EMILIE.

Un méridien, qui passe d'un pôle à l'autre, est un demi cercle, et doit, par conséquent, contenir 180 degrés.

MAD. B.

Très-bien ; et combien de degrés y a-t-il de l'équateur aux pôles ?



## CAROLINE.

L'équateur étant également éloigné de chaque pôle , cette distance doit être de la moitié d'un méridien , ou un quart de la circonférence d'un cercle , et doit contenir 90 degrés.

## MAD. B.

Outre la division usuelle du cercle en degrés , l'écliptique se divise en douze parties égales , appelées signes , qui portent le nom des constellations à travers lesquelles ce cercle passe dans le ciel. Les degrés mesurés sur les méridiens du nord au sud , ou du sud au nord , s'appellent les degrés de latitude ; ceux que l'on mesure de l'est à l'ouest sur l'équateur , ou sur l'un des petits cercles qui lui sont parallèles , s'appellent degrés de longitude. Ces cercles peuvent aussi s'appeler cercles de longitude.

## EMILIE.

Les degrés de longitude doivent donc varier de longueur suivant la grandeur du cercle sur lequel ils sont comptés ; par exem-



ple, ceux des cercles polaires seront apparemment beaucoup plus petits que ceux de l'équateur ?

MAD. B.

Certainement, puisque les degrés des cercles de différentes grandeurs, ne varient pas en nombre, ils doivent nécessairement varier en longueur. Les degrés de latitude, comme vous pouvez l'observer, ne varient jamais en longueur; car les méridiens, sur lesquels ils sont comptés, sont tous de même grandeur.

EMILIE.

Et de quelle longueur est un degré de latitude ?

MAD. B.

De 60 milles géographiques, qui sont égaux à  $69 \frac{1}{2}$  milles anglois (1).

EMILIE.

Les degrés de longitude à l'équateur doivent donc être de la même grandeur ?

---

(1)  $69 \frac{1}{2}$  *statute miles*, c'est-à-dire  $69 \frac{1}{2}$  milles déterminés par le Statut. (20 lieues.)

(Note du Traducteur.)



MAD. B.

Ils le seroient, si la terre étoit une sphère parfaite ; mais sa forme n'est pas exactement sphérique , parce qu'elle est un peu protubérante à l'équateur et aplatie vers les pôles. On suppose que cette forme provient de l'action supérieure de la force centrifuge à l'équateur.

Je croyois comprendre parfaitement la force centrifuge ; mais je n'entends pas son effet dans ce cas.

MAD. B.

Vous savez que la révolution de la terre sur son axe doit donner à chaque particule une tendance à fuir loin du centre ; que cette tendance est plus forte ou plus foible, selon la vitesse avec laquelle les particules se meuvent : or, une particule située près d'un des cercles polaires fait une rotation entière dans le même espace de temps qu'une particule à l'équateur ; cette dernière par conséquent, ayant un beaucoup plus grand cercle à décrire, chemine proportionnellement plus vite, et par conséquent aussi, la force centrifuge



est beaucoup plus forte à l'équateur qu'aux cercles polaires. Elle diminue graduellement, à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, et qu'on s'approche des pôles, où il n'y a point de mouvement de rotation, et où par conséquent la force centrifuge cesse entièrement. Supposant donc que la terre a été originellement dans un état de fluidité, les particules dans la zone torride se seroient retirées beaucoup plus loin du centre que celles des zones glaciales; ainsi, les régions polaires seroient devenues aplaties, et les régions équatoriales se seroient élevées.

CAROLINE.

Je ne réfléchissois pas que les particules, au voisinage de l'équateur, se meuvent avec une vitesse plus grande que celles qui sont aux environs des pôles; c'est ce qui faisoit que je ne pouvois vous comprendre.

MAD. B.

Il faut tâcher de vous souvenir que les parties d'un corps, qui sont le plus loin du centre de mouvement, doivent se mouvoir avec la vitesse la plus grande; l'axe de la



terre est le centre de son mouvement diurne, et les régions équatoriales sont les parties les plus éloignées de l'axe.

CAROLINE.

Ma tête se meut donc plus vite que mon pied, et sur le sommet d'une montagne nous tournons plus vite que dans une vallée ?

MAD. B.

Certainement, votre pied est moins éloigné du centre de mouvement que votre tête, la vallée l'est moins que le sommet de la montagne ; plus une partie d'un corps est éloignée du centre de mouvement, plus aussi le cercle qu'elle décrit est grand, et plus par conséquent sa vitesse devra être grande.

EMILIE.

Il me venoit dans l'esprit que si la terre n'est pas exactement un cercle.....

MAD. B.

Une sphère vous voulez dire ; un cercle est terminé par une ligne courbe , dont tous les points sont également éloignés du centre ; une



sphère ou un globe est un corps rond, dont la surface est partout également éloignée du centre.

EMILIE.

Si donc la terre n'est pas une sphère parfaite, mais qu'elle soit proéminente à l'équateur et aplatie aux pôles; un corps ne doit-il pas être plus pesant à l'équateur qu'aux pôles? La terre étant plus épaisse à l'équateur, l'attraction de gravité qui agit perpendiculairement de haut en bas, doit être plus forte.

MAD. B.

Votre raisonnement a quelque air de vraisemblance; mais je suis fâchée d'être obligée d'ajouter qu'il est tout-à-fait faux; car plus une partie de la surface d'un corps est proche du centre d'attraction, plus elle est attirée. Pour comprendre les effets de la force de gravité, vous pouvez la considérer comme un aimant placé au centre d'attraction.

EMILIE.

Mais si on pouvoit pénétrer au-dedans de



la terre, la gravité augmenteroit-elle à mesure qu'on approcheroit du centre?

MAD. B.

Non certainement ; ce que je dis ne se rapporte qu'à une situation sur la surface de la terre. Si vous pouviez pénétrer dans l'intérieur, l'attraction des parties au-dessus de vous lutteroit contre celle des parties au-dessous, et diminueroit ainsi la force de gravité à mesure que vous approcheriez du centre ; et si vous pouviez pénétrer dans l'intérieur, l'attraction des parties au-dessus de vous lutteroit contre celle des parties au-dessous, et diminueroit en conséquence la force de gravité à mesure que vous approcheriez du centre ; enfin si vous pouviez atteindre ce point, comme vous seriez également attirée par toutes les parties autour de vous, la gravité cesseroit, et vous seriez sans poids.

EMILIE.

Les corps donc pèseroient moins à l'équateur qu'aux pôles, puisqu'ils seroient plus éloignés du centre de gravité dans la première situation que dans la dernière.



MAD. B.

Et c'est réellement le cas, mais la différence de poids seroit à peine sensible, si elle n'étoit augmentée par une autre circonstance.

CAROLINE.

Et quelle est cette singulière circonstance, qui semble troubler les lois de la nature ?

MAD. B.

C'est une circonstance que vous connoissez bien comme contribuant plus à la conservation qu'à la destruction de l'ordre, la force centrifuge. Nous venons d'observer qu'elle est plus forte à l'équateur, et comme elle tend à éloigner les corps du centre, elle est nécessairement opposée à la gravité et doit diminuer cette force qui les attire vers le centre. Nous trouvons en effet que les corps sont plus légers à l'équateur, où la force centrifuge est la plus grande, et qu'ils sont plus pesans aux pôles, où cette force est la moindre.

CAROLINE.

En a-t-on fait l'expérience dans ces différentes situations ?



MAD. B.

Oui ; des physiciens (1) ont fait des observations exactes sur ce sujet à l'équateur et en Laponie ; la sévérité du climat, et l'obstacle des glaces a rendu jusqu'ici toute tentative de parvenir au pôle infructueuse ; mais la différence de la gravité à l'équateur et en Laponie est très - sensible.

CAROLINE.

Cependant je ne puis comprendre comment on peut reconnoître la différence de poids ; car si le corps soumis à l'épreuve diminue de pesanteur , le poids qui lui étoit opposé dans l'autre bassin de la balance devoit avoir diminué dans la même proportion. Par exemple , si une livre de sucre ne pesoit pas autant

---

(1) En 1673 Richer envoyé par Louis XIV. pour déterminer la parallaxe de Mars reconnu, par la moindre longueur du pendule à secondes, la diminution de la pesanteur. Cette vérité a été postérieurement confirmée par nombre d'observateurs, en particulier par les Académiciens envoyés au Pérou et en Laponie, pour la mesure d'un degré du méridien, dans les années 1733 et suivantes.

( *Note du Traducteur.* )



à l'équateur qu'au pôle, la livre de métal, qui sert à la peser, ne seroit pas si pesante non plus ; par conséquent ces deux poids se contrebalanceroient encore , et la différence de force de la gravité ne se reconnoîtroit pas de cette manière.

MAD. B.

Votre remarque est parfaitement juste ; la différence de pesanteur des corps situés aux pôles et à l'équateur ne peut pas se reconnoître en les pesant ; on emploie à cet effet un pendule.

CAROLINE.

Quoi le pendule d'une horloge ? comment cela peut-il répondre au but ?

MAD. B.

Un pendule est une ligne ou verge, au bout de laquelle est attaché un poids et qui est suspendue de l'autre côté à un point fixe , autour duquel on la fait osciller. Si on ne le met pas en mouvement, un pendule, comme un fil à plomb, pend perpendiculairement à la surface générale de la terre qui l'attire ;



mais si vous soulevez un pendule pour l'écarter de la position perpendiculaire , la gravité l'y ramènera. Il ne restera pas-là stationnaire ; car la vitesse qu'il a reçue pendant sa descente le poussera en avant , et il montera du côté opposé à une hauteur égale ; de laquelle il sera ramené par la gravité , et poussé de nouveau par l'impulsion de sa vitesse.

CAROLINE.

S'il en est ainsi, le mouvement du pendule est perpétuel , et je croyois que vous nous aviez dit qu'il n'y avoit pas de mouvement perpétuel sur la terre.

MAD. B.

Le mouvement d'un pendule est arrêté par la résistance de l'air dans lequel il oscille , et par le frottement au point de suspension ; s'il étoit possible d'écarter ces obstacles , le mouvement d'un pendule seroit perpétuel , et ses vibrations seroient parfaitement régulières étant égales , et faites dans des temps égaux.

EMILIE.

C'est le résultat naturel de l'uniformité de



la force qui produit ces vibrations, car la force de gravité étant toujours la même, la vitesse du pendule doit aussi être uniforme.

CAROLINE.

Non, Emilie, vous vous trompez; la cause n'est pas toujours uniforme, et par conséquent l'effet ne l'est pas non plus toujours. Oui, je vois cela clairement, Mad. B.; puisque la force de gravité est moindre à l'équateur qu'aux pôles, les vibrations du pendule sont plus lentes à l'équateur qu'aux pôles.

MAD. B.

Vous avez parfaitement raison, Caroline; c'est de cette manière que la différence de gravité se manifesta, et que l'on reconnut la vraie figure de la terre.

EMILIE.

Mais comment réussit-on à régler son temps dans les régions équatoriale et polaire? Car, puisque dans cette partie de la terre, le pendule d'une horloge fait exactement une vibration dans une seconde, s'il bat plus vite aux pôles et plus lentement à l'équateur, les



habitans doivent régler leurs horloges d'une manière différente des nôtres.

MAD. B.

Le seul changement nécessaire est d'allonger le pendule dans un des cas et de le raccourcir dans l'autre ; car la vitesse des vibrations d'un pendule dépend de sa longueur ; quand on dit que le pendule bat plus vite au pôle qu'à l'équateur , on suppose qu'il est de la même longueur. Un pendule qui bat une seconde à la latitude de Londres est de  $36 \frac{1}{2}$  pouces de long. Pour qu'il batte à l'équateur dans le même temps , il faut l'accourcir de quelques lignes , et aux pôles il faut l'allonger.

Je peux maintenant vous expliquer la variation des saisons , et la différence de longueur des jours et des nuits dans chacune d'elles ; deux effets résultant de la même cause.

En se mouvant autour du soleil , l'axe de la terre n'est pas perpendiculaire au plan de son orbite. Supposons que cette table ronde représente le plan de l'orbite de la terre , et



que ce petit globe traversé d'un fil de fer, qui représente l'axe et les pôles, soit la terre, de manière que le fil ne soit pas perpendiculaire mais oblique.

EMILIE.

Où ; je comprends que la terre ne tourne pas autour du soleil dans une position droite, son axe est incliné.

MAD. B.

Toutes les lignes, dont nous avons parlé dans notre dernière leçon, sont tracées sur ce petit globe ; vous devez considérer l'écliptique comme représentant le plan de l'orbite de la terre ; et l'équateur, qui coupe l'écliptique en deux points, indique le degré d'obliquité de l'axe de la terre sur cette orbite. Cette inclinaison de l'équateur est d'environ  $23\frac{1}{2}$  degrés. Les points auxquels l'écliptique coupe l'équateur portent le nom de *nœuds*.

Mais je crois que je vous ferai concevoir la chose plus clairement en faisant tourner le petit globe autour de la flamme d'une bougie, qui représentera le soleil (pl. IX, fig. 2).



Tenu comme le voilà en A , il est dans la situation où est la terre au milieu de notre été, c'est ce qu'on appelle le solstice d'été, qui a lieu le 21 de Juin.

EMILIE.

Vous tenez oblique l'axe du petit globe, pour montrer sans doute que celui de la terre n'est pas perpendiculaire ?

MAD. B.

Oui; en été le pôle nord est incliné vers le soleil. Dans cette saison l'hémisphère nord jouit donc beaucoup plus des rayons de cet astre que l'hémisphère sud. Le soleil, comme vous voyez, brille à présent sur toute la zone glaciale nord; et malgré la révolution diurne de la terre, que j'imité en faisant tourner la boule sur le fil, il continuera à briller sur cette zone aussi long-temps qu'elle restera dans cette situation; la zone glaciale sud est, pendant le même temps, dans une obscurité complète.

CAROLINE.

C'est très-étrange; je n'avois jamais entendu dire auparavant qu'il y eût de jour ou de nuit constante quelque part dans le monde.



Comme les habitans de la zone glaciale du nord, doivent être plus heureux que ceux du sud ! Les premiers jouissent d'un jour sans interruption, au lieu que les derniers sont enveloppés de ténèbres perpétuelles.

MAD. B.

Vous jugez avec beaucoup trop de précipitation ; examinez d'un peu plus près, et vous trouverez que les deux zones glaciales éprouvent un sort égal.

Nous ferons maintenant partir la terre du point où elle est au solstice d'été, et nous la ferons tourner autour du soleil ; observez que le pôle est toujours incliné dans la même direction, et qu'il se dirige sur le même point du ciel. Il y a une étoile fixe située près de ce point, que l'on appelle, à cause de cela, l'étoile polaire. Arrêtons maintenant la terre en B, examinons-la dans cette situation ; elle a parcouru un quart de son orbite, et elle est arrivée au point auquel l'écliptique coupe l'équateur ; ce point s'appelle l'équinoxe d'automne.

EMILIE.

C'est donc un des nœuds. Le soleil alors



répand ses rayons d'un pôle à l'autre, justement comme il le feroit, si l'axe de la terre étoit perpendiculaire à son orbite.

#### MAD. B.

Parce que l'inclinaison de l'axe n'est alors ni vers le soleil, ni dans la direction contraire ; à cette époque de l'année , par conséquent , les jours et les nuits sont d'une longueur égale par toute la terre. Mais dans le pas suivant qu'elle fait dans son orbite , vous voyez que le pôle nord se plonge dans les ténèbres , tandis que le pôle sud entre dans la lumière ; ce changement se préparoit graduellement , à mesure que je faisois aller la terre de l'été à l'automne ; le cercle arctique qui étoit , dans la première saison , entièrement éclairé , commençoit à avoir de courtes nuits. Ces nuits alloient croissant , à mesure que la terre approchoit de l'équinoxe d'automne ; et dès qu'elle a passé ce point , la longue nuit du pôle nord a commencé , et le pôle sud jouit peu à peu de la lumière du soleil. Nous ferons à présent avancer la terre dans son orbite ; vous observerez



qu'à mesure qu'elle avance, les jours s'accourcissent et les nuits s'allongent pour tout l'hémisphère nord, jusqu'à ce qu'elle arrive au solstice d'hiver le 21 Décembre; alors la zone glaciale nord est entièrement dans les ténèbres, et celle du sud jouit sans interruption de la lumière du jour.

CAROLINE.

Ainsi, après tout, le soleil que je croyois si partial distribue ses faveurs également à tous.

MAD. 3.

Ce n'est pas non plus cela; les habitans de la zone torride ont beaucoup plus d'été que nous n'en avons, vu que les rayons du soleil tombent perpendiculairement sur eux, tandis qu'ils tombent obliquement sur le reste de la terre, et presque horizontalement sur les pôles; car pendant le long jour de six mois dont ceux-ci jouissent, le soleil se meut autour de leur horizon, sans jamais se lever ou se coucher; la seule différence observable, est qu'à midi il est de quelques degrés plus élevé qu'à minuit.



## EMILIE.

Pour une personne placée dans la zone tempérée, comme en Angleterre, le soleil ne brille ni si obliquement qu'aux pôles, ni si verticalement qu'à l'équateur; mais ses rayons y tombent plus obliquement en automne et en hiver qu'en été.

## CAROLINE.

Les habitans de l'espace compris entre les pôles et l'équateur, n'auront ni, comme aux pôles, un seul jour et une seule nuit dans l'année, ni comme à l'équateur, les jours et les nuits toujours égaux; mais il varieront en longueur aux différens temps de l'année, selon que leurs pôles respectifs seront inclinés vers le soleil ou de l'autre côté; et la différence sera plus grande, à mesure qu'ils seront plus distans de l'équateur.

## MAD. B.

Nous suivrons maintenant la terre dans l'autre moitié de son orbite, et vous observerez que dans l'hémisphère sud, il y a le même effet exactement que celui que nous venons de remarquer dans l'hémisphère nord.



Le jour commence au pôle sud, quand la nuit s'empare du pôle nord, et dans toute l'autre partie de l'hémisphère méridional, les jours sont plus longs que les nuits, tandis que pour nous les nuits sont plus longues que les jours. Quand la terre arrive à l'équinoxe du printemps en D, où l'écliptique coupe de nouveau l'équateur, le 22 de Mars, elle est située relativement au soleil, exactement dans la même position qu'à l'équinoxe d'automne; et la seule différence relativement à la terre est que c'est alors l'automne dans l'hémisphère sud, tandis que chez nous c'est le printemps.

CAROLINE.

Alors les jours et les nuits redeviennent égaux?

MAD. B.

Oui; car la moitié du globe qui est éclairée s'étend exactement d'un pôle à l'autre; le jour va pointer au pôle nord et le soleil se coucher au pôle sud; dans toute autre partie du globe, le jour et la nuit sont chacun de douze heures; de là vient le mot équinoxe,



qui est dérivé du latin , et qui signifie nuit égale.

A mesure que la terre avance vers l'été ; les jours s'allongent pour l'hémisphère nord , et s'accourcissent pour l'hémisphère sud , jusqu'à ce que la terre atteigne le solstice d'été , où la zone glaciale nord est entièrement éclairée , et où la zone glaciale sud est complètement dans les ténèbres ; nous avons à présent ramené la terre à son point de départ.

EMILIE.

C'est vraiment une explication tout-à-fait satisfaisante des saisons ; et plus j'apprends , plus j'admire la simplicité des moyens par lesquels sont produits des effets si merveilleux.

MAD. B.

Je ne sais pas ce qui est le plus digne de notre admiration , ou la cause ou l'effet de la révolution de la terre autour du soleil. L'âme ne peut trouver d'objet de contemplation plus sublime que la course de ce globe magnifique , poussé par les forces combinées de projection et d'attraction , pour

rouler dans une route invariable autour de la source de la lumière et de la chaleur; et quelle source de bonheur n'offre pas la force vivifiante de ce soleil sur la planète qu'il gouverne ! C'est le principe qui anime et féconde la nature.

EMILIE.

Il y a une circonstance qui me semble établir une différence entre la petite boule et la terre; la boule n'est pas tout-à-fait obscure du côté opposé à la bougie, comme la terre l'est, quand ni la lune ni les étoiles ne sont visibles.

MAD. B.

Cela est dû à la lumière de la bougie qui est réfléchiée par les murs de la chambre sur toutes les parties du petit globe; et par conséquent cette partie, sur laquelle la flamme de la bougie ne brille pas directement, n'est pas dans une obscurité totale. Or le ciel n'a pas de murs pour réfléchir la lumière du soleil du côté de notre terre qui est dans l'obscurité.



CAROLINE.

Je vous demande pardon, Mad. B. ; je crois que la lune et les étoiles répondent à l'action des murs pour réfléchir la lumière du soleil sur nous pendant la nuit.

MAD. B.

Très-bien, Caroline ; c'est-à-dire, la lune et les planètes ; car vous savez que les étoiles fixes brillent de leur propre lumière.

EMILIE.

Vous dites que la chaleur supérieure des parties équatoriales de la terre provient des rayons qui tombent perpendiculairement sur ces régions, tandis qu'ils tombent obliquement sur les régions septentrionales ; mais je ne peux pas comprendre comment des rayons perpendiculaires procurent plus de chaleur que des rayons obliques.

CAROLINE.

Vous n'avez qu'à mettre votre main perpendiculairement sur la flamme de cette bougie, et puis de côté obliquement pour sentir cette différence.

EMILIE.

Je ne doute pas du fait ; mais je voudrois qu'on me l'expliquât.

MAD. B.

Vous avez tout-à-fait raison ; si Caroline y avoit un peu réfléchi, elle n'auroit pas mis en avant la flamme de la bougie comme un exemple ; la raison pour laquelle vous sentez beaucoup plus la chaleur si vous mettez votre main perpendiculairement sur la bougie, que si vous la mettez de côté, c'est parce qu'un courant de vapeur échauffée, monte constamment de la bougie ou de tout autre corps en combustion ; étant plus légère que l'air de la chambre, cette vapeur ne se répand pas latéralement, mais monte perpendiculairement, et c'est ce qui nous fait croire que les rayons sont plus chauds dans la dernière direction. Si vous y aviez pensé, vous auriez découvert que les rayons, qui s'échappent latéralement de la bougie ne, sont pas moins perpendiculaires sur votre main quand vous la présentez à la flamme, que ne le sont les rayons qui montent quand vous placez votre main au-dessus.



Fig. 1.

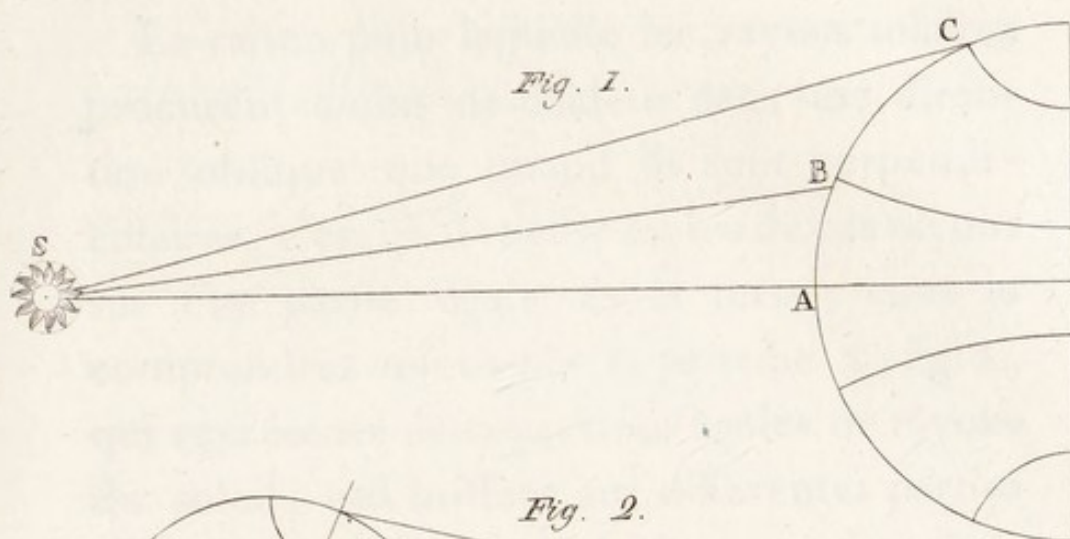


Fig. 2.

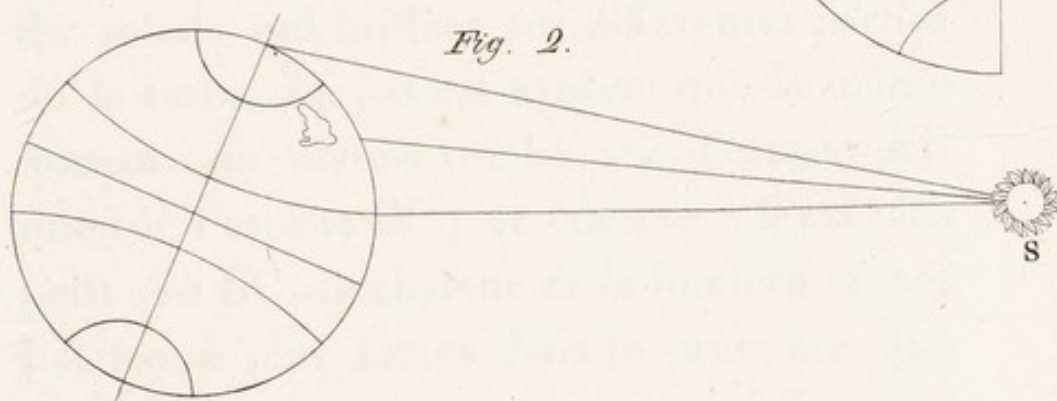


Fig. 3.

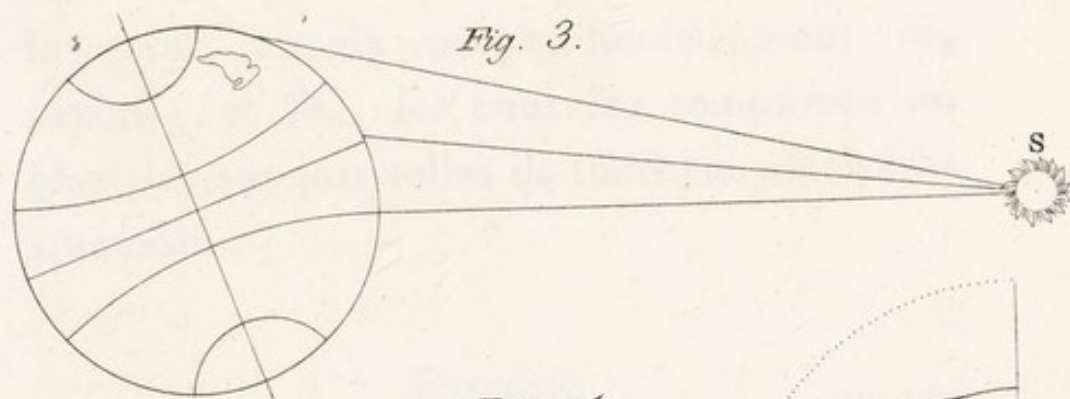
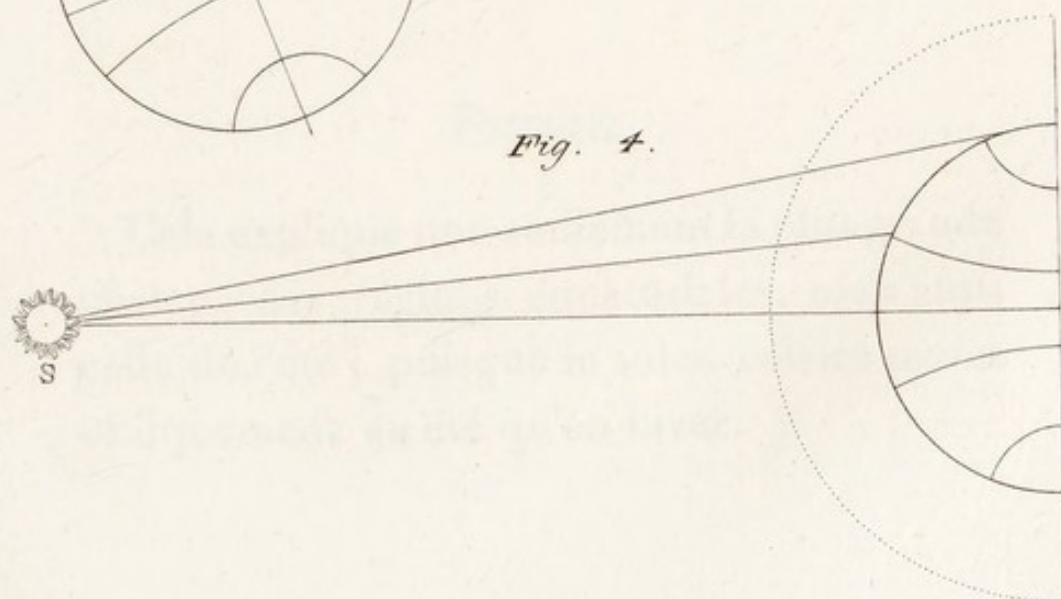


Fig. 4.







La raison pour laquelle les rayons solaires procurent moins de chaleur dans une direction oblique que quand ils sont perpendiculaires, c'est qu'il tombe moins de ces rayons sur une partie égale de la terre ; vous le comprendrez mieux par la planche X, fig. 1, qui représente deux portions égales de rayons du soleil, qui brillent sur différentes parties de la terre. Ici, il est évident que la même quantité de rayons tombe sur l'espace AB que sur l'espace BC ; et comme AB est plus petit que BC, la chaleur et la lumière seront beaucoup plus fortes dans la première que dans la dernière ; vous voyez que AB représente les régions équatoriales, sur lesquelles le soleil envoie perpendiculairement ses rayons ; et BC, les contrées tempérées ou glaciales sur lesquelles ils tombent plus obliquement.

#### EMILIE.

Cela explique non-seulement la plus grande chaleur des régions équatoriales, mais aussi celle de l'été ; puisque le soleil éclaire moins obliquement en été qu'en hiver.



## MAD. B.

Vous verrez cela dans la figure 2, où la terre est représentée dans la situation qu'elle a au 21 Juin, et où la France et l'Angleterre reçoivent les rayons moins obliquement, et par conséquent en plus grand nombre, qu'en toute autre saison; et la figure 3 montre la situation de la France et de l'Angleterre au 21 Décembre, époque à laquelle les rayons du soleil y tombent beaucoup plus obliquement. Mais il y a aussi une autre raison pour laquelle les rayons obliques donnent moins de chaleur que les rayons perpendiculaires, c'est qu'ils ont une plus grande portion de l'atmosphère à traverser; et quoiqu'il soit vrai que l'atmosphère est elle-même un corps transparent qui laisse passer librement les rayons du soleil, elle est cependant plus ou moins chargée de vapeurs denses et nébuleuses, que les rayons du soleil ne peuvent pas aisément pénétrer; ainsi plus est grande la quantité d'atmosphère, que les rayons ont à traverser sur leur chemin vers la terre, moins ils auront de chaleur quand ils l'atteindront. Vous comprendrez mieux cela par



la figure 4. La ligne pointée autour de la terre est l'étendue de l'atmosphère, et les lignes qui vont du soleil à la terre sont le passage des deux portions égales des rayons du soleil aux régions équatoriale et polaire; la dernière, comme vous voyez, par sa grande obliquité, passe à travers une grande étendue d'atmosphère.

CAROLINE.

Et c'est sans doute la raison pour laquelle le soleil, le matin et le soir, donne si peu de chaleur en comparaison de ce qu'il en donne à midi.

MAD. B.

La diminution de chaleur, le matin et le soir, est due certainement à la plus grande obliquité des rayons du soleil; et en conséquence, la température à ces deux époques du jour est affectée de l'action des deux causes que je viens de vous expliquer; la difficulté de passer par une atmosphère brumeuse lui est ici peut-être plus applicable, vu que les brouillards et les vapeurs dominant vers le lever et le coucher du soleil. Du reste, la diminution de l'obliquité des rayons n'est pas la

seule cause de la chaleur de l'été ; la longueur des jours y contribue beaucoup ; car plus le soleil reste sur l'horizon, plus il communique de chaleur à la terre.

CAROLINE.

Le jour le plus long, et où les rayons sont le plus perpendiculaires, est le 21 de Juin, et cependant la plus grande chaleur est en Juillet et Août.

MAD. B.

Les parties de la terre, qui sont réchauffées, conservent la chaleur pendant quelque temps, et la chaleur additionnelle qu'elles reçoivent occasionne une élévation de température, quoique les jours commencent à s'accourcir, et que les rayons du soleil tombent plus obliquement. Par la même raison, nous avons généralement plus de chaleur à trois heures de l'après-midi, qu'au moment de midi, où le soleil est au méridien.

EMILIE.

Et je vous prie, les autres planètes ont-elles les mêmes vicissitudes de saisons que la terre ?



## MAD. B.

Quelques-unes d'elles plus, quelques autres moins, suivant que leur axe s'écarte plus ou moins de la perpendiculaire sur le plan de leurs orbites. L'axe de Jupiter est presque perpendiculaire au plan de son orbite; les axes de Mars et de Saturne sont inclinés, chacun sur la sienne, d'environ soixante degrés; on croit que l'axe de Vénus n'est élevé que de quinze ou vingt degrés sur son orbite; les vicissitudes des saisons y doivent donc être beaucoup plus grandes que les nôtres. Pour les particularités ultérieures relatives aux planètes, je vous renverrai à l'ouvrage de BONNYCASTLE, intitulé *Introduction à l'astronomie*. (1)

Je n'ai plus qu'une observation à faire sur le mouvement de la terre, c'est que quoique nous ayons 365 jours et autant de nuits dans l'année, la terre fait 366 révolutions complètes pendant ce temps.

CAROLINE.

Comment cela est-il possible? chaque révolu-

---

(1) En françois nous renvoyons avec confiance à l'*Uranographie* de FRANCEUR. (Trad.)

tion complète ne doit-elle pas ramener le même lieu sous le soleil ? Il est à présent midi juste, le soleil est par conséquent à notre méridien ; dans vingt-quatre heures ne doit-il pas revenir à notre méridien , et la terre n'aura-t-elle pas fait une rotation sur son axe ?

MAD. B.

Cela seroit vrai , si la terre n'avoit pas de mouvement progressif dans son orbite , tandis qu'elle tourne sur son axe ; mais comme elle avance toujours de presque un degré vers l'ouest dans son orbite en même temps qu'elle fait une révolution vers l'est sur son axe , il faut qu'elle tourne près d'un degré de plus pour ramener le même méridien devant le soleil.

CAROLINE.

Oh oui ! Pour ramener le même méridien sous le soleil , il faudra prendre sur la seconde révolution un espace égal à celui qu'a décrit la terre dans son orbite , mais cette différence est peu de chose.

MAD. B.

Ces petites portions journalières de rota-



tion sont égales chacune à la trois cent soixante-cinquième partie d'un cercle, ce qui, à la fin de l'année, équivaut à une rotation complète.

ÉMILIE.

C'est extrêmement curieux ; si la terre n'avoit que son mouvement diurne, nous aurions donc 366 jours dans l'année.

MAD. B.

Nous aurions 366 jours dans le même temps pendant lequel nous n'en avons que 365 ; mais si nous ne tournions pas autour du soleil, nous n'aurions pas des moyens naturels de compter les années.

Vous serez surprises d'entendre que si on calculoit le temps par les étoiles au lieu de le calculer par le soleil, l'irrégularité que nous venons de remarquer n'auroit pas lieu, et qu'une rotation complète de la terre sur son axe ramène le même méridien devant la même étoile fixe.

ÉMILIE.

Cela semble inconcevable ; car la terre

avance dans son orbite , relativement aux étoiles fixes aussi bien que relativement au soleil.

MAD. B.

C'est vrai ; mais la distance des étoiles fixes est si immense que notre système solaire est en comparaison un atôme , et toute l'étendue de l'orbite de la terre un point ; par conséquent, soit que la terre restât stationnaire, soit qu'elle tournât dans son orbite pendant sa rotation sur son axe, il n'en résulteroit aucune différence sensible relativement aux étoiles fixes. Une révolution complète ramène le même méridien devant la même étoile fixe ; il arrive de là que les étoiles paroissent tourner autour de la terre dans un temps plus court que le soleil, et que la différence est de trois minutes cinquante-six secondes.

CAROLINE.

Ces trois minutes cinquante-six secondes, sont le temps que la terre met à faire les trois cent soixante-cinq parties additionnelles du cercle, pour ramener le même méridien devant le soleil.



MAD. B.

Précisément. Ainsi les étoiles gagnent chaque jour trois minutes cinquante-six secondes sur le soleil, en sorte que chaque jour elles se lèvent plus tôt de ce même espace de temps.

Le temps calculé, par les étoiles s'appelle *temps sidéral*; par le soleil, *solaire* ou *apparent*.

CAROLINE.

Ainsi, un jour sidéral est plus court de trois minutes cinquante-six secondes qu'un jour solaire de vingt-quatre heures.

MAD. B.

Il faut que je vous explique aussi ce qu'on entend par une année sidérale.

L'année commune, nommée solaire ou tropique, contient 365 jours, cinq heures, quarante-neuf minutes et cinquante-deux secondes. On la mesure par le temps que le soleil met à revenir au point d'où il est parti, par exemple, au solstice ou à l'équinoxe; mais cette année s'achève avant que la terre ait fini une révolution entière dans son orbite.

EMILIE.

Je croyois que la terre faisoit une révolution complète dans son orbite chaque année ; quelle est la raison de cette différence ?

MAD. B.

Elle est due à la figure sphéroïde de la terre. L'élévation aux environs de l'équateur produit à-peu-près le même effet que si une masse semblable de matière , réunie en forme de lune , tournoit autour de l'équateur. Si cette lune agissoit sur la terre en conjonction ou en opposition avec le soleil, il en naîtroit des variations dans le mouvement de la terre ; ce sont ces variations qui produisent ce qu'on appelle la *précession des équinoxes*.

EMILIE.

Qu'est-ce que cela veut dire ? Je croyois que les points équinoxiaux , ou les nœuds , étoient des points fixes dans le ciel , auxquels l'équateur coupe l'écliptique.

MAD. B.

Ces points ne sont pas tout-à-fait fixes ; ils



Fig. 1.

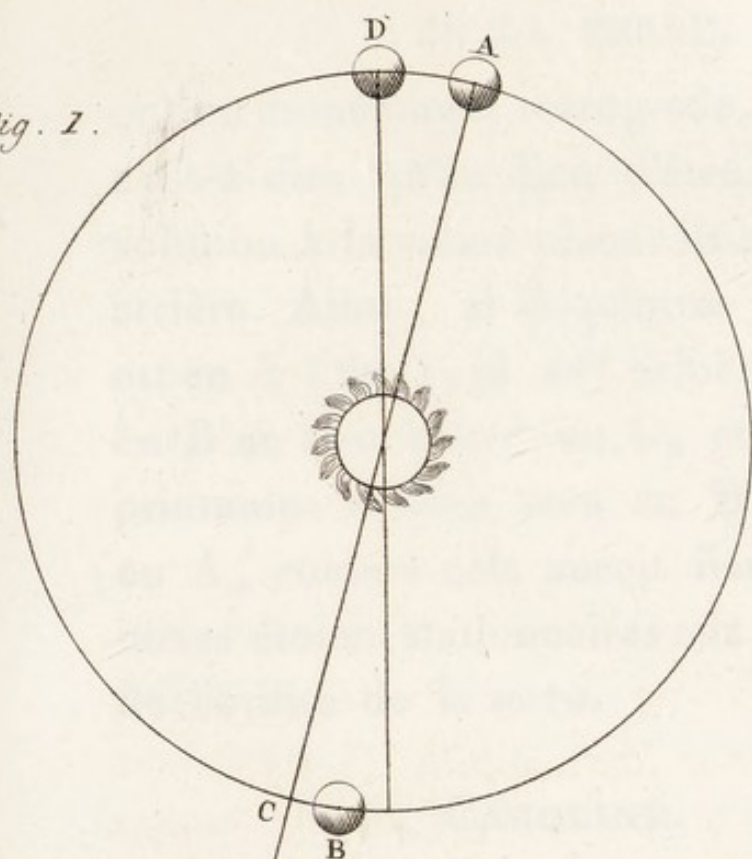
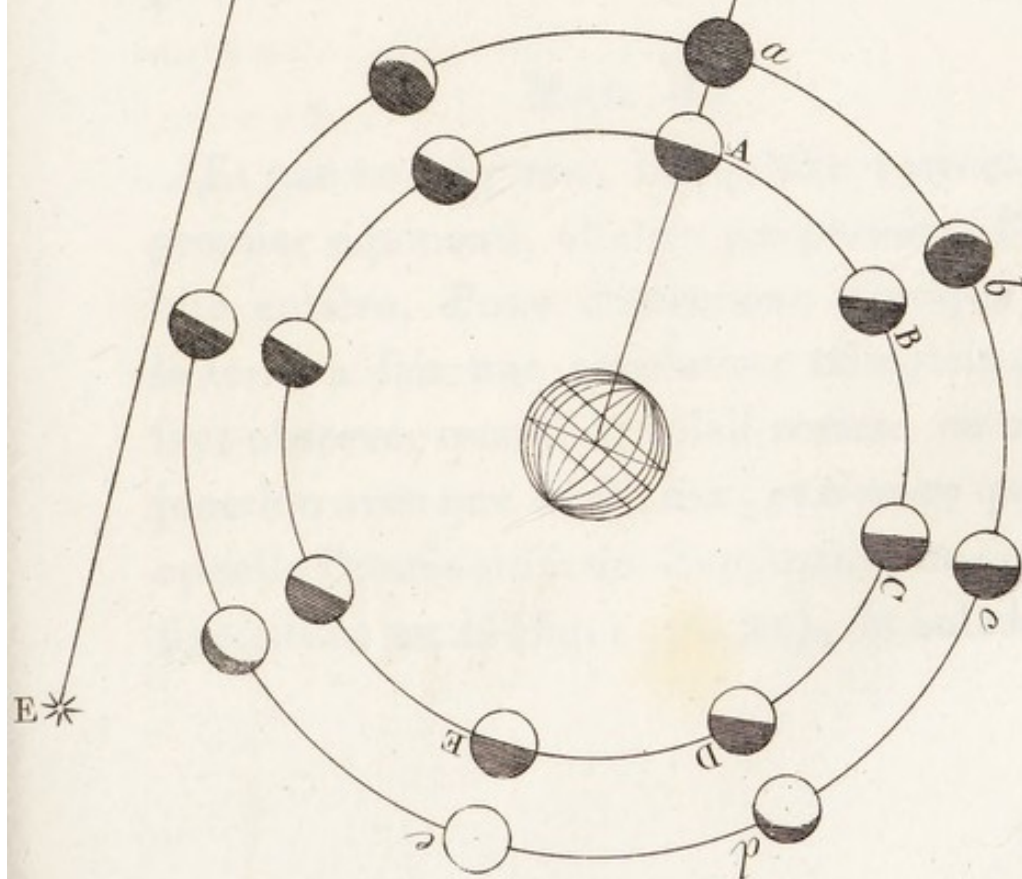


Fig. 2.



E\*





ont un mouvement retrograde en apparence, c'est-à-dire qu'au lieu d'être à chaque révolution à la même place, ils se meuvent en arrière. Ainsi, si l'équinoxe de printemps est en A (fig. 1, pl. XI) celui d'automne sera en B au lieu d'être en C, et l'équinoxe de printemps suivant sera en D au lieu d'être en A, comme cela auroit lieu, si les équinoxes étoient stationnaires aux points opposés de l'orbite de la terre.

CAROLINE.

En sorte que quand la terre se meut d'un équinoxe à l'autre, quoiqu'elle mette une demi-année à faire la course, elle n'a pas parcouru la moitié de son orbite.

MAD. B.

Et par conséquent, lorsqu'elle revient au premier équinoxe, elle n'a pas parcouru l'orbite entière. Pour déterminer l'époque où la terre a fait une révolution complète, il faut observer quand le soleil revient en conjonction avec une étoile fixe, et c'est ce qu'on appelle l'année sidérale. Supposant une étoile fixe située en E (fig. 1, pl. XI), le soleil ne

paroîtroit pas en conjonction avant que la terre fût revenue en A, point auquel elle se trouveroit avoir complété sa révolution.

EMILIE.

Et de combien l'année sidérale est-elle plus longue que l'année solaire ?

MAD. B.

Senlement de vingt minutes ; en sorte que la variation des points équinoxiaux est fort petite. Je lui ai donné beaucoup d'étendue dans la figure pour la rendre visible.

Par rapport au temps, j'ajouterai de plus que le mouvement diurne de la terre sur un axe incliné, conjointement avec sa révolution annuelle dans une orbite elliptique, occasionne tant de complication dans son mouvement, qu'il en résulte plusieurs irrégularités ; par conséquent, on ne peut pas mesurer par le soleil des temps vraiment égaux. Une horloge qui seroit toujours parfaitement exacte, chemineroit plus vite que le soleil dans certaine partie de son orbite et dans une autre plus lentement. Il y a quatre époques où le soleil et une bonne horloge se



rencontreront ; c'est le 15 d'Avril , le 16 de Juin , le 23 d'Août , et le 24 de Décembre.

EMILIE.

Et y a-t-il une différence considérable entre le temps solaire et l'autre temps ?

MAD. B.

La plus grande différence monte à quinze ou seize minutes. On a construit des tables d'équation pour marquer et corriger ces différences entre le temps solaire , qu'on appelle vrai , et le temps uniforme , qu'on appelle moyen.



---

## DIXIÈME CONVERSATION.

---

### DE LA LUNE , etc.

*Du mouvement de la lune. — Phases de la lune. — Eclipses de lune. — Eclipses des satellites de Jupiter. — De la latitude et de la longitude. — Des passages des planètes inférieures. — Des marées.*

MAD. B.

Nous fixerons aujourd'hui notre attention sur la lune , qui offre quelques phénomènes intéressans.

La lune tourne autour de la terre dans l'espace d'environ vingt-neuf jours et demi , dans une orbite presque parallèle à celle de la terre , et nous accompagne dans notre révolution autour du soleil.

EMILIE.

Son mouvement doit donc être d'une nature compliquée ; car comme la terre n'est pas stationnaire , mais qu'elle avance dans



son orbite, tandis que la lune chemine autour d'elle, ce satellite doit avancer dans une espèce de cercle progressif.

MAD. B.

C'est vrai ; il y a aussi d'autres circonstances qui s'opposent à la simplicité et à la régularité du mouvement de la lune, mais qui sont trop difficiles pour que vous puissiez les comprendre à présent.

La lune nous présente toujours la même face, ce qui montre évidemment qu'elle tourne sur son axe une fois, pendant qu'elle fait sa révolution autour de la terre ; en sorte que les habitans de la lune n'ont qu'une nuit et un jour dans le cours d'un mois lunaire.

CAROLINE.

Mais nous leur procurons l'avantage d'une lune magnifique, pour éclairer leurs longues nuits.

MAD. B.

Cet avantage n'est que partiel, car puisque nous voyons toujours le même hémisphère de la lune, les habitans de cet hémisphère peuvent seuls nous voir.

## CAROLINE.

Une moitié de la lune jouit donc de notre lumière toutes les nuits, tandis que l'autre moitié a constamment des nuits obscures. S'il y a des astronomes dans ce dernier hémisphère, ils doivent, sans doute, être fort tentés de visiter l'autre, pour contempler un si grand luminaire. Mais, je vous prie, voient-ils la terre sous toutes les diverses formes que la lune nous présente?

## MAD. B.

Précisément de même. Ces changemens se nomment les phases de la lune, et demandent quelque explication. Dans la figure 2, planche XI, que S représente le soleil, T la terre, et A, B, C, D, la lune dans différentes parties de son orbite. Quand la lune est en A, comme son côté obscur est tourné vers la terre, nous ne la voyons pas, comme en *a*; mais sa disparition est de bien courte durée, et à mesure qu'elle avance dans son orbite; nous l'apercevons sous la forme de nouvelle lune; quand elle a traversé un huitième de son orbite, en B, un quart de son hémisphère



éclairé est tourné du côté de la terre, et elle paroît alors en croissant, comme en *b*; quand elle a achevé le quart de son orbite, elle nous présente une moitié de son côté éclairé, comme en *c*; en *d*, elle prend une espèce de bosse; et en *e*, tout le côté éclairé se montre à nous, et nous avons la lune pleine. A mesure qu'elle avance dans son orbite, elle prend de nouveau une bosse, et son hémisphère éclairé se dérobe graduellement à nos yeux, jusqu'à ce qu'elle ait complété son orbite, point auquel elle disparoît, puis reprend sa forme de lune nouvelle.

Pour un habitant du soleil, la pleine lune et la nouvelle sont dites en conjonction, parce que ces points sont sur la ligne menée de la terre au soleil.

EMILIE:

Les éclipses ne sont-elles pas produites par la lune qui passe entre le soleil et la terre?

MAD. B.

Oui; quand la lune passe entre le soleil

et la terre, elle intercepte ses rayons, ou, en d'autres termes, elle jette une ombre sur la terre; alors le soleil est éclipsé, et le jour est obscurci, tant que l'ombre de la lune passe sur nous.

Quand au contraire la terre est entre le soleil et la lune, c'est nous qui interceptons les rayons du soleil, et qui jetons une ombre sur la lune. Elle est alors éclipsée.

EMILIE.

Mais comme la lune exécute sa révolution autour de la terre dans l'espace d'un mois, il faut que, pendant ce temps, elle se trouve une fois entre la terre et le soleil, et la terre doit de même être une fois entre le soleil et la lune. Cependant nous n'avons pas une éclipse solaire et une éclipse lunaire chaque mois?

MAD. B.

Les orbites de la terre et de la lune ne sont pas exactement sur le même plan, mais elles se croisent ou s'entrecoupent. Il arrive de là que, quand la lune est en conjonction avec le soleil, elle passe de l'un ou de l'autre



côté de l'orbite terrestre, et elle ne peut intercepter par conséquent les rayons du soleil, ni produire d'éclipse; car cela ne peut avoir lieu que quand la terre et la lune sont en conjonction dans les points où leurs orbites se croisent (et que l'on appelle les nœuds), parce que c'est là seulement que ces deux planètes sont l'une et l'autre en ligne droite avec le soleil.

EMILIE.

Et une éclipse partielle a lieu, je suppose, quand la lune en passant par la terre, ne s'écarte ni d'un côté ni de l'autre de l'ombre terrestre jusqu'au point de lui échapper tout-à-fait.

MAD. B.

Oui, le bord du disque de la lune plonge alors dans l'ombre et est éclipsé; mais vu la grandeur de la terre, quand l'éclipse a lieu précisément aux nœuds, non-seulement elle est totale, mais elle dure quelque temps. Lorsque le soleil est éclipsé, l'obscurité totale n'occupe qu'une partie de la terre; d'où il résulte que l'ombre et la lune elle-même sont l'une et l'autre plus petites que la terre.



Dans la fig. 1, pl. XII, vous trouverez décrite une éclipse solaire, S est le soleil, L la lune, et T la terre; l'ombre de la lune, comme vous voyez, n'est pas assez grande pour couvrir la terre.

Les éclipses de lune sont visibles de toutes les parties de la terre où la lune est au-dessus de l'horizon; et nous découvrons, par le temps que met la lune à traverser l'ombre de la terre, que cette ombre suffiroit pour éclipser totalement la lune, si celle-ci étoit quarante-neuf fois plus grande; d'où il suit que la terre est quarante-neuf fois aussi grande que la lune (1).

Dans la figure 2, S représente le soleil qui répand ses rayons de lumière dans toute direction en ligne droite; T est la terre, et L la lune. Or, un rayon de lumière, venant d'une des extrémités du disque du soleil dans la direction AB, en rencontrera un autre venant de l'extrémité opposée dans la direction CB; l'ombre ne peut pas par conséquent s'étendre au-delà de B; comme le soleil est plus grand

---

(1) Les diamètres de ces deux planètes étant dans le rapport de 3 à 11.

*Trad.*



Fig. 1.

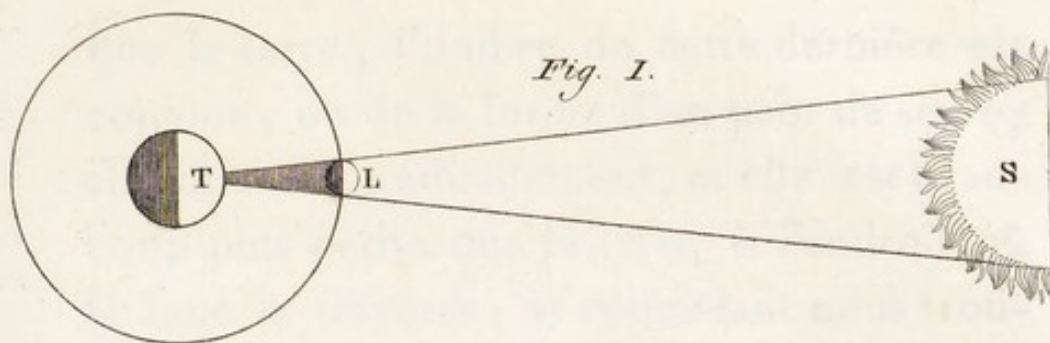


Fig. 2.

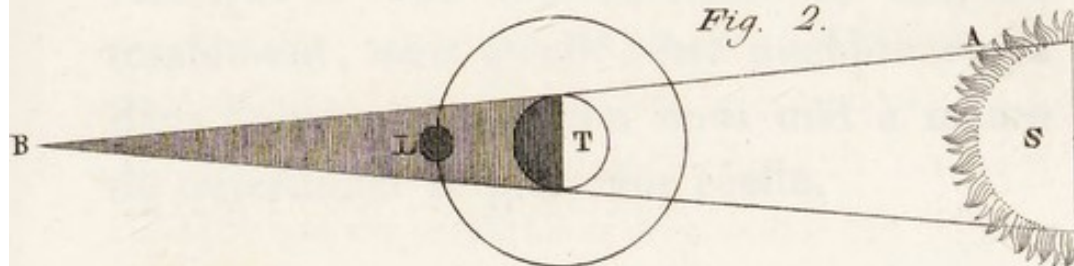


Fig. 3.

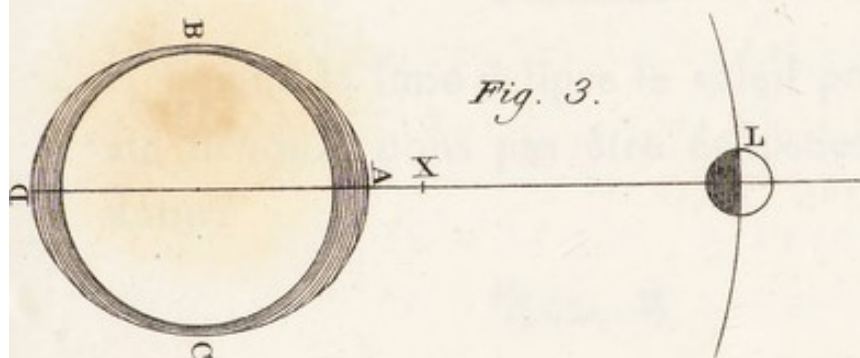


Fig. 4.

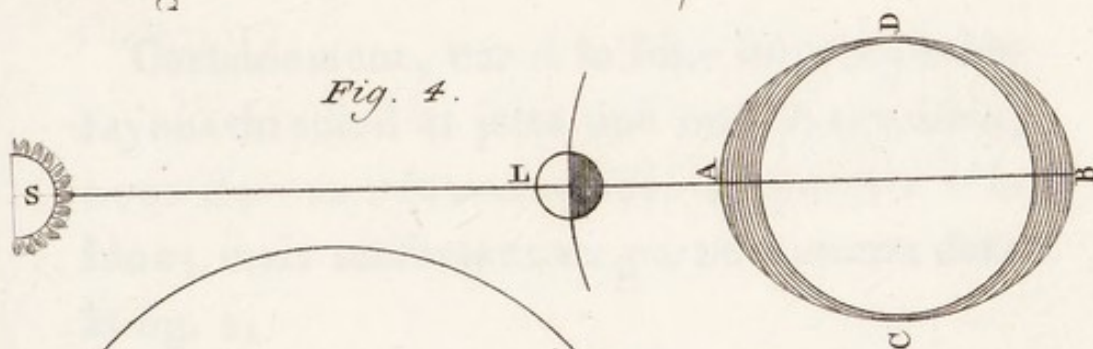
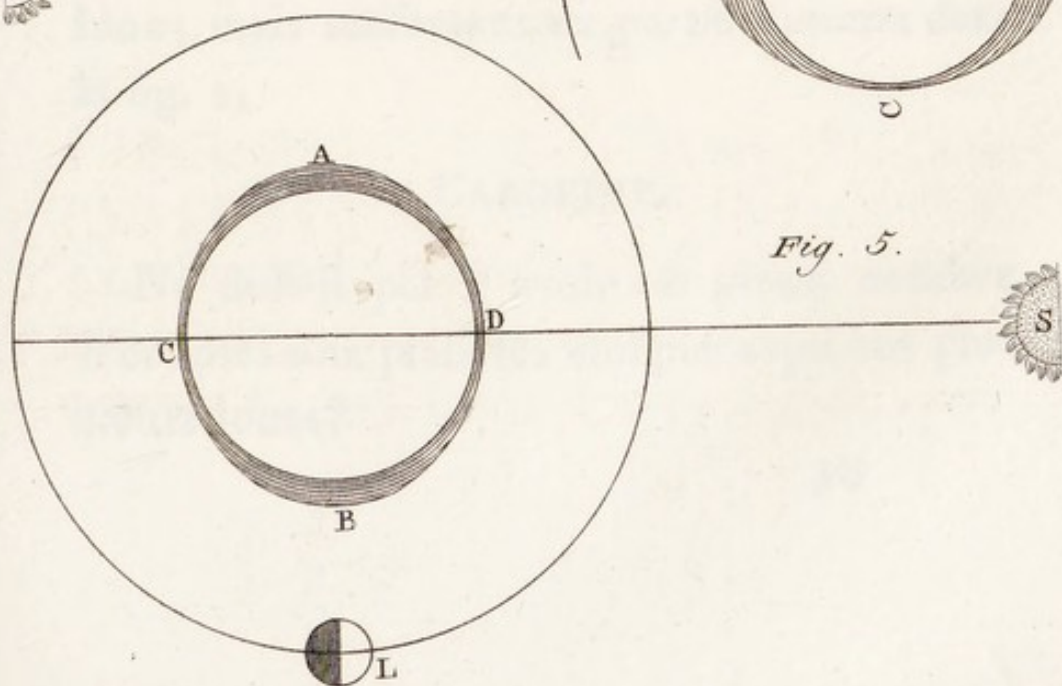


Fig. 5.







que la terre , l'ombre de cette dernière est conique , ou de la forme d'un pain de sucre ; elle diminue graduellement , et elle est beaucoup plus petite que la terre à l'endroit où la lune la traverse ; et cependant nous trouvons que la lune non seulement est éclipsée totalement , mais qu'elle reste quelque temps dans l'obscurité , ce qui nous met à même de déterminer sa grandeur réelle.

EMILIE.

Quand la lune éclipse le soleil pour nous , ne devons - nous pas être éclipsées pour la lune ?

MAD. B.

Certainement , car si la lune intercepte les rayons du soleil et jette une ombre sur nous , nous devons nécessairement disparaître à la lune ; mais seulement en partie comme dans la fig. 1.

CAROLINE.

Ne doit-il pas y avoir un grand nombre d'éclipses aux planètes éloignées qui ont plusieurs lunes ?

MAD. B.

Oui, peu de jours se passent sans qu'une éclipse ait lieu ; car dans le grand nombre de satellites, il doit arriver fréquemment que quelqu'un d'entr'eux passe entre sa planète et le soleil, ou soit éclipsé par sa planète. Les astronomes connoissent si bien le mouvement des planètes et de leurs satellites, qu'ils ont calculé non-seulement les éclipses de notre lune, mais aussi celles des satellites de Jupiter, et si exactement qu'ils se sont procuré par-là un moyen de reconnoître la longitude.

CAROLINE.

Mais n'est-il pas très - aisé de trouver la latitude et la longitude d'un lieu par une carte ou un globe ?

MAD. B.

Si vous connoissez votre situation, il n'y a pas de difficulté à trouver de cette manière la latitude ou la longitude du lieu ; mais en supposant que vous avez été long-temps sur mer, et que vous avez été surprise par une



tempête, une carte nous procureroit bien peu de secours pour découvrir où vous seriez.

CAROLINE.

Dans de telles circonstances, j'avoue que je ne pourrois découvrir ni la latitude ni la longitude.

MAD. B.

On peut aisément trouver la latitude en prenant la hauteur du pôle, c'est-à-dire, le nombre de degrés dont il est élevé sur l'horizon ; car le pôle paroît plus élevé, à mesure qu'on s'approche du pôle terrestre et moins élevé, à mesure qu'on s'en éloigne.

CAROLINE.

Mais, sans voir le pôle, comment pouvons-nous en prendre la hauteur ?

MAD. B.

Le pôle nord est dirigé constamment vers une partie du ciel, dans laquelle est une étoile nommée Etoile Polaire ; cette étoile se voit, dans les nuits claires, de presque tous les points de l'hémisphère nord ; d'où l'on peut

conclure que sa hauteur se confond presque avec celle du pôle. La latitude peut aussi se déterminer par des observations faites sur quelque'autre étoile fixe, ou sur le soleil; ainsi un vaisseau sur mer peut reconnoître assez aisément sa situation, par rapport au Nord et au Sud; mais il n'en est pas de même par rapport à l'Est et à l'Ouest, c'est-à-dire par rapport à sa longitude. Comme il n'y a point sur la terre de pôle Est, duquel nous puissions compter nos distances, il faut fixer quelque point particulier pour cela. Les Anglois comptent du méridien de Greenwich, où est situé l'observatoire royal; dans les cartes françoises, vous trouverez que la longitude se compte de Paris,

La rotation de la terre sur son axe en 24 heures de l'Ouest à l'Est occasionne, comme vous le savez, un mouvement apparent du soleil et des étoiles dans le sens contraire; et le soleil paroît tourner autour de la terre dans l'espace de 24 heures, parcourant 15 degrés, ou la vingt-quatrième partie de la circonférence de la terre, par heure; par conséquent, lorsqu'il est midi à Londres, il est une heure dans un lieu situé à quinze



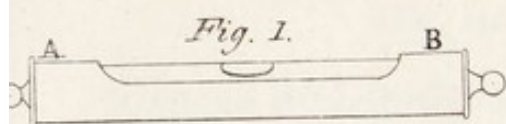


Fig. 3.



Fig. 4.

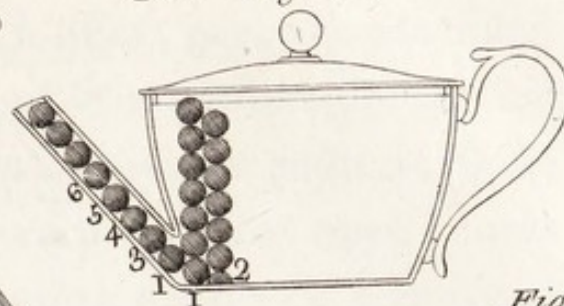


Fig. 5.

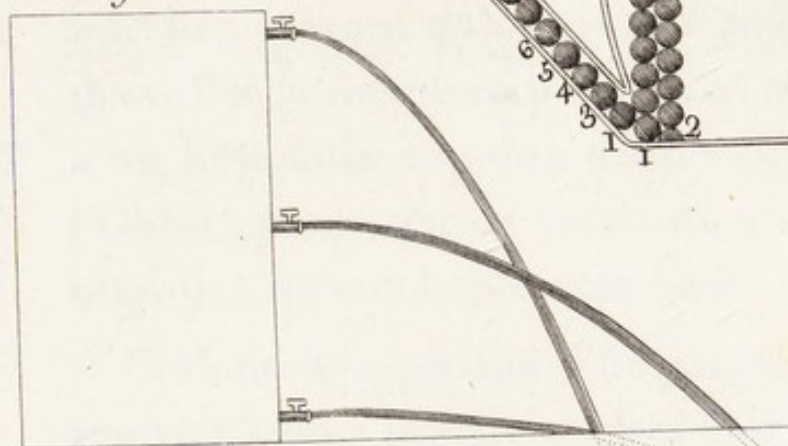


Fig. 2.



Fig. 6.

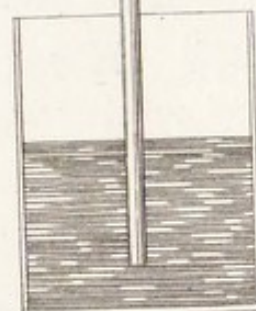


Fig. 7.

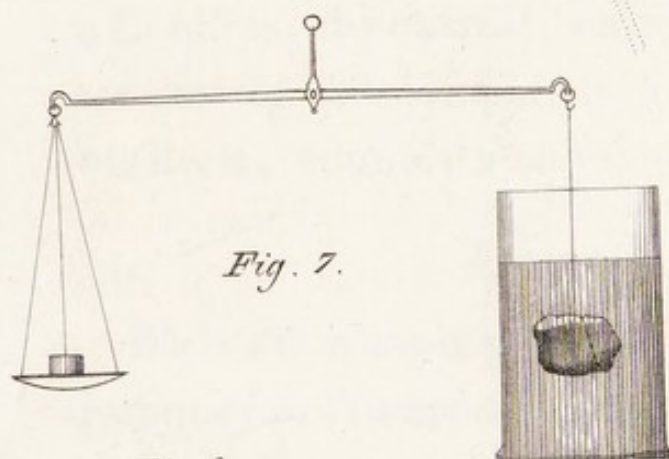


Fig. 8.

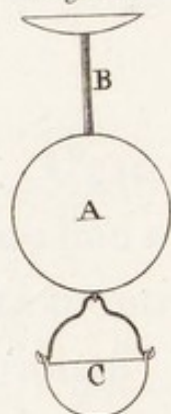
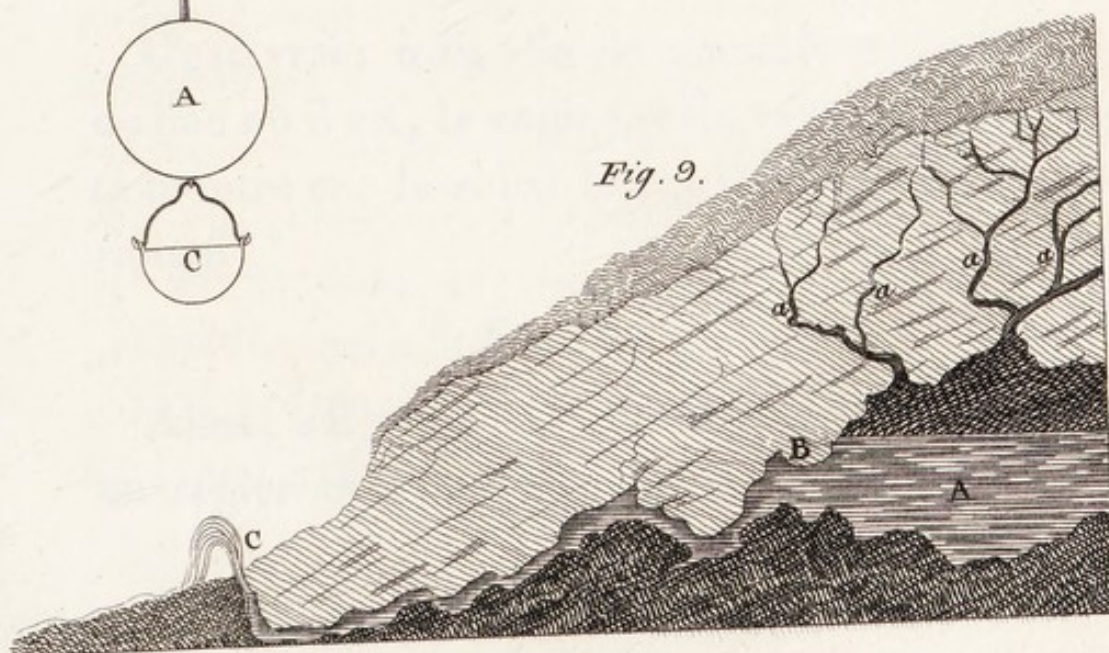


Fig. 9.







degrés de Londres à l'Est , parce que le soleil doit avoir passé par le méridien de ce lieu une heure avant qu'il atteigne celui de Londres. Par la même raison , il est onze heures à un lieu situé à quinze degrés de Londres à l'Ouest , parce que le soleil ne viendra à ce méridien qu'une heure plus tard.

Si donc le capitaine d'un vaisseau sur mer pouvoit savoir précisément quelle heure il est à Londres, il pourroit, en regardant sa montre et en la comparant à l'heure du lieu où il est, connoître sa longitude.

EMILIE.

Mais s'il n'avoit pas réglé sa montre, elle indiqueroit l'heure de Londres, puisque c'est de là qu'il venoit.

MAD. B.

C'est vrai ; mais afin de connoître l'heure du lieu où il est, le capitaine du vaisseau règle sa montre sur le soleil lorsqu'il passe au méridien.

EMILIE.

Ainsi, s'il avoit deux montres, il pourroit en régler une chaque jour et laisser l'autre

sans la changer; la première indiqueroit l'heure du lieu dans lequel il seroit; la seconde l'heure de Londres, et, en les comparant ensemble, il pourroit calculer sa longitude.

MAD. B.

Vous avez découvert, Emilie, un moyen de trouver la longitude qui, j'ai le plaisir de vous le dire, est adopté universellement; on se sert dans ce but de montres d'une construction supérieure, nommées chronomètres, ou garde-temps; mais les meilleures montres sont sujettes à des imperfections, et si les garde-temps alloient trop vite ou trop lentement d'une manière irrégulière, il n'y auroit pas de moyen pour reconnoître l'erreur; on ne peut donc pas accorder une pleine confiance à ces instrumens.

Il faut recourir aux éclipses des satellites de Jupiter. On a fait une table précise des temps auxquels tous ces satellites sont éclipsés pour un spectateur à Londres; quand, en quelque autre lieu, un observateur les voit éclipsés, il peut, en consultant la table, savoir quelle est l'heure à Londres; car l'éclipse est visible au même moment dans tous les



lieux de la terre où le satellite lui-même est visible. Ainsi, l'observateur n'a qu'à regarder la montre qui marque les heures du pays où il est. En observant la différence de temps qu'il y a entre cette heure et celle de Londres, il détermine immédiatement sa longitude.

Supposons qu'un certain satellite de Jupiter soit éclipsé à six heures du soir; qu'un homme sur mer regarde à sa montre, et trouve qu'au moment où l'éclipse a lieu il est dix heures du soir dans l'endroit où il se trouve; quelle sera sa longitude?

EMILIE.

Ce sera quatre heures plus tard qu'à Londres; quatre fois quinze degrés font soixante; il sera donc à soixante degrés de Londres à l'Est; car le soleil doit avoir passé à son méridien avant d'avoir atteint celui de Londres.

MAD. B.

Ainsi, l'heure est toujours plus avancée qu'à Londres, quand le lieu est à l'Est; et moins avancée quand, il est à l'Ouest. La lon-

gitude peut donc être déterminée tant que les éclipses de Jupiter sont visibles.

Mais ce ne sont pas seulement les planètes secondaires qui produisent des éclipses , car les planètes primaires près du soleil l'éclipsent pour celles qui sont à une distance plus grande , quand elles viennent en conjonction aux nœuds de leurs orbites ; mais comme les planètes primaires sont beaucoup plus lentes à tourner autour du soleil , que les satellites ne le sont à tourner de leurs planètes primaires , ces éclipses arrivent très-rarement.

Mercure et Vénus passent néanmoins quelquefois en ligne droite entre nous et le soleil , mais les planètes sont à une si grande distance de nous , que leurs ombres ne s'étendent pas si loin que la terre ; l'obscurité , par conséquent , n'a lieu sur aucune partie de notre globe ; mais la planète paroît comme une petite tache noire , passant sur le disque du soleil ; c'est ce qu'on appelle le passage d'une planète.

C'est par le dernier passage de Vénus , que les astronomes purent calculer avec quel-



qu'exactitude la distance de la terre au soleil, et les dimensions de ce dernier.

EMILIE.

J'ai entendu dire que la lune a de l'influence sur les marées, mais je ne puis concevoir ce que c'est que cette influence.

MAD. B.

Les marées sont produites par l'attraction de la lune, qui force les eaux à s'entasser.

CAROLINE.

L'attraction agit-elle sur l'eau plus puissamment que sur la terre? J'aurois cru que c'étoit justement le contraire; car la terre est certainement un corps plus dense que l'eau.

MAD. B.

Ce n'est pas pour être plus fortement attirées que les eaux s'élèvent; car cette supposition seroit fausse: mais la cohésion des fluides étant beaucoup moindre que celle des solides, ils cèdent plus aisément à la force de gravité; ce qui fait que les eaux, immédiatement au-dessous de la lune, s'entassent

et forment une protubérance qui produit, au point où cela arrive , le flux ou la haute-mer. Jusque-là , la théorie des marées n'est pas difficile à comprendre.

CAROLINE.

Rien ne peut être si simple ; les eaux pour s'élever au-dessous de la lune doivent entraîner celles du côté opposé du globe, et occasionner le reflux dans cette partie.

MAD. B.

Vous formez votre conclusion trop à la hâte, Caroline ; car selon votre théorie nous n'aurions la haute mer qu'une fois en vingt-quatre heures , c'est-à-dire , chaque fois que nous serions sous la lune ; tandis qu'au fait nous avons deux marées dans le cours de vingt-quatre heures, et que la haute mer a lieu en même temps pour nous , et pour nos antipodes.

CAROLINE.

Cependant il est impossible à la lune d'attirer en même temps la mer dans deux parties opposées du globe et dans deux directions contraires,



MAD. B.

Cette marée opposée est un peu plus difficile à expliquer que celle qui s'élève sous la lune ; néanmoins avec un peu d'attention, j'espère que je pourrai vous le faire comprendre.

Vous vous rappelez que la terre et la lune s'attirent mutuellement vers un point, leur centre commun de gravité et de mouvement ; pouvez-vous me dire qu'est-ce qui empêche qu'elles ne se rencontrent et ne se réunissent à ce point ?

EMILIE.

C'est leur force de projection, qui leur donne une tendance à fuir de ce centre.

MAD. B.

Et c'est de là que naît la force centrifuge. Or, nous savons qu'elle croît en proportion de la distance du centre de mouvement.

CAROLINE.

Oui, je me souviens que vous nous l'avez expliqué, et que vous nous donniez en

exemple le mouvement des ailes d'un moulin à vent, et d'une toupie qui tourne.

EMILIE.

Il n'y a que fort peu de jours que vous nous représentiez que les corps pesoient moins à l'équateur qu'aux régions polaires, parce que la force centrifuge croissoit dans les régions équatoriales.

MAD. B.

Très-bien. La force d'attraction, au contraire, croît lorsque la distance au centre de gravité diminue; quand, par conséquent, les deux centres de gravité et de mouvement sont au même point, comme c'est le cas relativement à la lune et à la terre, la force centrifuge et celle d'attraction sont dans un rapport inverse l'une de l'autre; ce qui veut dire, que là où l'une est plus forte, l'autre est plus foible.

EMILIE.

Ainsi, ces parties de l'océan qui sont attirées le plus fortement, auront une force centrifuge moindre; et les parties, qui sont le



moins attirées, auront une force centrifuge plus grande.

MAD. B.

Afin de rendre la question plus simple, supposons que la terre soit partout couverte par l'océan, comme elle est représentée dans la fig. 3, pl. XII; L est la lune; A, B, C, D la terre; et X, le centre commun de gravité et de mouvement de ces deux planètes. Maintenant les eaux à la surface de la terre autour de A, étant plus attirées que toute autre partie, seront élevées; car d'ailleurs l'attraction de la lune, en B et C, est moindre; et en D, la plus foible de toutes. Mais la force centrifuge en D sera la plus grande, et les eaux y auront, en conséquence, le plus de tendance à s'éloigner de la lune; les eaux, en B et C, en auront moins; et en A, moins que partout ailleurs. Donc les eaux en D tendent à s'éloigner, en même temps qu'elles sont moins attirées; ainsi elles ne peuvent manquer de s'élever et de former une protubérance, semblable à celle qui est en A.

EMILIE.

La marée A est donc produite par l'at-

traction de la lune et croît par la foiblesse de la force centrifuge en cette partie; et la marée D est produite par la force centrifuge, et croît par la foiblesse d'attraction de la lune.

CAROLINE.

Et quand la haute marée est en A et en D; il y a peu d'eau en B et en C. De nouveau maintenant, je crois comprendre la nature des marées, quoique ce soit moins aisé, je l'avoue, que je ne l'avois cru d'abord.

Mais, Mad. B., pourquoi le soleil ne produit-il pas des marées aussi bien que la lune; car son attraction est encore plus grande?

MAD. B.

Cela auroit lieu à une égale distance, mais notre proximité de la lune rend son influence plus puissante. Le soleil a néanmoins un effet considérable sur les marées, et les augmente ou les diminue suivant qu'il agit en conjonction ou en opposition avec la lune.

EMILIE.

Je n'entends pas très-bien.



MAD. B.

La lune met un mois à tourner autour de la terre; deux fois donc, pendant ce temps, à la pleine lune et à son renouvellement, elle est dans la même direction que le soleil; tous deux étant en conjonction agissent de même sur la terre, et produisent ensemble ce qu'on appelle les hautes marées, comme on le voit dans la figure 4, en A et B; mais quand la lune est à la partie intermédiaire de son orbite, le soleil, au lieu de l'aider, diminue sa force en agissant en opposition à elle; et il se produit de plus petites marées, qu'on nomme basses marées, comme on le voit dans la figure 5.

EMILIE.

J'ai souvent remarqué ces différences, quand j'ai été au rivage de la mer.

Mais puisque l'attraction est mutuelle entre la lune et la terre, nous devons produire des marées à la lune, et elles doivent être plus grandes à proportion de ce que notre planète est plus grande; cependant la lune ne paroît pas d'une forme ovale.

MAD. B.

Vous devez vous souvenir que, pour rendre l'explication des marées plus claire, nous supposions toute la surface de la terre couverte par l'océan; mais il n'en est pas ainsi, ni pour la terre ni pour la lune; et la terre, qui coupe l'eau, détruit la régularité de l'effet.

CAROLINE.

C'est vrai; nous devons néanmoins être sûrs que toutes les fois que la marée est haute, la lune est immédiatement sur nos têtes.

MAD. B.

On ne peut pas non plus dire cela; car comme un effet semblable est produit dans le lieu du globe, immédiatement sous la lune, et du côté le plus éloigné d'elle, elle ne peut pas culminer à la fois sur la tête des habitans de deux parties directement opposées. D'ailleurs, comme l'orbite de la lune est très-près d'être parallèle à celle de la terre, elle n'est jamais verticale que pour les habitans de la zone torride; dans ce climat, les marées sont donc plus grandes, et elles



diminuent à mesure que l'on s'en éloigne et que l'on s'approche des pôles.

CAROLINE.

Dans la zone torride , j'espère que vous m'accorderez que la lune est immédiatement au-dessus des lieux où on a la haute mer, ou directement opposée à ces lieux-là.

MAD. B.

Je ne puis pas même admettre cela ; car l'océan participe naturellement au mouvement de la terre dans sa rotation de l'Ouest à l'Est ; et dès lors la lune, en produisant une marée , se trouve avoir à combattre le mouvement des vagues qui vient de l'Est. La matière , comme vous le savez, s'oppose, par son inertie, à tout changement d'état ; les eaux par conséquent ne cèdent pas sans peine à l'attraction de la lune ; l'effet de son influence n'est complet que trois heures après son passage au méridien, et c'est à cette époque qu'a lieu la haute mer.

EMILIE.


Qu'est-ce qui fait , je vous prie , que la

marée retarde de trois quarts d'heure par jour ?

MAD. B.

C'est qu'il se passe vingt-quatre heures et trois quarts avant que le même méridien de notre globe revienne sous la lune. La terre tourne sur son axe à-peu-près en vingt-quatre heures ; si donc la lune étoit stationnaire , la même partie de notre globe, toutes les vingt-quatre heures, reviendrait sous la lune ; mais comme , pendant notre révolution diurne, la lune avance dans son orbite, la terre doit faire plus qu'une rotation complète pour ramener le même méridien sous la lune. Il nous faut trois quarts d'heure de plus pour l'atteindre. Les marées sont donc retardées par la même raison qui fait que la lune se lève trois quarts d'heure plus tard chaque jour.

Nous avons à présent fini, je crois, les observations que j'avois à faire sur l'astronomie. A notre premier entretien, je tâcherai de vous expliquer les élémens de l'hydrotatique.





## ONZIÈME CONVERSATION.

---

### DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES FLUIDES.

*Définition d'un fluide. — Distinction entre les fluides et les liquides. — Des fluides non élastiques, à peine susceptibles de compression. — De la cohésion des fluides. — De leur gravitation. — De leur équilibre. — De leur pression. — De la pesanteur spécifique. — De la pesanteur spécifique des corps plus pesans que l'eau. — Des corps de poids égal à l'eau. — Des corps plus légers que l'eau. — De la pesanteur spécifique des fluides.*

MAD. B.

**J**USQU'ICI notre attention ne s'est portée que sur les propriétés mécaniques des corps solides. Je les ai éclaircies, et j'espère qu'elles seront profondément gravées dans votre mémoire par les entretiens que nous avons eus

ensuite sur l'astronomie. Il faudra maintenant que je vous donne quelque connoissance des propriétés mécaniques des fluides, en particulier de leur équilibre. La science qui s'occupe de cet équilibre se nomme *hydrostatique*. Un fluide est une substance, qui cède à la plus petite pression. Quand vous plongez votre main dans un bassin d'eau, vous sentez à peine aucune résistance.

EMILIE.

L'attraction de cohésion est donc moins puissante dans les fluides que dans les solides ?

MAD. B.

Oui, les fluides, en général, sont des corps d'une densité moindre que les solides. On infère de la foible cohésion des particules des fluides et de la facilité avec laquelle elles glissent l'une sur l'autre, qu'on peut les concevoir comme petites, polies, et globuleuses (1); polies, parce qu'il paroît qu'il y

---

(1) Il est bien entendu que de telles conceptions, dont il est fait souvent emploi dans cet entretien, ne sont offertes, que pour mettre le sujet à la portée de l'élève.



a peu ou point de frottement entr'elles ; et globuleuses , parce que la foiblesse de leur cohésion s'explique par cela même qu'elles ne se touchent que par un seul point.

CAROLINE.

Quelle est , je vous prie , la distinction entre un fluide et un liquide ?

MAD. B.

Les liquides ne comprennent qu'une classe de fluides. Il y en a une autre classe , qu'on distingue par le nom de fluides élastiques , ou gaz , qui comprennent l'air atmosphérique et tous les différens genres d'air , que vous apprendrez à connoître quand vous étudierez la chimie. Nous examinerons dans notre prochain entretien leurs propriétés mécaniques , et nous traiterons ce matin des liquides , ou fluides non élastiques.

L'eau et les liquides en général , sont à peine susceptibles d'être comprimés ou d'être réduits à un espace plus petit que celui qu'ils occupent naturellement. On suppose que cela est dû à la petitesse extrême de leurs particules , qui , au lieu de se soumettre à

la pression, forcent leur route à travers les pores de la substance qui les contient. Ceci a été démontré par une expérience célèbre, faite il y a long - temps à Florence. Un globe d'or creux fut rempli d'eau, et soumis à une grande pression; on vit alors l'eau exsuder à travers les pores de l'or, qui se couvrit d'une fine rosée. L'effet de la pesanteur se manifeste dans les liquides d'une manière qui leur est propre, et qui ne peut avoir lieu dans les solides, parce que l'attraction de cohésion s'y oppose. Dans cette table, par exemple, la cohésion des particules du bois permet de soutenir, sur quatre pieds déliés, un poids considérable. Si la cohésion étoit détruite, ou, en d'autres termes, si le bois étoit converti en un fluide, on ne pourroit point soutenir la table par des pieds; car les particules n'étant pas unies ensemble, chacune presseroit indépendamment des autres et se nivelleroit avec la surface de la terre.

#### EMILIE.

Ce manque de cohésion est donc la raison pour laquelle les fluides ne peuvent jamais



former des figures permanentes ou s'entasser en monceaux ; car quoiqu'il soit vrai que le vent soulève l'eau et forme des vagues , la pesanteur les détruit aussitôt , et l'eau reprend son niveau.

MAD. B.

Comprenez-vous ce qu'on entend par le niveau ou l'équilibre des fluides ?

EMILIE.

Je le crois ; mais j'aurois quelque peine à le dire. Un fluide n'est-il pas de niveau quand sa surface est polie et plate comme c'est le cas de tous les fluides, quand ils sont en repos ?

MAD. B.

Ils sont polis , si vous voulez , mais pas plats ; car la définition de l'équilibre d'un fluide est que chaque partie de la surface est distante également du point auquel tend la gravité , c'est-à-dire du centre de la terre ; ainsi la surface de tous les fluides doit être bombée et non plate , puisqu'ils participent à la forme sphérique du globe. C'est ce qui

est très-évident dans les grandes masses d'eau, telles que l'Océan; mais la sphéricité des petites masses d'eau est si peu sensible, que leurs surfaces paroissent plates.

Ce niveau, ou cet équilibre des fluides, est le résultat naturel de la gravitation indépendante dont jouissent leurs particules; car quand une particule d'un fluide se trouve élevée accidentellement au-dessus des autres, elle est attirée en bas jusqu'au niveau de la surface du fluide, et la facilité avec laquelle les fluides cèdent à la plus petite impression permet à la particule de pénétrer, en vertu de son poids, dans la surface du fluide et de se mêler à lui.

CAROLINE.

Mais j'ai vu une goutte d'huile flotter sur la surface de l'eau sans se mêler à elle.

MAD. B.

C'est parce que l'huile est un liquide plus léger que l'eau et n'en est pas attirée. Voilà un instrument, nommé *niveau à bulle d'air* (fig. 1, pl. XIII), qui est construit sur le principe de l'équilibre des fluides. Il con-



siste en un tube court, AB, fermé aux deux bouts, et qui contient de l'eau, au-dessus de laquelle court librement une bulle d'air; quand le tube n'est pas parfaitement horizontal, l'eau descend vers l'extrémité inférieure, ce qui fait remonter la bulle d'air, qui se fixe enfin au milieu, lorsque le tube ne penche d'aucun côté. C'est ainsi, qu'en toute situation, cet instrument fait reconnoître le niveau du lieu.

On peut donc considérer les corps solides comme gravitant en masse; car la forte cohésion de leurs particules les fait tomber toutes ensemble, tandis que chaque particule d'un fluide peut être considérée comme composant une petite masse séparée de toutes les autres.

EMILIE.

Voilà pourquoi une masse d'eau qui tombe fait moins de mal qu'un corps solide de même poids.

MAD. B.

Les particules des fluides agissant ainsi d'une manière indépendante, se pressent

entr'elles en toute direction, non-seulement de haut en bas, mais aussi de bas en haut, et latéralement ou sur les côtés; et par suite de cette égalité de pression, chaque particule reste en repos dans le fluide. Si on agite le fluide, on trouble l'égalité de pression, et le fluide n'est tranquille que quand son équilibre est rétabli.

CAROLINE.

La pression de haut en bas est très-naturelle; c'est l'effet de la gravité, chaque particule pesant sur une autre la presse; mais je ne peux pas comprendre la pression de côté, et moins encore la pression de bas en haut.

MAD. B.

S'il n'y avoit pas de pression latérale, l'eau ne couleroit pas par une ouverture faite au côté d'un vase; si on remplit un vase de sable, il ne coule pas, comme l'eau, par une telle ouverture, parce qu'il y a à peine une pression latérale entre ses particules.

EMILIE.

Quand l'eau coule par le côté d'un vase,



ne doit-on pas l'attribuer au poids de l'eau au-dessus de l'ouverture ?

MAD. B.

Si les particules des fluides étoient arrangées en colonnes régulières, comme dans la figure 2, il n'y auroit pas de pression latérale ; car quand une particule est perpendiculaire sur l'autre, elle ne peut la presser que de haut en bas ; mais comme il doit arriver continuellement qu'une particule presse de haut en bas entre deux particules (fig. 3) ; ces dernières alors souffrent une pression latérale.

EMILIE.

C'est comme lorsqu'on pousse un coin dans un morceau de bois, et qu'il en sépare latéralement les parties.

MAD. B.

Oui. La pression latérale vient donc entièrement de la pression de haut en bas, ou du poids du liquide ; ainsi plus l'orifice d'un vase est bas, plus l'eau s'écoule avec vitesse. Voilà un vase d'eau (fig. 4), avec trois ro-

binets à différentes hauteurs; nous allons les ouvrir, et vous verrez les différens degrés de vitesse, avec lesquels l'eau en sort; comprenez-vous cela, Caroline ?

CAROLINE.

Oh oui. L'eau du jet supérieur ne recevant qu'une petite pression, à raison de son voisinage de la surface, coule fort doucement; l'eau qui sort du second robinet ayant au-dessus d'elle un plus grand poids est chassée avec plus de vitesse, et enfin le robinet d'en bas, étant le plus près du pied du vase, éprouve la pression de toute la masse supérieure, et l'eau coule avec la plus grande impétuosité.

MAD. B.

Très-bien; et vous devez observer que comme la pression latérale est due entièrement à la pression de haut en bas, elle n'est point influencée par les dimensions horizontales du vase qui contient l'eau, mais purement par sa profondeur; car, comme chaque particule agit indépendamment des autres, c'est seulement la colonne de particules im-



médiatement au-dessus de l'orifice qui peut peser sur elles et les forcer à sortir.

EMILIE.

La largeur du vase ne peut donc avoir aucune influence à cet égard. La pression latérale sur un côté, dans un vase cubique, n'est pas, je le suppose, si grande que la pression de haut en bas.

MAD. B.

Non; dans un vase cubique, la pression de haut en bas sera double de la pression latérale sur un côté; car chaque particule au fond d'un vase est pressée par une colonne de toute la profondeur du fluide, tandis que la pression latérale diminue du fond à la surface, où les particules n'exercent aucune pression.

CAROLINE.

Et d'où vient la pression des fluides de bas en haut? Elle me semble la plus inexplicable, vu qu'elle est en opposition directe à la gravité.

MAD. B.

Et cependant c'est une conséquence de leur pression de haut en bas. Quand, par exemple, vous versez de l'eau dans une théière, l'eau monte dans le goulot de niveau avec celle dans la théière. Les particules du fond sont pressées par les particules qui sont au-dessus d'elles, il faut qu'elles cèdent à cette pression; de manière ou d'autre, les particules supérieures se font un chemin; et comme elles ne peuvent pas descendre, elles changent de direction et montent dans le goulot.

Supposons que la théière soit pleine de colonnes de particules d'eau, semblables à ce qui est décrit fig. 4; la particule 1 du fond sera pressée latéralement par la particule 2, et par cette pression sera poussée dans le goulot, où rencontrant la particule 3, elle la pressera de bas en haut, et cette pression continuera de 3 à 4, de 4 à 5, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'eau dans le goulot ait monté jusqu'au niveau de celle de la théière.

EMILIE.

S'il n'y avoit pas cette pression de bas en



haut, qui force l'eau à monter dans le goulot, l'équilibre du fluide seroit détruit.

CAROLINE.

C'est vrai; mais la théière est grande, et le poids de la masse d'eau qu'elle contient peut aisément faire monter et soulever la petite quantité qui remplit le goulot. Mais le même effet auroit-il lieu, si le vase et le goulot étoient de la même grandeur?

MAD. B.

Sans doute, il auroit lieu. Vous pouvez toujours renverser l'expérience, en versant l'eau dans le goulot, et vous trouverez que l'eau monte dans la théière au niveau de celle du goulot; car la pression de la petite quantité d'eau dans le goulot, forcera à monter et soutiendra la plus grande quantité d'eau contenue dans la théière.

Dans la pression de bas en haut, aussi bien que dans la pression latérale, vous voyez que la force de pression dépend entièrement de la hauteur, et qu'elle est tout-à-fait indépendante des dimensions horizontales du fluide.

Comme une théière n'est pas transparente, faisons l'expérience en remplissant ce grand verre au moyen de ce tube étroit (fig. 6).

CAROLINE.

Regardez, Emilie, à mesure que Mad. B. le remplit; voyez comme l'eau monte dans le verre, pour maintenir l'équilibre avec celle du tube.

Maintenant, Mad. B., voulez-vous me permettre de remplir le tube en versant l'eau dans le verre?

MAD. B.

C'est impossible, néanmoins vous pouvez faire l'expérience, et je ne doute pas que vous ne soyez en état de nous dire pourquoi elle manquera.

CAROLINE.

C'est très-singulier; tandis qu'une colonne d'eau aussi petite que celle qui est contenue dans le tube peut faire monter et soutenir toute celle qui est dans le verre, le poids de toute l'eau qui est dans le verre ne peut pas forcer à monter la quantité qui remplit le



tube ; ... oh ! j'en vois à présent la raison , l'eau du verre ne peut pas forcer celle qui est dans le tube à monter au-dessus de son niveau ; et comme le bout du tube est beaucoup plus haut , il ne peut jamais se remplir en versant de l'eau dans le verre.

MAD. B.

Et si vous continuez à verser de l'eau dans le verre quand il est plein , l'eau coulera hors du verre , au lieu de monter au-dessus du niveau dans le tube.

Je vous expliquerai à présent ce qu'on entend par la *pesanteur spécifique* des corps.

CAROLINE.

Quoi donc ! Est - ce une autre espèce de pesanteur que nous ne connoissons pas encore ?

MAD. B.

Non ; la pesanteur spécifique d'un corps est simplement son poids comparé à celui d'un autre corps de même grandeur. Quand on dit que des substances, telles que le plomb

et les pierres, sont pesantes, et que d'autres, telles que le papier et les plumes, sont légères, on parle comparativement; c'est-à-dire, que les premières sont pesantes et les secondes légères, en comparaison de la généralité des substances naturelles; appellera-t-on le bois et la craie des corps légers ou des corps pesans?

CAROLINE.

Quelques espèces de bois sont sûrement pesantes, comme le chêne et l'acajou; d'autres bois sont légers, comme le sapin et le buis.

EMILIE.

Pour moi, je crois que j'appellerai le bois un corps pesant, en général; car le sapin et le buis ne sont légers qu'en comparaison des bois que vous avez nommés pesans. Je ne saurois déterminer, si la craie doit se ranger dans les corps pesans ou dans ceux qui sont légers; je pencherois plutôt pour la première dénomination, si ce n'étoit que ce minéral est plus léger que beaucoup d'autres. J'aperçois que nous n'avons que des notions



vagues sur la légèreté et la pesanteur. J'aimerois qu'il y eût quelque point de comparaison, auquel nous pussions rapporter la pesanteur de tous les autres corps.

MAD. B.

On a senti la nécessité d'un tel point de comparaison, et on a fait choix d'un corps déterminé pour remplir ce but. Quelle substance croyez-vous qu'on auroit le mieux fait de prendre pour cela?

CAROLINE.

Ce doit être un corps connu généralement et que l'on peut facilement se procurer ; le plomb ou le fer, par exemple.

MAD. B.

Tous les métaux se dilatent par la chaleur et se condensent par le froid (1). Un morceau de plomb, disons, par exemple, un

---

(1) Ce désavantage, que l'eau partage avec les métaux, peut être prévenu en fixant le degré de température. Mais l'eau remplit mieux toutes les conditions désirées, dont une va être expliquée.

(*Note du Traducteur.*)

pouce cube, auroit moins de pesanteur spécifique en été qu'en hiver ; car il seroit plus dense dans cette dernière saison.

CAROLINE.

Mais, Mad. B., si on compare le poids de quantités égales de différens corps, ils seront tous égaux. Vous connoissez ce qu'on dit vulgairement, qu'une livre de plume est aussi pesante qu'une livre de plomb ?

MAD. B.

Si donc on comparoit le poids de différentes espèces de corps, il seroit absurde de prendre des quantités de *poids* égales, mais il faudroit prendre des quantités égales en *volume* ; des pintes ou des litres, et non des livres ou des grammes.

CAROLINE.

C'est bien vrai. Je m'embrouillois en supposant que la quantité se rapportoit au poids plutôt qu'à la mesure. Il est vrai qu'il seroit aussi absurde de comparer les corps de la même grandeur pour reconnoître lequel est le plus grand, que de comparer des corps du



même poids pour découvrir lequel est le plus pesant.

MAD. B.

En estimant la pesanteur spécifique des corps, il faut donc comparer des volumes égaux, et on trouvera que leur pesanteur spécifique est proportionnelle à leurs poids. Le corps qu'on a adopté comme terme de rapport est l'eau distillée.

EMILIE.

Je m'étonne qu'on ait choisi pour ce but un fluide, vu qu'il faut qu'il soit contenu dans quelque vase, ce qui exige que le poids du vase soit déduit.

MAD. B.

Pour connoître la pesanteur spécifique d'un corps solide, il n'est pas nécessaire d'en mettre une certaine mesure dans une balance et une mesure égale d'eau dans l'autre bassin; mais il suffit simplement de peser dans l'eau le corps qu'on veut éprouver; si vous pesez un morceau d'or dans un verre d'eau, l'or ne déplacera-t-il pas un volume d'eau justement égal au sien propre?

CAROLINE.

Certainement ; là où est un corps , un autre ne peut pas être en même temps ; en sorte qu'il faut qu'il s'écarte une quantité d'eau suffisante pour faire de la place à l'or.

MAD. B.

Oui , un ponce cube d'eau fait place à un ponce cube d'or ; souvenez-vous que le volume seul doit être considéré , le poids n'a rien à faire avec la quantité d'eau déplacée , car un ponce d'or n'occupe pas plus d'espace , et par conséquent ne déplace pas plus d'eau qu'un ponce d'ivoire , ou de toute autre substance que l'on plonge dans l'eau.

Mais vous serez peut-être surprises d'entendre dire que l'or pèse moins dans l'eau que hors de l'eau ?

EMILIE.

Et par quelle raison ?

MAD. B.

Par l'effet de la pression de bas en haut des particules d'eau , qui soutiennent l'or jusqu'à un certain point et par-là diminuent



son poids. Si le corps plongé dans l'eau étoit de la même pesanteur que ce fluide , il seroit tout soutenu par lui, précisément comme l'eau qu'il déplacé étoit soutenue avant d'avoir fait place au corps solide. Si le corps est plus pesant que l'eau, il ne peut pas être tout-à-fait soutenu par elle, mais l'eau fait quelque résistance à sa chute.

CAROLINE.

Et cette résistance étant produite par la pression de bas en haut des particules du fluide, elle doit, je pense, être la même dans tous les cas ?

MAD. B.

Oui ; la résistance du fluide est proportionnée au volume et non au poids du corps qui y est plongé , tous les corps de la même grandeur perdent donc dans l'eau la même quantité de leur poids. Pouvez - vous vous former une idée de ce que doit être cette perte ?

EMILIE.

Je croirois qu'elle doit être égale au poids

de l'eau déplacée; car, puisque cette portion de l'eau étoit soutenue avant l'immersion du solide, un poids égal du solide sera soutenu de même.

### MAD. B.

Vous avez parfaitement raison; un corps pesé dans l'eau (1) perd justement le poids de l'eau qu'il déplace; en sorte que si on mettoit l'eau déplacée dans le bassin de la balance auquel le corps est suspendu, l'équilibre se rétablirait.

Vous devez remarquer que quand on pèse un corps dans l'eau, pour reconnoître sa pesanteur spécifique, il ne faut pas plonger le bassin de la balance dans l'eau, mais il faut suspendre le corps à un crochet au-dessous du bassin, ou bien enlever le bassin et suspendre le corps immédiatement au bras de

---

(1) Dans cette expérience on prend une balance; au dessous d'un des bassins on suspend le corps qu'on veut peser hydrostatiquement, et après l'avoir mis en équilibre avec un poids à la manière ordinaire, on plonge ce corps dans l'eau, comme l'auteur va le dire, sans déranger l'appareil.

(Note du Traducteur.)



a balance ( fig. 7 ). Supposez maintenant qu'un ponce cube d'or pèse 19 onces hors de l'eau et qu'il perde 1 once de son poids en étant plongé dans l'eau , quelle seroit sa pesanteur spécifique?

CAROLINE.

Le ponce cube d'eau qu'il déplace doit peser 1 once , et comme un ponce cube d'or pèse 19 onces , l'or est 19 fois aussi pesant que l'eau.

EMILIE.

Je me souviens d'avoir vu une table de comparaison de la pesanteur des différens corps , dans laquelle l'or me paroissoit avoir 19 mille fois la pesanteur de l'eau.

MAD. B.

Vous avez mal compris ce que vouloit dire la table. Dans cette estimation, la pesanteur de l'eau étoit comptée pour mille. Remarquez que l'expression de la pesanteur d'une substance , quand on ne la compare à aucune autre , est parfaitement arbitraire ; dès qu'on a pris l'eau comme étalon de mesure ,

on peut désigner sa pesanteur par le nombre qu'on veut ; mais alors le poids des autres corps , calculé sur cet étalon , doit être désigné par des nombres proportionnels.

CAROLINE.

On peut, par exemple , regarder la pesanteur de l'eau comme *un* , et alors celle de l'or seroit *dix-neuf* ; ou, si nous voulons appeler 1000 la pesanteur de l'eau , celle de l'or seroit 19000. En un mot, la pesanteur spécifique indique combien un corps pèse plus qu'un volume égal d'eau.

MAD. B.

C'est plutôt le poids d'un corps comparé à celui de l'eau ; car la pesanteur spécifique de quelques substances est moindre que celle de l'eau.

CAROLINE.

Alors on ne peut pas connoître la pesanteur spécifique de telles substances de la même manière que celle de l'or ; car un corps qui est plus léger que l'eau flotte à sa surface sans déplacer d'eau.



MAD. B.

Si un corps étoit absolument léger, il est vrai qu'il ne déplaceroit pas une goutte d'eau, mais les corps dont nous nous occupons, quelque petits qu'ils soient, ont tous quelque poids, et déplacent par conséquent quelque quantité d'eau; si le corps est plus léger que l'eau, il ne plonge pas jusqu'au niveau de la surface, et par conséquent il ne déplace pas un volume d'eau égal au sien, mais un volume d'eau d'un poids égal au sien. Un vaisseau, comme vous devez l'avoir observé, plonge à quelque profondeur dans l'eau; et plus il est chargé pesamment, plus il s'enfonce, vu qu'il déplace toujours une quantité d'eau d'un poids égal au sien.

CAROLINE.

Mais vous venez de nous dire que, dans l'immersion de l'or, il falloit considérer le volume et non le poids du corps.

MAD. B.

C'est ainsi qu'il faut en user avec toutes les substances qui sont plus pesantes que l'eau;

mais puisque celles qui sont plus légères ne déplacent pas autant d'eau que leur propre volume , la quantité qu'elles déplacent ne peut servir à déterminer leur pesanteur spécifique.

Pour obtenir la pesanteur spécifique d'un corps qui est plus léger que l'eau , il faut lui en attacher un plus pesant , dont on connoisse la pesanteur spécifique , et les plonger ensemble ; la pesanteur spécifique du corps léger peut alors se calculer aisément.

EMILIE.

Mais y a-t-il quelques corps qui aient exactement la même pesanteur spécifique que l'eau ?

MAD. B.

Sans doute ; et de tels corps resteront en repos dans quelque situation qu'on les place dans l'eau. Voici un morceau de bois qui, étant imprégné d'un peu de sable, est rendu précisément du poids d'une quantité d'eau de même volume ; dans quelque partie de ce vase d'eau que vous le placiez , vous verrez qu'il reste stationnaire.



## CAROLINE.

Je le mettrai d'abord au fond ; il est clair qu'il ne peut pas monter, parce qu'il n'est pas plus léger que l'eau. A présent je le placerai au milieu du vase, il ne montera ni ne descendra, parce qu'il n'est ni plus léger ni plus pesant que l'eau. Maintenant je le coucherai sur la surface de l'eau, mais je vois qu'il s'enfonce un peu ; quelle en est la raison, Mad. B. ?

## MAD. B.

Puisqu'il n'est pas plus léger que l'eau, il ne peut pas flotter à sa surface ; puisqu'il n'est pas plus pesant que l'eau, il ne peut pas s'enfoncer au - dessous de sa surface ; il ne s'enfoncera donc que jusqu'au point nécessaire pour que les surfaces supérieures des deux corps soient de niveau, et que le morceau de bois ne soit couvert que d'une couche d'eau. Si vous en versez quelques gouttes dans le vase ( assez doucement pour ne pas augmenter leur quantité de mouvement, en leur donnant de la vitesse ), elles se mêleront avec l'eau à la surface, et ne s'enfonceront pas plus bas.

CAROLINE.

Ce doit être sans doute la raison pour laquelle, en tirant d'un puits un seau d'eau, le seau semble si pesant quand il monte au-dessus de la surface de l'eau dans le puits ; car tandis qu'on le monte dans l'eau, celle dont il est rempli, étant de la même pesanteur spécifique que l'eau qui l'entoure, est soutenue en entier, par la pression de bas en haut, de celle qui est sous le seau et demande ainsi peu de force pour être soulevée ; mais aussitôt que le seau arrive à la surface du puits, on aperçoit immédiatement l'augmentation de poids.

EMILIE.

Et comment reconnoit-on la pesanteur spécifique des fluides ?

MAD. B.

Au moyen d'un instrument nommé *hydromètre* ou *aréomètre*, que je vous montrerai. Il est composé d'une boule mince de verre, A (fig. 8, pl. XIII), avec un tube gradué, B, et la pesanteur spécifique du liquide s'estime



par la profondeur à laquelle l'instrument s'y plonge. Il y a une boule plus petite, C, attachée au bas de l'instrument et qui contient un peu de mercure ; mais ce métal ne sert qu'à maintenir en équilibre l'instrument, pour qu'il puisse rester droit dans le liquide que l'on éprouve.

Il faut à présent que je vous quitte, mais il reste encore quelques observations à faire sur les fluides ; nous reprendrons donc ce sujet à notre prochain entretien.



---

## DOUZIÈME CONVERSATION.

---

### DES SOURCES, DES FONTAINES, etc.

*De l'ascension de la vapeur et de la formation des nuages. — De la formation et de la chute de la pluie, etc. — De la formation des sources. — Des rivières et des lacs. — Des fontaines. —*

CAROLINE.

**I**L y a une question que je voudrois bien vous faire touchant les fluides, Mad. B., et qui m'a souvent embarrassée. Pourquoi la grande quantité de pluie, qui tombe sur la terre et qui s'y enfonce, ne détruit-elle pas avec le temps sa solidité? Je sais bien que le soleil et le vent sèchent la surface; mais ils ne font pas d'effet sur la partie intérieure, où il doit y avoir une accumulation prodigieuse d'humidité.



MAD. B.

Ne savez-vous pas qu'à la longue toute l'eau qui pénètre le sol en sort et s'élève ? C'est la même eau qui successivement forme les mers, les rivières, les sources, les nuages, la pluie, et quelquefois la grêle, la neige et la glace. Si vous prenez la peine de la suivre à travers ces divers changemens, vous comprendrez comment la terre n'est pas submergée par la quantité d'eau, qui est tombée sur elle depuis sa création ; et vous serez même convaincue qu'elle ne contient pas une seule goutte d'eau de plus qu'elle n'en contenoit à cette époque.

Considérons comment les nuages se formèrent dans l'origine, quand les premiers rayons du soleil réchauffèrent la surface de la terre ; la chaleur, en s'emparant des particules d'eau, les rendit plus légères que l'air. C'est ainsi, vous le savez, que se forme la vapeur. Qu'en doit-il arriver ?

CAROLINE.

Quand l'eau deviendra plus légère que



l'air, elle montera naturellement ; et je me souviens à présent que vous nous avez dit, dans une leçon précédente , que la chaleur du soleil transforme en vapeur les particules de l'eau, ce qui la fait monter dans l'atmosphère, où elle forme les nuages.

MAD. B.

Nous avons donc suivi déjà l'eau à travers deux de ses transformations ; de l'eau provient la vapeur, et de la vapeur proviennent les nuages.

EMILIE.

Mais puisque cette vapeur aqueuse est plus légère que l'air, pourquoi ne continue-t-elle pas à monter, et pourquoi se réunit-elle pour former des nuages ?

MAD. B.

Parce que l'atmosphère diminue en densité à mesure qu'elle s'éloigne de la terre. Ainsi la vapeur que le soleil fait exhiler, non-seulement des mers, des rivières et des lacs, mais encore de l'humidité de la terre, s'élève jusqu'à ce qu'elle parvienne à une région de l'air de sa



propre pesanteur spécifique; vous savez qu'elle y restera stationnaire par l'addition fréquente de quelque nouvelle vapeur froide; elle s'accumule graduellement de manière à former ces grandes masses qu'on nomme nuages, et qui à la fin devenant trop pesantes pour que l'air les supporte, tombent à terre.

CAROLINE.

Oui, elles tombent à terre quand il pleut; mais suivant votre théorie, j'aurois imaginé que quand les nuages deviennent trop pesans, pour que la région de l'air dans laquelle ils étoient situés puisse les soutenir, ils auroient descendu jusqu'à ce qu'ils fussent parvenus à une couche d'air de leur propre poids, et qu'ils ne seroient pas tombés jusqu'à terre; car comme les nuages sont formés de vapeur, ils ne peuvent pas être si pesans que les régions inférieures de l'atmosphère, autrement la vapeur n'auroit pas monté.

MAD. B.

En examinant la manière dont les nuages descendent, on résout cette objection. En tombant, quelques-unes des particules



aqueuses viennent dans leur sphère d'attraction mutuelle , et s'unissent en forme de gouttes. La vapeur ainsi transformée en pluie, est plus pesante qu'un volume égale de l'atmosphère , et descend par conséquent vers la terre.

CAROLINE.

Ce phénomène est curieux !

MAD. B.

Il est impossible de considérer attentivement aucune partie de la nature sans reconnoître la sagesse qui s'y déploie, et j'espère que vous ne contemplerez jamais ces merveilles sans sentir votre cœur enflammé d'admiration et de gratitude envers l'auteur de tant de biens. Observez que si les eaux n'étoient jamais remontées de la terre , toute la végétation auroit été détruite par l'excès d'humidité ; si , au contraire , les planètes n'étoient pas nourries et rafraîchies par des ondées occasionnelles, la sécheresse seroit pour elles également fatale. Si les nuages restoient constamment dans un état de vapeur , ils pourroient , comme vous le



remarquez, descendre dans une couche plus pesante de l'atmosphère, mais ils ne tomberoient jamais à terre; ou si la force d'attraction étoit plus que suffisante pour convertir la vapeur en gouttes, elle transformeroit le nuage en une masse d'eau qui, au lieu de nourrir les produits de la terre, ne serviroit qu'à les détruire.

L'eau monte donc sous forme de vapeur, et descend sous celle de pluie, de neige ou de grêle; toutes finalement deviennent de l'eau, dont une partie va grossir les mers qui couvrent la surface du globe, et dont l'autre tombe sur la terre. De cette dernière, une partie remonte en forme de vapeur, une autre est absorbée par les racines des végétaux, et une dernière partie enfin pénètre dans le sein de la terre, où elle forme des sources.

EMILIE.

Est-ce que l'eau de pluie et celle des sources est la même ?

EMILIE.

Oui, dans l'origine. La seule différence



entre l'eau de pluie et l'eau de source consiste dans les particules étrangères que la dernière rencontre et dissout dans son passage à travers les différents terrains qu'elle parcourt.

CAROLINE.

Cependant l'eau de source est plus agréable au goût, elle semble plus transparente, et j'aurois supposé qu'elle étoit plus pure que l'eau de pluie.

MAD. B.

Non ; à l'exception de l'eau distillée, l'eau de pluie est la plus pure qu'on puisse obtenir ; et c'est sa pureté qui la rend insipide, tandis que les sels variés et les différens ingrédiens, dissous dans de l'eau de source, lui donnent une espèce de saveur, sans altérer en aucune manière sa transparence ; et la filtration qu'elle subit à travers le gravier et le sable, dans les entrailles de la terre, la purifie de toutes les matières étrangères qu'elle n'a pas la force de dissoudre.

Quand la pluie tombe sur la surface de la terre, elle continue à couler à travers les



pores et les crevasses de la terre. Quand plusieurs gouttes se rencontrent dans leurs passages souterrains , elles s'unissent et forment un petit ruisseau; celui-ci, en avançant rencontre d'autres ruisseaux de la même sorte , et ils poursuivent ensemble leur course souterraine , jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés par quelque substance qu'ils ne puissent pas pénétrer.

CAROLINE.

Mais vous disiez que l'eau peut pénétrer même les pores de l'or; elle ne peut guère rencontrer une substance plus dense ?

MAD. B.

L'eau ne pénètre les pores de l'or que quand on lui fait subir une forte compression, comme dans l'expérience de Florence; mais, dans son cours vers le centre de la terre, l'eau n'est poussée par aucune autre force que celle de la pesanteur, qui ne suffit pas pour lui ouvrir un chemin à travers une couche d'argile. Cette espèce de terre, quoiqu'elle ne soit pas fort dense, a beaucoup de ténacité, et ne donne pas pas-



ser les particules d'eau. Quand ce liquide rencontre une substance de cette nature, sa course est arrêtée, et la pression des eaux accumulées forme un lit ou un réservoir. Cela s'expliquera très-clairement par la figure 9, planche XIII, qui représente une section ou l'intérieur d'une colline ou d'une montagne. A est une masse d'eau, telle que je l'ai décrite, qui, quand elle s'élève jusqu'en B ( par l'addition continuelle des eaux qu'elle reçoit des conduits ou ruisseaux  $a, a, a, a$  ), trouve un passage hors de la cavité; et qui, poussée par la gravité, coule jusqu'à ce qu'elle se fraye un chemin hors de la terre sur le flanc de la colline, où elle forme une source, C.

CAROLINE.

La gravité pousse en bas vers le centre de la terre; et la source dans cette figure coule dans une direction horizontale.

MAD. B.

Pas entièrement. Il y a quelque inclinaison du réservoir au trou par où l'eau sort de la terre, et vous savez que la gravité entraîne



les corps sur un plan incliné , aussi bien que dans la direction perpendiculaire.

CAROLINE.

Mais quoique la source puisse descendre au premier moment où elle sort , il faut souvent qu'elle monte pour atteindre la surface de la terre ; et cela dans une direction entièrement opposée à la gravité.

MAD. B.

Une source ne peut jamais monter au-dessus du niveau du réservoir d'où elle sort ; il faut par conséquent qu'elle trouve un passage quelque part à la surface de la terre, plus bas ou plus près du centre que le réservoir. Il est vrai que , dans cette figure , la source monte occasionnellement en passant de B en C ; mais je crois , qu'avec un peu de réflexion , vous pourrez vous rendre compte de ce mouvement.

EMILIE.

Oh oui ; cela est dû à la pression des fluides de bas en haut , et l'eau monte dans le conduit par le même principe que dans

le goulot d'une théière , c'est-à-dire , pour conserver l'équilibre avec l'eau du réservoir. Je crois à présent que je comprends la nature des sources; l'eau coulera dans un canal, soit qu'il monte , soit qu'il descende , pourvu qu'il ne monte jamais plus haut que le réservoir.

MAD. B.

L'eau peut ainsi être portée dans toutes les parties d'une ville , et dans le haut des maisons , si elle part originairement d'une hauteur supérieure à celle à laquelle on la veut faire monter. N'avez-vous jamais observé, quand on refait le pavé des rues , les tuyaux qui servent à conduire l'eau par la ville ?

EMILIE.

Oui , souvent; et j'ai remarqué que quand on ouvre un de ces tuyaux , l'eau en sort de bas en haut avec une grande vitesse qui est due , je suppose , à la pression de l'eau du réservoir.

CAROLINE.

Je me souviens d'avoir vu une fois un verre très-curieux , nommé coupe de Tantale; c'est





Fig. 1.

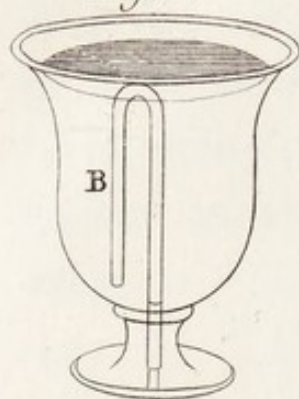


Fig. 2.

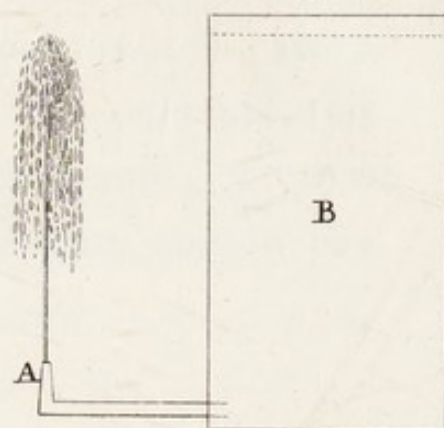


Fig. 3.



Fig. 4.

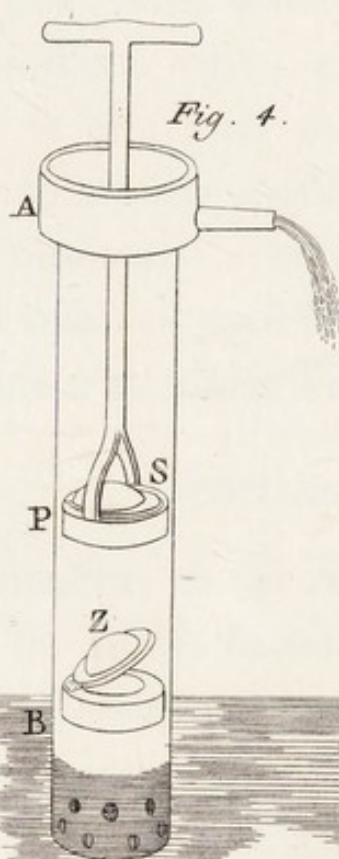


Fig. 5.

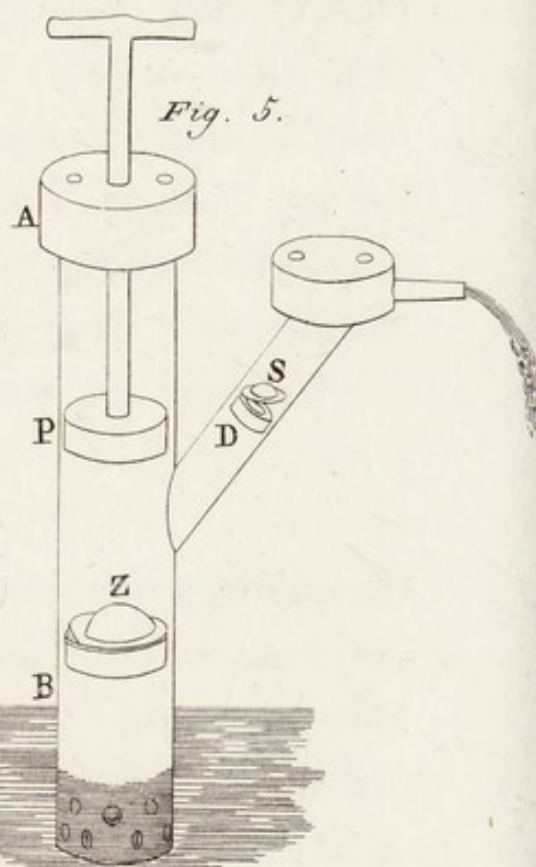
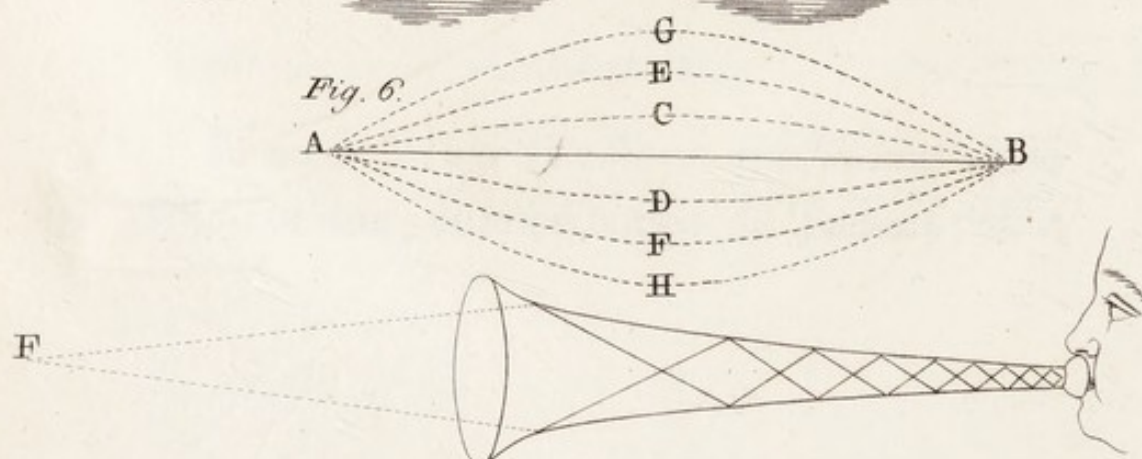


Fig. 6.





un gobelet au fond duquel est fixé debout une petite figure d'homme, et dans lequel l'eau, en quelque quantité qu'on l'y verse, ne monte jamais plus haut que la poitrine de la figure. Savez-vous comment cela se fait?

MAD. B.

C'est au moyen d'un siphon ou tube replié, qui est caché dans le corps de la figure. Il monte, à travers une des jambes, jusqu'à la poitrine; là, se repliant, il descend à travers l'autre jambe, et de là, perce la base du gobelet, d'où l'eau sort (figure 1, planche XIV). Quand on met de l'eau dans le verre A, elle monte dans le siphon B, à mesure qu'elle s'élève dans le verre; et quand le verre est rempli au niveau de la partie supérieure du siphon, l'eau s'écoule en dehors à travers l'autre jambe de la figure; et continue de couler aussi long-temps qu'on en verse; par conséquent, le verre ne peut jamais se remplir plus haut.

EMILIE.

Je pense que le nouveau puits qu'on a fait à notre campagne doit être de cette nature.



Nous avons une grande disette d'eau, et mon père a fait beaucoup de dépense pour creuser un puits ; après avoir pénétré à une grande profondeur avant d'avoir pu trouver de l'eau, on a découvert à la fin une source ; mais l'eau n'est montée que peu de pieds au-dessus du fond du puits, et quelquefois il est tout-à-fait à sec.

MAD. B.

Cela n'a cependant aucun rapport avec la coupe de Tantale, c'est l'effet de la situation élevée de votre campagne.

EMILIE.

Je crois que j'en devine la raison. Il ne peut pas y avoir de réservoir d'eau près du sommet d'une colline, parce que dans une telle situation, il ne se forme pas un nombre suffisant de ruisseaux pour pouvoir l'entretenir, et sans un réservoir il ne peut point y avoir de source. Dans de telles situations, il est donc indispensable de creuser très-profondément pour en rencontrer une ; et quand on lui donne issue, on ne peut la faire monter qu'à la hauteur du réservoir d'où elle



coule, c'est-à-dire, qu'elle s'élèvera fort peu, attendu que le réservoir doit être situé à une assez grande profondeur au-dessous du sommet de la colline.

CAROLINE.

Votre explication semble très-claire et très-satisfaisante, mais je peux lui opposer l'expérience. Tout au haut d'une colline, près de notre campagne, il y a un grand étang, et selon votre théorie, il seroit impossible qu'il y eût dans une telle situation des sources pour l'entretenir; vous savez aussi que j'ai traversé les Apes, et je peux vous assurer qu'il y a un joli lac au sommet de Mont-Cenis, la plus haute montagne que nous ayons traversée.

MAD. B.

S'il y avoit un lac au sommet du Mont-Blanc, qui est la plus haute montagne des Alpes, cela seroit vraiment étonnant. Mais qu'il y en ait un sur le Mont-Cenis, ce n'est pas un fait qui contredise notre théorie, car cette montagne est environnée d'autres sommités beaucoup plus élevées, et les

sources qui remplissent le lac, doivent descendre des réservoirs formés dans ces montagnes. Il doit en être de même de l'étang placé sur le haut de la colline; il y a, sans doute, dans le voisinage quelque colline plus haute, qui lui fournit de l'eau.

EMILIE.

Je comprends parfaitement pourquoi l'eau dans notre puits ne monte jamais fort haut; mais je ne sais pas pourquoi de temps en temps il est à sec.

MAD. B.

Parce que le réservoir qui l'alimente étant dans une situation élevée, ne reçoit de l'eau qu'en petite quantité; ainsi, après une longue sécheresse, il peut être épuisé et la source être à sec, jusqu'à ce que le réservoir se remplisse par de nouvelles pluies. Il n'est pas rare de voir des sources couler avec grande violence dans les temps pluvieux, et en d'autres temps être parfaitement à sec.

CAROLINE.

Mais il y a une source dans notre campa-



gne qui coule plus fréquemment en temps sec qu'en temps humide ; comment peut-on expliquer cela ?

MAD. B.

La source vient probablement d'un réservoir situé à une grande distance et très-profondément dans la terre ; il se passe donc quelque temps avant que la pluie atteigne le réservoir ; il en faut encore pour que l'eau du réservoir arrive à la surface de la terre ; en sorte que la sécheresse peut avoir succédé à la pluie avant que la source commence à couler, et le réservoir peut s'être épuisé au moment où revient le temps pluvieux.

CAROLINE.

C'est sans doute ainsi que ces choses se passent ; car la source est dans une situation très-basse , ainsi le réservoir peut être à une grande distance.

MAD. B.

Les sources qui ne coulent pas constamment se nomment intermittentes, et sont

occasionnées par des réservoirs imparfaitement alimentés. Indépendamment de la situation, il en est de même lorsque les conduits qui amènent l'eau dans le réservoir sont plus petits que ceux qui lui donnent issue.

CAROLINE.

S'il en coule plus dehors qu'il n'en arrive dedans, en peu de temps le réservoir doit se vider. Et les rivières ne naissent-elles pas des sources ?

MAD. B.

Oui, elles prennent généralement leur origine dans les pays de montagnes, où les sources sont très-abondantes.

CAROLINE.

Je croyois que vous aviez dit que les sources étoient plus rares dans les situations élevées.

MAD. B.

Vous ne considérez pas que les pays de montagnes abondent également en situations hautes et basses. Les réservoirs



d'eau, qui se forment dans le sein des montagnes, trouvent en général une issue ou sur leur pente ou dans la vallée qui est au-dessous; tandis que les réservoirs souterrains, qui se forment dans une plaine, peuvent rarement trouver un passage pour arriver à la surface de la terre; ils restent cachés, à moins qu'on ne les découvre en creusant un puits. Quand une fois une source est sortie à la surface de la terre, elle continue sa course extérieurement, gagnant toujours un terrain plus bas; car elle ne peut plus monter.

EMILIE.

Ainsi, qu'est-ce qui arrivera si la source, ou je l'appellerai plutôt à présent le ruisseau, coule dans une situation environnée d'un terrain élevé?

MAD. B.

Sa course est arrêtée, l'eau s'accumule et forme une flaque d'eau, un étang ou un lac, selon la plus ou moins grande abondance de la source. Le lac de Genève, selon toute probabilité, tire son origine du Rhône qui le traverse; quand ce fleuve entra pour



la première fois dans la vallée qui forme à présent le lit du lac, il se trouva environné de terrains plus élevés ; ses eaux durent s'y accumuler, jusqu'à ce qu'elles eussent atteint le niveau de la partie de la vallée, où le Rhône continue maintenant sa course au-delà du lac ; de là il coule à travers les vallées et la plaine, pouvant former occasionnellement d'autres petits lacs, jusqu'à ce qu'il arrive à la mer.

EMILIE.

Et les fontaines ne sont-elles pas de la nature des sources ?

MAD. B.

Précisément. On fait couler une fontaine de haut en bas par le jet ou ajutage A, et elle monte à-peu-près aussi haut que le réservoir, B, d'où elle provient (planche XIV, fig. 2).

CAROLINE.

Pourquoi pas tout-à-fait aussi haut ?

MAD. B.

Parce qu'elle rencontre la résistance de



DES SOURCES, DES FONTAINES, etc. 339  
l'air dans son ascension , et son mouvement  
est arrêté par le frottement, principalement  
contre l'ajutage.

EMILIE.

Mais si le tube , au travers duquel l'eau  
monte, est poli; peut-il y avoir du frottement,  
surtout dans un fluide dont les particules  
cèdent à la plus légère impression?

MAD. B.

Le frottement , (comme nous le remar-  
quions dans une leçon précédente ) peut être  
diminué par le poli, mais il ne peut jamais  
être entièrement détruit; et quoique les fluides  
soient moins susceptibles de frottement que  
les solides , ils en sont toujours affectés. Une  
autre raison , pour laquelle une fontaine ne  
monte pas aussi haut que son réservoir , c'est  
que, comme toutes les particules d'eau sortent  
par le tube avec une égale vitesse et comme  
cette vitesse ne peut manquer d'être dimi-  
nuée par la pression de l'air sur les parti-  
cules extérieures , celles-ci doivent nécessai-  
rement presser un peu les particules infé-  
rieures et les pousser de côté, dilatant la  
colonne d'eau au sommet et la rendant à la

fois plus large et plus courte qu'elle ne le seroit sans cela.

A notre prochain entretien, nous examinerons les propriétés mécaniques de l'air, qui, étant un fluide élastique, diffère des liquides sous plusieurs rapports.



## TREIZIÈME CONVERSATION.

### DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE L'AIR.

*De l'élasticité de l'air. — Du poids de l'air.*

*— Expériences avec la pompe pneumatique.*

*— Du baromètre. — Moyen de peser l'air.*

*— Pesanteur spécifique de l'air. — Des pompes. — Description de la pompe aspirante. — Description de la pompe refoulante.*

MAD. B.

DANS notre dernier entretien nous avons examiné les propriétés fluides en général, et plus particulièrement des fluides qu'on nomme liquides.

Il y a une autre classe de fluides, distingués par le nom de fluides aériformes ou élastiques, dont la principale est l'air que nous respirons, qui environne la terre et qui se nomme atmosphère.

EMILIE.

Y a-t-il donc d'autres airs que l'atmosphère ?



MAD. B.

Oui, il y en a une grande variété ; mais ils ne diffèrent que dans leurs propriétés chimiques et non dans leurs propriétés mécaniques ; et comme ces dernières sont celles que nous devons examiner, nous ne rechercherons pas quant à présent leur composition, mais nous nous contenterons de fixer notre attention sur les propriétés mécaniques de fluides élastiques en général.

CAROLINE.

Et d'où vient cette différence ?

MAD. B.

Il n'y a pas attraction de cohésion entre les particules des fluides élastiques, en sorte que la force expansive de la chaleur n'a d'adversaire à combattre que la gravité ; une augmentation de température dilate donc prodigieusement les fluides élastiques, et une diminution proportionnelle de chaleur les condense.

Le point essentiel qui établit une différence entre l'air et les autres fluides, est son ressort ou



son élasticité; c'est-à-dire, sa faculté d'augmenter ou de diminuer de volume, suivant qu'il est plus ou moins comprimé; c'est une propriété dont je vous ai dit que les liquides sont privés.

## EMILIE.

Je crois que je comprends très-bien l'élasticité de l'air, parce que vous nous avez déjà dit sur ce sujet (1); mais ce qui m'embarrasse c'est qu'il ait quelque pesanteur; s'il est pesant et que nous en soyons environnés, comment n'en sentons-nous pas le poids?

## CAROLINE.

Il doit être impossible de sentir le poids de particules si infiniment petites que celles dont l'air est composé; des particules qui sont trop petites pour être vues, doivent être trop légères pour être senties.

## MAD. B.

Vous vous trompez, Caroline; l'air est beaucoup plus pesant que vous ne l'imaginez; il est vrai que les particules qui le composent

---

(1) Voyez page 53.



sont petites; mais réfléchissez à leur quantité; l'atmosphère s'étend environ à la distance de 45 milles ( 15 lieues ) de la terre , et sa pesanteur est telle qu'on a calculé qu'un homme de taille moyenne ( au moment où l'air est le plus pesant ) doit soutenir le poids d'environ 14 tonnes ( 29400 livres ).

CAROLINE.

Est-il possible ! J'aurois cru qu'un tel poids auroit réduit un homme en poudre.

EMILIE.

C'est ce qui arriveroit , à la vérité , s'il n'y avoit pas une pression égale sur toutes les parties du corps ; mais, quand elle est ainsi répandue , on peut supporter un poids même beaucoup plus grand , sans en ressentir aucune incommodité. En nous baignant nous supportons le poids et la pression de l'eau , outre celle de l'atmosphère ; mais comme cette pression est distribuée également par tout le corps , nous la sentons à peine ; tandis que si vous chargiez vos épaules , votre tête , ou quelque partie que ce soit de votre corps , d'un poids additionnel de cent livres , vous y succomberiez. Outre cela , nos corps con-



tiennent de l'air, dont le ressort contrebalance le poids de l'air extérieur, et nous rend moins sensibles à sa pression.

CAROLINE.

Mais s'il étoit possible de me débarrasser du poids de l'atmosphère, ne me sentirois-je pas plus légère et plus agile?

MAD. B.

Au contraire, l'air qui est au dedans, ne rerencontrant pas de pression extérieure pour tenir son élasticité, tendroit votre corps, et à la fin, le faisant crever, termineroit ainsi votre vie.

CAROLINE.

Ainsi, ce poids de l'atmosphère, par lequel je craignois d'être écrasée, est réellement essentiel à ma conservation.

EMILIE.

J'ai vu une fois ventouser, et on me dit alors que l'enflure sous la ventouse se produisoit en soustrayant à cette partie la pression de l'atmosphère; mais je ne pouvois pas



comprendre comment cette pression produisoit un tel effet.

MAD. B.

La pompe pneumatique nous procure le moyen de faire une grande variété d'expériences intéressantes sur le poids et sur la pression de l'air ; vous en avez vu quelques-unes ; ne vous rappelez-vous pas que, dans le vide produit par cette pompe , les substances de différens poids tombent au fond dans le même espace de temps ; pourquoi cela n'arrive-t-il pas dans l'atmosphère ?

CAROLINE.

Je me souviens que vous nous avez dit que c'étoit à cause de la résistance, que les corps légers rencontrent de la part de l'air pendant leur chute.

MAD. B.

Oui ; en d'autres termes , parce qu'ils sont supportés par l'air, qui prolonge ainsi le temps de leur chute. Mais si l'air n'avoit point de masse , comment pourroit-il supporter les autres corps , ou retarder leur chute ?



Je vous montrerai maintenant quelques autres expériences, qui démontrent d'une manière frappante le poids et l'élasticité de l'air. J'attacherai un morceau de vessie sur ce récipient, qui, comme vous l'observerez, est ouvert aussi bien en haut qu'en bas.

CAROLINE.

Pourquoi commencez - vous par mouiller la vessie ?

MAD. B.

Elle s'étend en se mouillant, et se contracte en se séchant; elle devient aussi plus molle et plus maniable quand elle est humide, en sorte que je peux mieux l'ajuster, et quand elle sera sèche elle sera plus tendue. Il faut la tenir près du feu pour la sécher; mais pas trop près, de peur qu'elle ne se creve par une contraction soudaine. Fixons-la à présent sur la pompe pneumatique, et soulevons en l'air. — Vous n'aurez pas peur si vous entendez une détonation.

EMILIE.

Elle a été aussi forte qu'un coup de fusil, et la vessie a crevé! Expliquez-nous, je vous



prie , comment l'air agit dans cette expérience ?

MAD. B.

C'est l'effet du poids de l'atmosphère sur la surface supérieure de la vessie , quand j'ai ôté l'air de l'intérieur ; parce qu'il n'y a plus eu de réaction pour contrebalancer la pression de l'atmosphère sur le récipient. Vous avez vu comme la vessie étoit pressée du dehors en dedans par le poids de l'air extérieur , à mesure que je pompois , et avant que le vide fût complètement formé ; la vessie , incapable de soutenir la violence de la pression , a crevé avec l'explosion que vous avez entendue.

Je vous montrerai à présent une expérience qui prouve l'expansion de l'air contenu dans un corps , lorsqu'il est déchargé de la pression de l'air extérieur. Vous n'imaginerez pas qu'il y eût de l'air contenu dans cette pomme ridée ; mais voyez ce qui se passe quand je la place dans le récipient dont je soutire l'air.

CAROLINE.

Que c'est étrange ! elle devient tout-à-fait



enflée, elle semble une pomme fraîchement cueillie.

MAD. B.

Mais à mesure que je fais rentrer l'air dans le récipient, on voit la pomme reprendre ses rides. Quand j'ai écarté la pression de l'atmosphère, l'air qui est dans la pomme s'est dilaté et l'a enflée; mais dès que j'ai fait rentrer l'air atmosphérique, la dilatation de l'air intérieur a été arrêtée et réprimée; la pomme alors est revenue à ses premières dimensions.

Vous pouvez faire une expérience semblable avec cette petite vessie qui, comme vous le voyez, est parfaitement flasque, et dans cet état, semble ne point contenir d'air; j'attacherai le col de la vessie de manière que l'air qui reste ne puisse s'échapper, après quoi je la mettrai sous le récipient. Observez comme, à mesure que je pompe, la vessie s'enfle; cela vient de la grande dilatation qu'éprouve la petite quantité d'air qui y étoit renfermée quand je l'ai attachée; mais aussitôt que je laisse entrer l'air dans le récipient, celui que la vessie contient se con-



dense et se retire dans l'étroite enceinte des plis de la vessie.

EMILIE.

Ces expériences sont fort amusantes, et elles prouvent clairement le poids et l'élasticité de l'air ; mais je voudrois bien savoir exactement combien l'air pèse.

MAD. B.

Une colonne d'air qui atteint le haut de l'atmosphère et dont la base est d'un ponce carré, pèse 15 livres quand l'air a sa plus grande pesanteur ; ainsi chaque ponce carré de notre corps soutient un poids de 15 livres ; et si vous voulez savoir le poids de toute l'atmosphère, il vous faut calculer combien de ponces carrés il y a sur la surface de notre globe, puis multiplier ce nombre par 15.

EMILIE.

Mais n'y a-t-il aucun moyen de reconnoître le poids d'une petite quantité d'air ?

MAD. B.

Rien de plus aisé. Je soutirerai l'air de cette petite bouteille au moyen de la pompe



pneumatique ; et après l'avoir vidée d'air , ou , en d'autres termes , après avoir produit le vide dans l'intérieur , je la ferme en tournant la vis adaptée à son col ; maintenant nous allons voir quel est le poids exact de cette bouteille en la mettant dans un des bassins d'une balance. Elle pèse , comme vous voyez , justement deux onces ; mais quand je tourne la vis pour y laisser entrer l'air , le bassin qui la contient fait pencher la balance.

CAROLINE.

Sans doute , la bouteille pleine d'air est plus pesante que la bouteille vide d'air ; et le poids additionnel , nécessaire pour faire reprendre l'équilibre aux deux bassins , doit être exactement celui de l'air que la bouteille contient.

MAD. B.

Vous voyez que ce poids est presque de deux grains. Cette bouteille contient six pouces cubes. Six pouces cubes d'air , à la température de cette chambre , pèsent donc un peu moins de deux grains.



CAROLINE.

Pourquoi observez-vous la température de la chambre, en estimant le poids de l'air ?

MAD. B.

Parce que la chaleur raréfie l'air, et le rend plus léger.

Si vous désirez maintenant de connoître la pesanteur spécifique de cet air, nous n'avons qu'à remplir la même bouteille d'eau, et nous obtiendrons ainsi le poids d'une quantité égale d'eau, qui, comme vous le voyez, est de 1515 grains ; comparant donc ce poids de l'eau à celui de l'air, nous voyons qu'ils sont environ dans le rapport de 800 à 1.

Je vous montrerai un autre exemple du poids de l'atmosphère, qui vous amusera à ce que je crois ; savez-vous ce que c'est qu'un baromètre ?

CAROLINE.

C'est un instrument qui indique l'état de l'atmosphère au moyen d'un tube plein de mercure ; mais je ne peux pas bien vous dire comment.



MAD. B.

C'est en montrant la pesanteur de l'atmosphère. Le baromètre est un instrument extrêmement simple dans sa construction ; pour que vous puissiez le comprendre , je vous montrerai comment on le fait. Je remplis d'abord de mercure un tube de verre, AB ( fig. 3, pl. XIV ), de la longueur d'environ trois pieds , et ouvert seulement à un bout ; puis bouchant du doigt le bout ouvert , je le plonge dans une cuvette, C, qui contient un peu de mercure.

EMILIE.

Je remarque qu'une partie du mercure, qui étoit dans le tube, tombe dans la cuvette ; mais comment ne s'y précipitet-il pas tout ; car il est contraire à la loi d'équilibre des fluides , que le mercure dans le tube ne descende pas au même niveau que celui de la cuvette ?

MAD. B.

Le mercure qui est tombé du tube dans la cuvette , a laissé un espace vide dans la

partie supérieure du tube , auquel l'air est inaccessible ; cet espace est par conséquent un vide parfait ; et le mercure dans le tube est soustrait à la pression de l'atmosphère , tandis que celui de la cuvette y reste exposé.

CAROLINE.

Oh , je comprends à présent ; la pression de l'air sur le mercure de la cuvette le force à monter dans le tube où il n'éprouve point de pression.

ÉMILIE.

Ou plutôt cette pression supporte le mercure dans le tube et l'empêche de tomber.

MAD. B.

Cela revient au même ; car la force , qui peut supporter le mercure dans le vide , l'y feroit aussi monter quand on lui présenteroit un tube vidé d'air.

Ainsi , vous voyez que l'équilibre du mercure n'est qu'un cas particulier de l'équilibre général des fluides.



CAROLINE.

Mais cet appareil simple, semble très-différent d'un baromètre.

MAD. B.

C'est tout ce qui est essentiel à cet instrument. Le tube et la cuvette sont fixés sur une planche, pour pouvoir les suspendre. La planche est graduée dans le but de reconnoître la hauteur à laquelle le mercure se tient dans le tube; et la petite plaque mobile de métal sert à montrer cette hauteur avec plus d'exactitude.

EMILIE.

Et à quelle hauteur le poids de l'atmosphère soutiendra-t-il le mercure?

MAD. B.

A environ 28 pouces, comme vous le verrez par ce baromètre; mais cela dépend du poids de l'atmosphère qui varie beaucoup selon le temps qu'il fait. Plus la pression de l'air sur le mercure dans la cuvette est grande, plus il monte haut dans le tube. Maintenant, pouvez-vous me dire si l'air est

plus pesant dans le temps humide ou dans le temps sec ?

CAROLINE.

Sans avoir besoin de réflexion, l'air doit être plus pesant dans le temps humide. Il est si accablant, si lourd ; tandis que dans le beau temps, je me sens aussi légère qu'une plume, et active comme une abeille.

MAD. B.

N'auroit-il pas mieux valu prendre un moment de réflexion pour répondre, ma chère Caroline ? Vous auriez compris aisément, que l'air doit être plus pesant dans le temps sec ; car c'est alors qu'on voit le mercure monter dans le tube, et que par conséquent le mercure de la cuvette doit éprouver la plus grande pression ; et vous savez qu'on estime la sécheresse et la beauté du temps par la hauteur du mercure dans le baromètre.

CAROLINE.

Pourquoi donc sent-on l'air si pesant dans le mauvais temps ?



MAD. B.

Parce qu'il est moins salubre quand il est imprégné de vapeurs. Les poumons, dans ces circonstances, ne jouent pas si librement, le sang circule avec moins de facilité; il en résulte souvent des obstructions dans les petits vaisseaux, et de suite des rhumes, des asthmes, des fièvres, etc.

EMILIE.

Puisque l'atmosphère est moins dense dans les régions supérieures, l'air n'est-il pas plus rare sur une montagne que dans une plaine; et le baromètre ne peut-il pas indiquer cette différence?

MAD. B.

Certainement. Les montagnes en Angleterre ne sont pas assez élevées pour produire un effet considérable sur le baromètre; mais cet instrument est si exact dans ses indications, qu'on s'en sert pour mesurer les plus grandes hauteurs, et pour estimer l'élévation des ballons.

EMILIE.

Et n'a-t-on pas éprouvé quelque incommodité de la rareté de l'air à des situations si élevées ?

MAD. B.

Oh oui, souvent. On y éprouve quelquefois de l'oppression, parce qu'il n'y a pas assez d'air pour respirer librement; et la dilatation qui a lieu dans l'air plus dense, contenu dans l'intérieur du corps, est souvent douloureuse; elle occasionne une tension et quelquefois fait crever les petits vaisseaux sanguins du nez et des oreilles. Outre cela, dans ces situations on est plus exposé à la chaleur et au froid; car quoique l'atmosphère soit transparente, les régions inférieures abondent en vapeurs et en exhalaisons qui flottent dans l'air, et qui jusqu'à un certain point nous tiennent lieu de couverture, en nous préservant également de l'intensité des rayons du soleil, et de la rigueur du froid.

CAROLINE.

Mais, je vous prie, Mad. B., est-ce que



le thermomètre n'est pas construit sur le même principe que le baromètre ?

MAD. B.

Point du tout. La hausse et la baisse du fluide dans le thermomètre sont produites par la force expansive de la chaleur et par la condensation qu'amène le froid ; l'air n'y a point accès. Une explication de cet instrument nous feroit par conséquent sortir de notre sujet.

EMILIE.

Je réfléchis que, puisque c'est le poids de l'atmosphère qui soutient le mercure dans le tube d'un baromètre, il soutiendrait aussi de la même manière une colonne de tout autre fluide.

MAD. B.

Certainement ; mais comme le mercure est plus pesant que tout autre fluide, la colonne soutenue sera plus haute ; car deux fluides sont en équilibre, quand leurs poids varient inversement comme leurs densités. On trouve, par exemple, que le poids de



l'atmosphère peut soutenir au-dessus du niveau une colonne d'eau de 32 pieds.

CAROLINE.

Le poids de toute l'atmosphère est donc aussi grand que celui d'une masse d'eau de la profondeur de 32 pieds, qui couvrirait toute la surface de la terre?

MAD. B.

Précisément ; car une colonne d'air de la hauteur de l'atmosphère est égale en poids à une colonne d'eau de 32 pieds, ou à une colonne de mercure de 28 pouces.

La pompe commune est construite sur ce principe. Par l'acte de pomper, on soustrait l'eau à la pression de l'atmosphère, et en conséquence elle monte.

Le corps de pompe est un long tube ou tuyau, dont l'extrémité inférieure plonge dans l'eau qu'il est destiné à faire monter. Une espèce de fouloir, nommé piston, est adapté à ce tube, et il monte et descend, à l'aide d'une tige métallique fixée au centre.



EMILIE.

N'est-ce pas comme dans une seringue avec laquelle on commence par tirer, et on pousse ensuite pour chasser l'eau en dehors?

MAD. B.

C'est cela; mais vous savez que dans une pompe on ne veut pas faire sortir l'eau par l'extrémité du tuyau où elle est entrée. Le but d'une pompe est de faire monter de l'eau d'une source ou d'un puits; le tuyau est par conséquent placé perpendiculairement sur l'eau qui y entre par l'extrémité inférieure; et l'issue est à un ajutage ou tuyau de décharge, à la partie supérieure de la pompe. Elle est donc une machine un peu plus compliquée que la seringue.

Les différentes parties d'une pompe sont tracées dans cette figure (fig. 4, pl. XIV); AB est le tuyau ou corps de pompe, P le piston, S une soupape, c'est-à-dire une petite porte pratiquée dans le piston, qui, s'ouvrant de bas en haut, permet à l'eau de monter en la traversant, mais empêche qu'elle ne revienne,



et Z est une soupape semblable, placée dans le corps de pompe.

Quand la pompe est en état d'inaction, les deux soupapes restent fermées par leur propre poids ; mais quand , en faisant jouer la pompe , on fait remonter le piston , il élève une colonne d'air qui reposoit sur lui , et produit un vide entre le piston et la soupape inférieure Z ; en conséquence l'air au-dessous de cette soupape , qui est immédiatement sur la surface de l'eau , se dilate et la traverse ; alors l'eau , débarrassée du poids de l'air , monte dans la pompe. Quelques coups de piston excluent totalement l'air du corps de pompe et le remplissent d'eau. Cette eau , après avoir traversé les deux soupapes , coule par l'ajutage.

CAROLINE.

Je comprends parfaitement. Quand le piston est élevé , l'air et l'eau montent successivement dans la pompe , par la même raison que le mercure monte dans le baromètre.

EMILIE.

Je croyois que, dans une pompe, l'eau se ti-



roit par une sorte de succion, de la même manière qu'on peut sucer de l'eau par une paille.

MAD. B.

C'est bien ce qui se passe dans le corps de pompe ; car la force de succion n'est autre chose que la faculté de produire, sur une partie du liquide, un vide dans lequel le liquide est poussé par la pression que l'atmosphère exerce sur tout le reste. L'action de sucer par une paille, consiste à tirer et à retenir l'haleine, de manière à produire un vide dans la bouche ; alors l'air, qui est dans la paille, se précipite dans la bouche et il est suivi par le liquide dans lequel l'extrémité inférieure de la paille est plongée. Le principe, comme vous voyez, est le même, et il n'y a de différence que dans la manière de faire le vide. Dans l'acte de sucer, les forces musculaires répondent à l'action du piston et des soupapes.

EMILIE.

L'eau ne peut donc pas être élevée par une pompe au-dessus de 32 pieds ; car la pression de l'atmosphère ne soutiendrait pas une colonne d'eau au-dessus de cette hauteur.



MAD. B.

Je vous demande pardon. Il est vrai qu'il ne doit y avoir jamais de distance plus grande que celle de 32 pieds du niveau de l'eau à la soupape du piston, autrement l'eau ne traverseroit pas la soupape; mais quand une fois l'eau a passé cette ouverture, ce n'est plus par la pression de l'air sur le réservoir qu'on la fait monter, c'est en la soulevant, comme si on la prenoit avec un seau dont le piston seroit le fond. Ainsi la pompe commune peut être appelée pompe aspirante et soulevante, parce qu'elle est construite sur ces deux principes. Il y a une autre sorte de pompe, nommée pompe refoulante; elle consiste à ajouter à la force aspirante de la pompe, une force qui presse l'eau et la refoule. Cette force additionnelle agit exactement d'après le principe de la seringue; en levant le piston on aspire l'eau dans la pompe, et on la chasse en l'abaissant.

CAROLINE.

Mais l'eau doit sortir à la partie supérieure de la pompe; et je ne puis concevoir comment cela peut se faire en abaissant le piston.



## MAD. B.

La figure 5, planche XIV, lèvera la difficulté. Le grand tuyau AB représente la partie aspirante de la pompe; elle ne diffère de la pompe aspirante que par son piston, P, qui n'a point de soupape, ce qui fait que l'eau ne peut pas monter au-dessus. Quand donc le piston descend, il ferme la soupape Z et chasse, dans le tuyau D, l'eau qui n'a pas d'autre issue. Le tuyau D est garni aussi d'une soupape S qui, en s'ouvrant du dedans au dehors, laisse sortir l'eau, mais l'empêche de revenir.

L'eau monte donc d'abord dans la pompe; et ensuite est chassée dans le tuyau, par le mouvement alternatif d'ascension et de descente du piston; et après avoir répété ce mouvement un petit nombre de fois pour remplir le tuyau, on ne tarde pas à voir couler l'eau par l'ajutage.

Il est temps de finir notre leçon. A notre prochain entretien, je vous donnerai quelques idées du vent et du son, pour terminer nos observations sur les fluides élastiques.

CAROLINE.

Et je cours au jardin , pour avoir le plaisir  
de pomper , à présent que je comprends la  
construction d'une pompe.

MAD. B.

Et demain , j'espère que vous pourrez me  
dire si c'est une pompe refoulante ou une  
simple pompe aspirante.





## QUATORZIÈME CONVERSATION.

---

### DU VENT ET DU SON.

*Du vent en général. — Des alisés. — Des moussons. — Des marées aériennes. — Du son en général. — Des corps sonores. — Des sons musicaux. — De la concordance ou harmonie, et de la mélodie.*

MAD. B.

**E**H bien, Caroline, avez-vous découvert quelle espèce de pompe il y a dans votre jardin ?

CAROLINE.

Je crois que c'est simplement une pompe aspirante, parce qu'il n'y a pas besoin de plus de force pour lever le piston que pour soulever son poids; et dans une pompe refoulante, en levant le piston, on refoule l'eau dans le petit tuyau, et la résistance qu'offre l'eau exige de la force pour la surmonter.

MAD. B.

Je ne doute pas que vous n'ayez raison,



car les pompes aspirantes, étant d'une construction simple, sont de beaucoup les plus communes.

Je vous ai promis hier de vous donner quelque idée de la nature du vent. Le vent est un courant d'air, produit généralement par un changement partiel de température dans l'atmosphère; car quand une partie est plus échauffée que le reste, elle se raréfie; l'équilibre est détruit et en conséquence l'air monte. Quand cela arrive, il s'en suit nécessairement un mouvement de l'air environnant vers cette partie, pour rétablir l'équilibre; ainsi, cet endroit reçoit le vent de tous côtés. Ceux qui sont au nord, éprouvent un vent du nord; au sud, un vent du sud: — comprenez-vous?

CAROLINE.

Parfaitement: Mais, qu'éprouvent donc ceux qui vivent au point où ces vents se rencontrent et s'entre-croisent?

MAD. B.

Ils ont un ciel orageux, des tourbillons, des ouragans, de la pluie, des éclairs, des tonnerres, etc. Ces tempêtes sont surtout



fréquentes sous la zone torride où règne la plus grande chaleur ; l'air y étant plus raréfié que partout ailleurs, y est aussi plus léger, et doit nécessairement s'élever ; tandis que celui des régions polaires afflue continuellement des pôles, pour rétablir l'équilibre.

CAROLINE.

Ce mouvement de l'air produiroit un vent du nord régulier et constant pour les habitants de l'hémisphère nord ; et un vent du sud et des orages continuels à l'équateur, où ces deux vents contraires se rencontreroient.

MAD. B.

Ces vents ne se rencontrent pas, car ils changent de direction avant d'atteindre l'équateur. Le soleil, en se mouvant sur les régions équatoriales de l'Est à l'Ouest, raréfie l'air à mesure qu'il passe, et rétablit l'équilibre en faisant couler à l'Ouest l'air oriental, qui est plus dense ; c'est ce qui produit le vent régulier de l'Est dans les régions voisines de l'équateur.



CAROLINE.

L'air de l'Ouest va donc constamment à la rencontre du soleil, et répare le trouble que ses rayons avoient produit dans l'équilibre de l'atmosphère. Mais je m'étonne comment vous accorderez ces vents variés, Mad. B; vous m'avez fait d'abord supposer qu'il y avoit à l'équateur un combat continu entre les vents opposés, et qu'il en résulteroit des orages et des tempêtes; mais à présent vous me parlez d'un vent régulier invariable, qui doit naturellement être accompagné d'un temps calme.

EMILIE.

Je crois que je comprends cela; ces vents du Nord et du Sud ne se combinent-ils pas avec le vent d'Est aux environs de l'équateur, et ne forment-ils pas ce qu'on appelle les vents alisés?

MAD. B.

C'est cela même, Emilie. Le mélange des deux vents Nord et Est, produit un vent de Nord-Est constant; et celui des deux vents



Sud et Est, produit un vent régulier Sud-Est ; ces vents s'étendent à environ trente degrés de chaque côté de l'équateur ; les régions, au-delà de cette distance, n'éprouvent que leurs vents respectifs du Nord et du Sud.

CAROLINE.

Mais, Mad. B., si l'air court constamment des pôles à la zone torride, il doit y avoir un manque d'air dans les régions polaires ?

MAD. B.

L'air léger, aux environs de l'équateur, s'étend et monte dans les régions supérieures de l'atmosphère ; de là, il revient aux pôles pour rétablir l'équilibre ; sans cela, les régions polaires de l'atmosphère seroient dès long-temps épuisées par le courant d'air qu'elles envoient constamment vers l'équateur, dans les couches basses de l'atmosphère.

CAROLINE.

Il y a donc une sorte de circulation de l'air dans l'atmosphère ; l'air, dans les couches basses, coule des pôles à l'équateur ; et dans



les couches supérieures, de l'équateur aux pôles.

MAD. B.

C'est cela ; je peux vous montrer un exemple en petit de cette circulation. L'air de cette chambre est plus raréfié que l'air extérieur ; un vent ou un courant d'air se fait jour à travers les fentes des fenêtres et des portes, pour rétablir l'équilibre ; mais l'air léger, dont la chambre est remplie, doit trouver une issue pour faire place à l'air pesant qui entre. Si on entr'ouvre une porte et qu'on tienne une bougie vers la partie supérieure, on verra la flamme soufflée en dehors ; ce qui montre qu'il y a un courant d'air qui vient de la partie supérieure de la chambre. Mais si on met la chandelle sur le plancher près de la porte, on apercevra, par l'inclinaison de la flamme, qu'il y a aussi un courant d'air qui la pousse dans la chambre.

CAROLINE.

C'est vrai ; le courant supérieur est l'air chaud et léger, qui est emporté pour faire



place au courant d'air froid condensé , qui entre dans la chambre par en bas.

EMILIE.

J'ai entendu dire , Mad. B. , que les vents périodiques ne sont pas si réguliers sur terre que sur mer ; quelle en est la raison ?

MAD. B.

La terre réfléchit dans l'atmosphère une beaucoup plus grande quantité de rayons du soleil que l'eau ne peut le faire ; par conséquent , cette partie de l'atmosphère qui est au-dessus de la terre est plus échauffée et plus raréfiée que celle qui est au - dessus de la mer ; c'est ce qui fait souffler le vent sur la terre , comme on le sent régulièrement sur les côtes de Guinée et dans les autres contrées de la zone torride.

EMILIE.

J'ai beaucoup entendu parler des violentes tempêtes qui ont lieu à l'ouverture des moussons : ces vents ne sont-ils pas aussi réguliers ?



## MAD. B.

Ce sont des vents périodiques, qui changent de direction tous les six mois. Ce changement est produit par la révolution annuelle de la terre autour du soleil; en conséquence de laquelle, le pôle Nord est incliné vers cet astre pendant toute une demi-année, et le pôle Sud, pendant l'autre moitié. Pendant l'été de l'hémisphère Nord, les contrées d'Arabie, de Perse, de l'Inde et de la Chine, sont plus échauffées et réfléchissent une grande quantité de rayons du soleil dans l'atmosphère, ce qui la rend extrêmement raréfiée et détruit l'équilibre. Pour le rétablir, l'air des régions équatoriales du Sud où il est moins chaud, aussi bien que celui des parties froides du Nord, doit nécessairement se mouvoir de ce côté-là. Le courant d'air de ces régions équatoriales produit le vent constant des six premiers mois, dans toutes les mers comprises entre le continent échauffé de l'Asie et l'équateur. Pendant les autres six mois, qui sont l'été de l'hémisphère Sud, l'océan et les contrées du tropique méridional sont les plus échauffées, et l'air qui



est au-dessus de ces parties est le plus raréfié ; ainsi , aux environs de l'équateur il change de direction , et souffle dans le sens opposé à celui du vent qui régnoit pendant les six mois précédens.

CAROLINE.

Cette explication des moussons est très-curieuse ; mais pourquoi fait-on tant de bruit de l'ouverture des moussons ?

MAD. B.

Les moussons ne changent pas de direction d'une manière soudaine , mais par degrés , à mesure que le soleil passe d'un hémisphère à l'autre ; ce changement est ordinairement accompagné d'orages et d'ouragans , très-dangereux pour les vaisseaux ; en sorte qu'on navigue rarement sur ces mers , dans la saison de l'équinoxe.

EMILIE.

Je crois que je comprends parfaitement les vents de la zone torride ; mais qu'est-ce qui occasionne la grande variété de ceux qui soufflent dans les zones tempérées ? sui-



vant votre théorie, il n'y auroit dans nos climats que des vents du Nord et du Sud.

MAD. B.

La partie de l'atmosphère qui dans la zone torride est sous le soleil a beaucoup d'étendue. Cette partie est dans une agitation continuelle. Ces mouvemens dans un fluide élastique, qui cède à la moindre impression, ne peuvent manquer de s'étendre de tous côtés à une grande distance; ainsi, dans tous les climats, les mouvemens réguliers de l'air éprouveront plus ou moins de perturbations, suivant la situation du pays, la position des montagnes, des vallées et une multitude d'autres causes; d'après cela, il est aisé de concevoir que presque tout climat doit avoir des vents variables.

Sur le bord de la mer, il y a presque toujours une petite brise de mer qui, dans les soirées d'été, souffle vers la terre pour rétablir l'équilibre rompu pendant le jour par la réflexion de la surface échauffée du rivage; et quand la nuit a refroidi la terre et condensé l'air, on observe en général le matin qu'il reflue à la mer.



CAROLINE.

J'ai remarqué que le vent, de quelque côté qu'il souffle, cesse presque toujours vers le coucher du soleil.

MAD. B.

C'est que la raréfaction de l'air, dans le point particulier qui produit le vent, diminue à mesure que le soleil baisse, et par conséquent la vitesse du vent décroît.

EMILIE.

Puisque l'air est un fluide assujetti à la gravitation, n'est-il pas affecté par l'attraction du soleil et de la lune, de la même manière que les eaux ?

MAD. B.

Sans doute ; et les marées aériennes sont beaucoup plus grandes que celles des mers, dans le rapport de la densité de l'eau à celle de l'air, c'est-à-dire, comme vous vous en souvenez, à peu près comme 800 à 1.



CAROLINE.

Quelle énorme protubérance cela doit causer ! Combien le poids d'une telle colonne d'air doit faire monter le mercure dans le baromètre !

EMILIE.

Comme cette énorme marée d'air est attirée et soutenue en quelque sorte par la lune , je croirois que le poids et la pression de l'atmosphère en seroient plutôt diminués qu'accrus ;

MAD. B.

Le poids de l'atmosphère n'est ni accru ni diminué par les marées aériennes. L'attraction de la lune augmente la masse , autant qu'elle diminue le poids de la colonne d'air ; ces effets se contrebalancent donc l'un l'autre , et les marées aériennes n'affectent nullement le baromètre.

CAROLINE.

Je ne peux point comprendre cela.

MAD. B.

Supposons que la masse additionnelle d'air



à la marée haute fasse monter le baromètre d'un pouce, et que d'un autre côté l'appui, que l'attraction de la lune procure, fasse diminuer le poids et la pression de l'air, de manière à faire tomber le baromètre d'un pouce; dans ces circonstances, le mercure devra rester stationnaire. Ainsi, vous voyez que nous ne pouvons jamais sentir les marées aériennes par le baromètre, parce que la pression de l'atmosphère est la même, quelle que soit sa hauteur.

L'existence des marées aériennes n'est pourtant pas hypothétique; elle se prouve par l'effet que ces marées produisent sur la position apparente des corps célestes; mais je ne peux pas vous expliquer cela, avant que vous ayez étudié les propriétés de la lumière.

EMILIE.

Et quand les étudierons-nous?

MAD. B.

Je vous expliquerai d'abord la nature du son qui est intimement liée à celle de l'air; et je crois qu'à notre prochain entretien nous pourrons entamer le sujet de l'optique.



Nous avons déjà considéré les effets produits par une agitation de l'air grande et étendue ; mais il y a une autre espèce d'agitation dont l'air est susceptible ; c'est une sorte de mouvement vibratoire et tremblant, qui, frappant le tympan de l'oreille, produit le son.

CAROLINE.

Le son n'est-il pas produit par les corps solides ? La voix des animaux, le son des cloches, celui des instrumens à vent, sont produits tous par des corps solides. Je ne connois que le son du vent qui soit produit par l'air.

MAD. B.

Le son, soyez en sûre, résulte d'un mouvement de tremblement de l'air ; et les corps sonores, que vous citez, ne sont que les instrumens par lesquels cette espèce particulière de mouvement se communique à l'air.

CAROLINE.

Quoi ! quand je remue cette sonnette, ce n'est pas elle qui sonne, c'est l'air ?



MAD. B.

La sonnette et l'air contribuent l'une et l'autre à la production du son. Mais le son, en parlant rigoureusement, est une perception excitée dans l'âme par le mouvement de l'air qui se communique aux nerfs de l'oreille; l'air donc, aussi bien que les corps sonores qui le mettent en mouvement, est la seule cause du son; l'effet immédiat est produit par le sens de l'ouïe; car sans cet organe, il n'y auroit pas de son.

EMILIE.

J'ai de la peine à comprendre cela. Une personne née sourde n'a, il est vrai, aucune idée du son, parce qu'elle n'en peut entendre aucun; cependant cela n'empêche pas que le son n'existe réellement, comme peuvent l'attester tous ceux qui ne sont pas sourds.

MAD. B.

Je ne doute pas de l'existence du son pour tous ceux qui possèdent le sens de l'ouïe; mais il n'existe ni dans les corps sonores ni dans l'air; il existe dans l'âme de celui dont



L'oreille est frappée par le mouvement vibratoire de l'air qu'a produit un corps sonore.

Pour vous convaincre que le son n'existe pas dans les corps sonores, mais que l'air ou quelqu'autre véhicule est nécessaire à sa production, remuez la sonnette quand je l'aurai suspendue sous la pompe pneumatique, dont je soutirerai l'air.

CAROLINE.

Oh c'est vraiment très - étrange; quoique je l'agite si violemment, elle ne rend pas le moindre son.

MAD. B.

En ôtant l'air du récipient, j'ai rompu la communication entre l'air et la sonnette; elle ne peut donc transmettre son mouvement à l'air.

CAROLINE.

Etes-vous sûre que ce n'est pas le verre, dont est couverte la sonnette, qui nous empêche de l'entendre?

MAD. B.

Vous pouvez aisément vous en assurer en



rendant l'air au récipient , et en remuant ensuite la sonnette.

CAROLINE.

C'est vrai ; je l'entends presque aussi bien que si le verre ne la couvroit pas ; et je ne puis plus douter que l'air ne soit nécessaire à la production du son.

MAD. B.

Il n'est pas absolument nécessaire , quoiqu'à la vérité l'air soit un véhicule du son , et de beaucoup le plus commun. Les liquides, aussi bien que l'air, sont capables de porter le mouvement vibratoire des corps sonores à l'organe de l'ouïe ; ainsi le son peut s'entendre sous l'eau. Les corps solides aussi transmettent le son , ainsi que je puis vous en convaincre sur le champ par une expérience bien simple. Je vais attacher ce cordon par le milieu à nos pincettes ; à présent, élevant les pincettes au-dessus du sol par les deux bouts du cordon que vous appliquerez à vos deux oreilles , je frapperai les pincettes avec une clef , et vous sentirez que le son est transmis à l'oreille par les cordons, d'une manière



beaucoup plus parfaite que s'il n'avoit que l'air pour véhicule.

CAROLINE.

Certainement, car je suis presque étourdie du bruit. Mais qu'est-ce qu'un corps sonore Mad. B. ? car tous les corps sont capables de produire quelque sorte de son par le mouvement qu'ils communiquent à l'air.

MAD. B.

On appelle corps sonores ceux qui produisent des sons clairs, distincts, réguliers et durables ; tels qu'une cloche, un tambour, des cordes musicales, des instruments à vent, etc. Ils tirent cette propriété de leur élasticité ; car un corps élastique, après avoir été frappé, non-seulement revient à sa première situation, mais, en vertu de sa vitesse qu'il a acquise, il prolonge, comme un pendule, son oscillation de l'autre côté. Si je tire en G la corde AB qui est attachée par ses deux bouts, non-seulement elle reviendra à sa première position, mais elle ira au-delà ; elle avanceroit jusqu'en K si quelque résistance, en particulier de celle de l'air, ne diminuait point sa vitesse ;



de là, elle reviendrait en G, et ainsi de suite. Mais sa vitesse diminuant peu à peu, elle reviendra successivement aux points E, F, C, D, et enfin reprendra sa position primitive AB.

La vibration d'un corps sonore imprime un mouvement de tremblement à l'air qui l'entoure. Ce mouvement ressemble fort à celui que l'on communique à une eau tranquille, quand on y laisse tomber une pierre. Il s'y fait de même une vague circulaire autour du point où la pierre tombe ; la vague s'étend, communique graduellement son mouvement à l'eau adjacente et, en produit de pareilles dans une étendue considérable. Ainsi des ondes sont produites dans l'air par le mouvement d'un corps sonore, mais avec cette différence, que comme l'air est un fluide élastique, le mouvement ne consiste pas en vagues formées par la pesanteur, mais en vibrations qui correspondent à celles d'un corps sonore. Elles diffèrent aussi en ce que l'une a lieu dans un plan, l'autre en toutes directions ; car les ondes aériennes sont sphériques.



EMILIE.

Mais si l'air se meut en arrière aussi bien qu'en avant, comment son mouvement peut-il s'étendre de manière à porter le son à quelque distance ?

MAD. B.

La première sphère d'ondes qui se produit immédiatement autour du corps sonore, en comprimant l'air contigu, le condense. L'air condensé, quoique poussé en avant par la pression, réagit sur la première onde, et la repousse en arrière. La deuxième onde communique de même son mouvement à la troisième, qui la repousse par sa réaction. Ainsi se forme une succession d'ondes dans l'air, dont celles de l'eau nous offrent l'image.

CAROLINE.

Les vibrations du son doivent s'étendre beaucoup plus loin que les vagues circulaires dans l'eau, puisque le son se porte à une grande distance.

MAD. B.

C'est l'effet de l'élasticité de l'air. Un coup



de canon produit des vibrations dans l'air qui s'étendent à plusieurs milles à la ronde.

EMILIE.

Le son éloigné met quelque temps à parvenir vers nous, puisqu'il se produit au moment où le canon est tiré, et que cependant on voit l'éclair long-temps avant d'entendre le bruit.

MAD. B.

L'air est mis immédiatement en mouvement par le coup de canon, mais il faut du temps pour que les vibrations s'étendent à un point éloigné. On a calculé que la vitesse du son étoit de 1142 pieds anglois par seconde (1).

CAROLINE.

Avec quelle étonnante rapidité les vibrations doivent se communiquer ! Mais la vitesse du son varie, je pense, avec celle de l'air qui le propage ; si le vent souffle du canon vers

---

(1) L'observation donne par une moyenne 337 mètres et 18 centièmes. BIOT, *Physique*.

(Note du Traducteur.)



nous , nous devons entendre le coup plus vite que s'il soufflait du côté opposé.

MAD. B.

La direction du vent fait moins de différence dans la vitesse du son , que vous ne l'imaginerez. Si le vent va de nous au lieu d'où part le son , il emporte une grande partie des ondes aériennes , et rend par là le son plus foible ; mais le son ne met pas beaucoup plus de temps à atteindre l'oreille , que si le vent souffloit dans la direction contraire. Cette vitesse uniforme du son nous rend capables de déterminer la distance de l'objet d'où il vient ; comme celle d'un vaisseau sur mer qui tire le canon , ou d'un nuage qui tonne. Si on n'entend pas le tonnerre , une demi minute après qu'on a vu l'éclair , on peut en conclure que le nuage est à la distance de six milles et demi (  $2 \frac{1}{4}$  lieues ).

EMILIE.

Mais , je vous prie , comment est - ce que se produit le son de l'écho ?

MAD. B.

Quand les vibrations aériennes rencontrent



un obstacle qui a une surface dure et régulière tel qu'un mur ou un rocher, elles se réfléchissent vers l'oreille, et produisent le même son une seconde fois; mais le son paroîtra alors venir de l'objet qui l'a réfléchi. Si les vibrations tombent perpendiculairement sur l'obstacle, elles se réfléchissent sur la même ligne; si elles tombent obliquement, le son revient obliquement dans la direction opposée, avec un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence.

CAROLINE.

Oh, dès lors, Emilie, je comprends pourquoi l'écho de ma voix, derrière la maison, s'entend beaucoup mieux par vous que par moi, quand nous sommes chacune à un bout différent de l'allée du jardin. Ma voix, ou plutôt les vibrations qu'elle produit dans l'air, tombant obliquement sur le mur, sont réfléchies à l'extrémité opposée de l'allée.

EMILIE.

C'est vrai; et nous avons observé que quand nous étions au milieu de l'allée opposée à la maison, l'écho revenoit à la personne qui parloit.



## MAD. B.

Les porte-voix sont construits sur le principe de la réflexion du son. La voix, au lieu de se répandre dans l'air ouvert, est retenue dans l'intérieur du porte-voix; et les vibrations, qui s'étendent et heurtent contre les côtés de l'instrument, sont réfléchies d'après leur angle d'incidence et vont rencontrer les vibrations directes.

Toutes les vibrations se rassemblent donc à un foyer, et si l'oreille est située à ce point ou près de là, le son qui lui arrive est prodigieusement accru. La fig. 7, planche XIV, vous donnera une idée claire d'un porte-voix; les rayons réfléchis y sont tracés en lignes pointées, et arrivent au foyer F. Le cornet dont se servent les sourds, est fait sur le même principe, mais comme la voix entre dans le cornet par le gros bout, l'effet ne peut manquer d'être modifié par cette circonstance.

## EMILIE.

Les trompettes, dont on se sert comme d'instrument de musique, sont-elles construites sur ce principe?



MAD. B.

Oui, en tant que leur forme tend à accroître le son; mais, comme instrument de musique, la trompette devient elle-même le corps sonore, que l'on fait vibrer en soufflant et qui communique ses vibrations à l'air.

Je tâcherai de vous donner en peu de mots quelque idée de la nature des sons musicaux. Aimant la musique, comme je sais que vous l'aimez, vous prendrez intérêt à ce sujet.

Si un corps sonore est frappé de manière que ses vibrations se fassent en temps réguliers, les vibrations de l'air correspondront avec elles, et frappant aussi d'une manière régulière le tympan de l'oreille, elles produiront la même sensation uniforme sur le nerf auditif, et exciteront la même idée uniforme dans l'âme; ou, en d'autres termes, nous entendrons un ton musical.

Mais si les vibrations des corps sonores sont irrégulières, il s'ensuivra nécessairement une confusion dans les vibrations aériennes; car une seconde vibration peut commencer avant que la première soit finie, la rencontrer



au milieu de son chemin, l'interrompre dans sa course, et produire des sons discordans qui choquent l'oreille.

EMILIE.

Mais chaque suite de ces vibrations irrégulières, si elles se répétoient à des intervalles égaux, produiroient, à ce que je suppose, un ton musical? Ce n'est que leur succession irrégulière qui fait qu'elles se mêlent et qu'elles forment une discordance.

MAD. B.

Assurément. Plus un corps sonore vibre rapidement, plus le son produit est aigu.

CAROLINE.

Mais si je touche plusieurs fois de suite une note du piano-forte, que ce soit vite ou lentement, j'obtiens toujours le même ton.

MAD. B.

Parce que les vibrations de la même corde, au même degré de tension, sont toujours d'une durée égale. Quand nous parlons de la vitesse ou de la lenteur des vibrations, cela



doit s'entendre des tons simples, et non d'une succession de tons. En touchant la note rapidement plusieurs fois, on produit une répétition fréquente du ton, mais on n'augmente pas la vitesse des vibrations de la corde. La durée des vibrations des cordes, dépend de leur longueur, de leur épaisseur ou de leur poids, et du degré de tension; ainsi, on trouve que les notes basses sont produites par des cordes longues, épaisses, et lâches; et les notes hautes par des cordes courtes, minces et tendues.

CAROLINE.

Ainsi, les différentes longueurs et grosseurs des cordes des instrumens, et leurs divers degrés de tension servent à faire varier la durée des vibrations et par conséquent à rendre les notes aiguës ou graves.

MAD. B.

Oui; parmi les différens tons il y en a quelques - uns qui, en sonnant ensemble, plaisent à l'oreille, en produisant ce qu'on appelle harmonie ou concordance. Cela dépend de l'accord des vibrations des deux



corps sonores ; de manière que quelques-unes des vibrations de chacun frappent l'oreille en même temps. Ainsi, si les vibrations de deux cordes se font en temps égaux, le même ton est produit par toutes les deux, ce qui donne l'unisson.

EMILIE.

A présent je comprends pourquoi, quand j'accorde ma harpe avec le piano - forte, je tends les cordes, si elle est trop basse, ou je les relâche si elle est trop haute ; c'est afin de les forcer à vibrer en temps égaux avec les cordes du piano-forte.

MAD. B.

Mais vous savez que la concordance n'est pas bornée à l'unisson ; car deux tons différents font harmonie dans plusieurs cas. Si les vibrations d'un corps sonore (par exemple d'une corde), s'exécutent dans un temps double de celui qu'emploient les vibrations d'un autre, la seconde vibration de ce dernier frappera l'oreille au même instant que la première vibration du premier, et c'est la concordance de l'octave.



Si les vibrations de deux cordes sont comme deux est à trois, la seconde vibration de la première correspond à la troisième vibration de la dernière, et produit l'harmonie qu'on nomme quinte.

CAROLINE.

Ainsi, quand je fais sonner une note avec sa quinte, j'entends en même temps toutes les secondes vibrations de l'une et toutes les troisièmes de l'autre.


MAD. B.

Oui; et une note avec sa quarte est aussi une concordance, parce que ses vibrations sont comme trois est à quatre. Les vibrations d'une note avec sa tierce majeure, sont comme quatre est à cinq; et celles de la tierce mineure, comme cinq est à six.

Il y a d'autres tons qui ne peuvent pas être touchés ensemble, sans produire discordance; et qui néanmoins, si on les touche successivement, procurent le plaisir qu'on nomme mélodie. C'est sur ces principes généraux qu'est fondée la science de la musique; mais

je ne la connois pas assez pour entrer dans plus de détails.

Nous quitterons donc le sujet du son ; et, à notre prochain entretien, nous entrerons dans celui de l'optique, dans lequel nous considérerons la nature de la vision, de la lumière et des couleurs.





---

## QUINZIÈME CONVERSATION.

---

### OPTIQUE.

*Des corps lumineux, transparens et opaques.*

*— Du rayonnement de la lumière. — Des ombres. — De la réflexion de la lumière. — Les corps opaques ne se voient que par la lumière réfléchie. — Explication de la vision. — Chambre obscure. — Image des objets sur la rétine.*

CAROLINE.

**J**E languis de commencer notre leçon, Mad. B., je crois qu'elle sera très-amusante.

MAD. B.

L'optique est certainement l'une des branches les plus intéressantes de la physique, mais elle n'est pas une des plus aisées à comprendre; je vous prierai donc de me donner toute votre attention.

Je vous demanderai d'abord si vous com-

prenez ce qu'on entend par un *corps lumineux*, un *corps opaque*, et un *corps transparent*.

CAROLINE.

Un corps lumineux est un corps qui brille ;  
un corps opaque.....

MAD. B.

Ne passez pas au second, quand nous ne sommes pas contentes de la définition du premier. Tous les corps qui brillent ne sont pas lumineux ; car un corps lumineux est un corps qui brille de sa propre lumière, comme le soleil, le feu, la flamme d'une bougie, etc.

EMILIE.

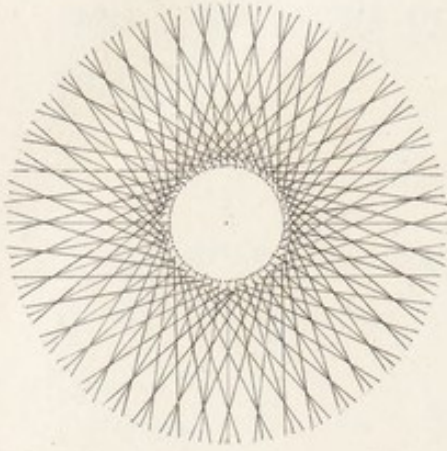
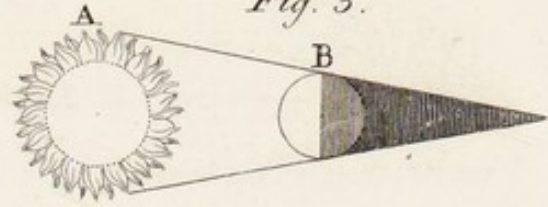
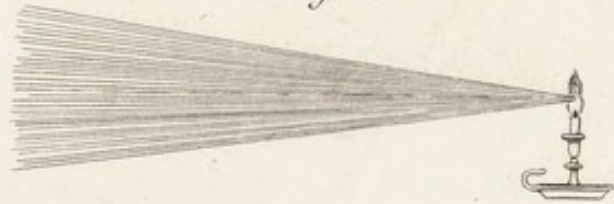
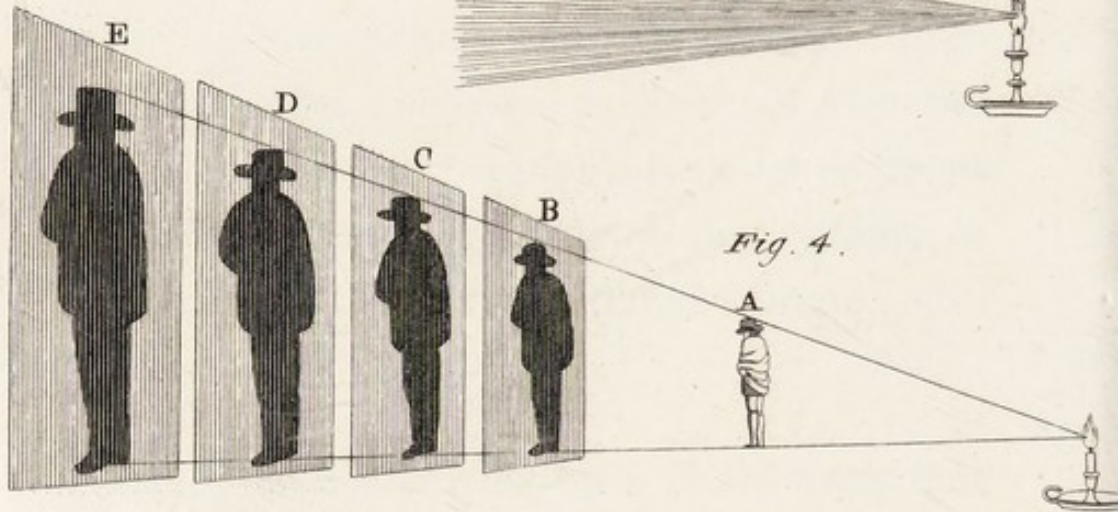
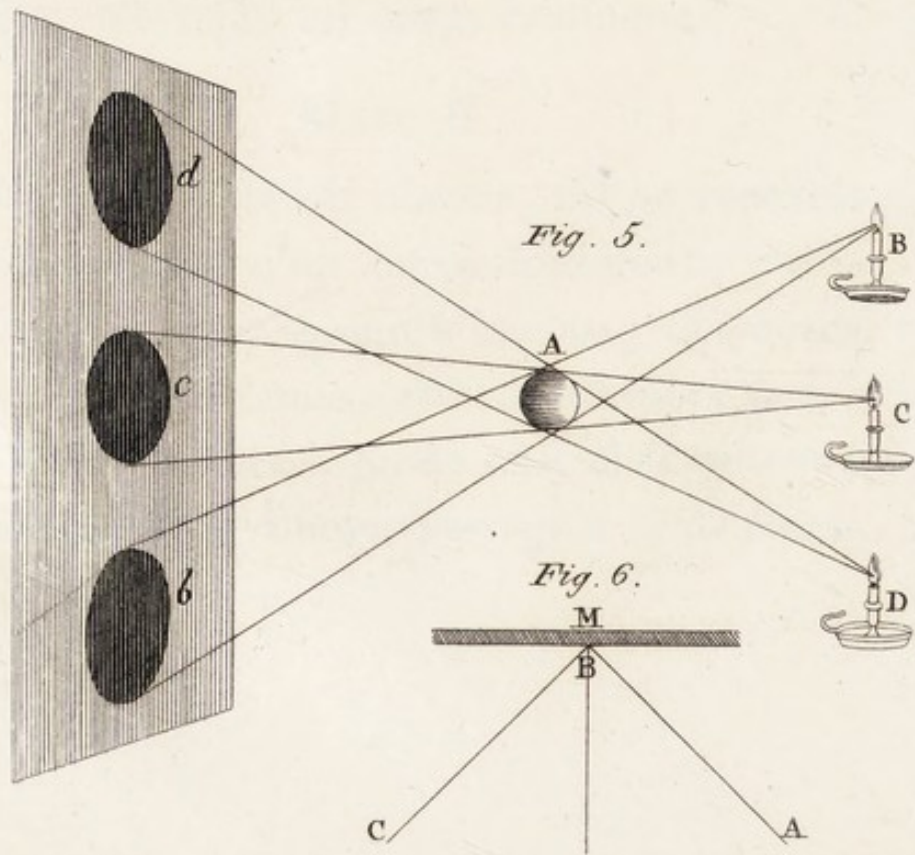
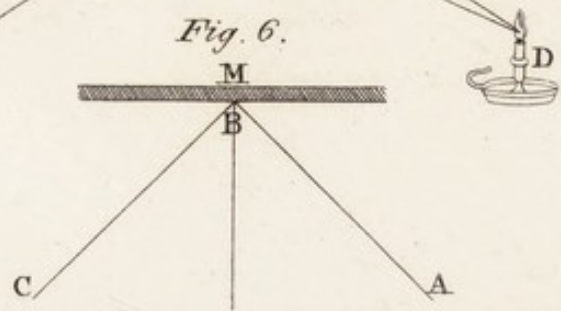
Ainsi, un métal poli, qui brille avec tant d'éclat, n'est pas un corps lumineux ?

MAD. B.

Non ; car il seroit obscur, s'il ne recevoit pas de lumière d'un corps lumineux ; il appartient par conséquent à la classe des corps opaques ou obscurs, et ces derniers comprennent tous ceux qui ne sont ni lumineux, ni de nature à donner passage à la lumière.





*Fig. 1.**Fig. 3.**Fig. 2.**Fig. 4.**Fig. 5.**Fig. 6.*



EMILIE.

Et les corps transparens sont ceux qui permettent à la lumière de les traverser, comme le verre et l'eau.

MAD. B.

C'est cela. On nomme souvent milieux les corps transparens.

La lumière, émanée du soleil ou d'un autre corps lumineux, se projette en avant en ligne droite dans toutes les directions possibles; ainsi le corps lumineux n'est pas seulement le centre général d'où viennent tous les rayons, mais on peut considérer chaque point de ce corps comme un centre d'où la lumière rayonne en tous sens. ( figure 1, planche XV ).

EMILIE.

Mais les rayons qui sont projetés en différentes directions, et qui se croisent les uns les autres, ne s'entrechoquent-ils pas et ne s'arrêtent-ils pas mutuellement dans leur course ?

MAD. B.

Point du tout. Les particules de la lumière sont d'une si grande ténuité qu'elles ne s'entrechoquent jamais.

Un rayon est une simple ligne de lumière projetée d'un corps lumineux, et on nomme pinceau une collection de rayons qui viennent du même point d'un corps lumineux, comme dans la figure 2.

CAROLINE.

La lumière est-elle donc composée de particules séparées, et détachées les unes des autres?

MAD. B.

C'est un point sur lequel les physiciens ne sont pas d'accord. Les uns conçoivent la lumière comme composée de particules détachées et émises par les corps lumineux. Les autres supposent qu'elle est produite comme le son, par les ondulations d'un fluide; et que ce fluide ou éther subtil, est répandu dans tout l'espace visible. Je ne prétends point décider entre ces deux systèmes.



La lumière s'offre à nous comme assujettie à des lois exactes, que nous allons bientôt expliquer; mais elle ne paroît pas soumise à celles de la gravité. On n'a jamais trouvé que la lumière eût aucun poids, quoiqu'on ait fait des expériences directes pour s'en assurer. Du reste, nous connoissons si peu la nature intime de la lumière, que si nous tentions d'approfondir ce sujet, nous nous jetterions dans un labyrinthe d'idées confuses ou même d'erreurs; nous fixerons donc uniquement notre attention sur les propriétés de la lumière qui sont pleinement reconnues.

Revenons à l'examen des effets que produit le rayonnement de la lumière émanée des corps lumineux. Puisque les rayons de lumière sont projetés en lignes droites; quand ils rencontrent un corps opaque à travers lequel ils ne peuvent passer, ils sont repoussés dans leur course, car ils ne peuvent pas se mouvoir en ligne courbe autour du corps.

CAROLINE.

Non certainement; car il faudroit quel-



qu'autre force que celle de projection pour produire ce mouvement en ligne courbe.

MAD. B.

L'interruption des rayons de la lumière par les corps opaques produit donc de l'obscurité sur le côté opposé ; et si cette obscurité tombe sur un mur, une feuille de papier, ou quelque autre objet, elle forme une ombre.

EMILIE.

Une ombre n'est donc autre chose que l'obscurité produite par l'intervention d'un corps opaque, qui empêche les rayons de lumière d'atteindre les objets placés derrière ce corps.

CAROLINE.

Et comment donc les ombres sont-elles de différens degrés d'obscurité ? J'aurois supposé, d'après notre définition de l'ombre, qu'elle auroit été parfaitement noire.

MAD. B.

Il arrive souvent qu'une ombre est produite par un corps opaque qui interrompt la



course des rayons émanés d'un corps lumineux, tandis que la lumière d'un autre atteint l'espace où l'ombre est formée, ce qui suffit pour l'affoiblir. C'est ce qui arrive quand le corps opaque est éclairé par deux chandelles; si l'on en éteint une, l'ombre est plus noire et plus distincte.

CAROLINE.

Cependant elle n'est pas parfaitement noire.

MAD. B.

Parce qu'elle est encore légèrement éclairée par la lumière réfléchie des parois de la chambre et des autres objets environnans.

Remarquez aussi que quand une ombre est produite par l'interruption des rayons d'un seul corps lumineux, l'obscurité est proportionnelle à l'intensité de la lumière.

EMILIE.

J'aurois supposé le contraire; car comme la lumière réfléchie des objets environnans sur l'ombre doit être en proportion de l'intensité de la lumière, plus la lumière est forte, plus l'ombre doit être éclairée.



MAD. B.

Votre remarque est parfaitement juste ; mais là où la lumière réfléchie a peu d'influence , comme nous n'avons pas d'autres moyens pour estimer les degrés de lumière et d'obscurité que d'user de comparaison, la lumière la plus forte paroîtra produire l'ombre la plus sombre. De là vient qu'une éclipse totale de soleil occasionne une obscurité plus sensible que celle du milieu de la nuit, à cause du contraste immédiat de la lumière du jour.

CAROLINE.

Par le même contraste, le retour de la lumière du soleil après une éclipse, doit être remarquablement brillant.

MAD. B.

Certainement. — Il y a plusieurs choses à observer par rapport à la forme et à l'étendue des ombres. Si le corps lumineux A (fig. 5) est plus grand que le corps opaque B, l'ombre diminuera graduellement de grandeur, jusqu'à ce qu'elle se termine en un point.



CAROLINE.

C'est le cas des ombres de la terre et de la lune , puisque le soleil qui les éclaire est plus grand que l'un et l'autre de ces corps. Et pourquoi n'est-ce pas le cas des ombres des objets terrestres qui sont aussi éclairés par le soleil ? Leurs ombres loin de diminuer sont toujours plus grandes que l'objet , et croissent avec la distance.

MA D. .

En estimant l'effet des ombres , il faut considérer les dimensions apparentes et non réelles du corps lumineux ; et sous ce point de vue , le soleil est un petit objet comparé à la généralité des corps terrestres qu'il éclaire ; quand le corps lumineux est moindre que le corps opaque , l'ombre augmente sans fin avec la distance. Ainsi , tous les objets , qui sont plus grands en apparence que le soleil , jettent une ombre agrandie : vous en aurez un exemple clair , en examinant l'ombre d'un objet éclairé par une bougie.

EMILIE.

J'ai souvent remarqué que l'ombre de ma



figure contre le mur devient plus grande à mesure que je m'en éloigne, ce qui est dû sans doute à ce que la flamme de la bougie est beaucoup plus petite que moi.

MAD. B.

Oui; l'ombre d'une figure A ( fig. 4 ) varie de grandeur selon la distance des surfaces B, C, D, E, sur lesquelles elle se dessine.

CAROLINE.

J'ai observé que deux bougies produisent deux ombres du même objet; tandis qu'il paroîtroit plutôt, d'après ce que vous nous disiez, qu'elles produiroient seulement une demi-ombre, c'est-à-dire, une ombre très-foible.

MAD. B.

Le nombre des bougies, qui envoient des rayons en différens sens, diminue à la vérité l'intensité de chaque ombre; mais il en augmente le nombre, qui correspond toujours à celui des bougies; car chaque bougie fait projeter au corps opaque une ombre différente, comme on le voit dans la figure 5.



Cette figure représente une boule A, éclairée par trois bougies, B, C, D, et vous voyez que la lumière de B produit l'ombre *b*, la lumière de C l'ombre *c*, et la lumière de D l'ombre *d*.

EMILIE.

Je crois que je comprends à présent très-bien la nature des ombres; mais, je vous prie, que deviennent les rayons de lumière que les corps opaques arrêtent dans leur route, et dont l'interruption cause l'ombre.

MAD. B.

Votre question nous conduit à une propriété très-importante de la lumière, la *réflexion*. Quand des rayons de lumière rencontrent un corps opaque qu'ils ne peuvent pas traverser, une partie de ces rayons est absorbée par le corps, une autre partie est réfléchie, et rebondit précisément comme une boule élastique qu'on jette contre un mur.

EMILIE.

Et la lumière, dans sa réflexion, suit-elle



les mêmes lois que les corps solides élastiques ?

MAD. B.

Précisément. Si un rayon de lumière tombe perpendiculairement sur un corps opaque, il est réfléchi dans la direction opposée et retourne vers le point d'où il vient. S'il tombe obliquement, il est réfléchi obliquement, mais dans une direction opposée, l'angle d'incidence étant égal à l'angle de réflexion. Vous souvenez-vous de cette loi de la mécanique.

EMILIE.

Oh oui, parfaitement.

MAD. B.

Si vous fermez les volets et que nous ne laissions entrer qu'un rayon du soleil à travers une ouverture très-petite, je pourrai vous montrer comment il se réfléchit. Voyez-vous; je tiens ce miroir de manière que le rayon y tombe perpendiculairement.

CAROLINE.

Je vois le rayon qui tombe sur le miroir, mais je ne vois pas celui qui est réfléchi.



MAD. B.

Parce que sa réflexion est directement rétrograde. Le rayon d'incidence et celui de réflexion étant sur la même ligne, quoique en directions opposées, se confondent.

EMILIE.

Ainsi le rayon qui nous paroît simple est réellement double : il est composé du rayon incident qui va au miroir et du rayon réfléchi qui revient du miroir.

MAD. B.

C'est exactement cela. Nous les séparerons maintenant en tenant le miroir M ( fig. 6 ), de manière que le rayon incident AB y tombe obliquement ; vous voyez le rayon réfléchi BC qui va dans une autre direction. Si nous tirons une ligne du point d'incidence B, perpendiculaire au miroir, elle séparera l'angle d'incidence de l'angle de réflexion, et vous verrez que ces deux angles sont égaux.

EMILIE.

C'est vrai ; et si vous tenez le miroir de manière que le rayon le frappe plus oblique-

ment, il est réfléchi aussi plus obliquement, en conservant l'égalité des angles d'incidence et de réflexion.

MAD. B.

Ce n'est que par la réflexion des rayons que nous voyons les objets opaques. Les corps lumineux envoient immédiatement des rayons à nos yeux; ceux qu'ils envoient aux autres corps ne peuvent nous affecter qu'autant que ces corps les réfléchissent ou les transmettent.

EMILIE.

Mais ne venons-nous pas de voir le rayon de lumière dans son passage du soleil au miroir et dans sa réflexion? Cependant ni dans l'un ni dans l'autre de ces cas, ces rayons n'étoient dirigés vers nos yeux.

MAD. B.

Ce que vous avez vu étoit la lumière réfléchie à nos yeux par les petites particules de poussière qui flottent dans l'air et que le rayon rencontroit au passage.



CAROLINE.

Cependant je vois le soleil briller sur cette maison là aussi clairement qu'il est possible.

MAD. B.

Vous ne pouvez pas voir un seul rayon qui aille du soleil à la maison. Vous ne voyez que par les rayons qui entrent dans vos yeux ; par conséquent, ce sont ceux qui sont réfléchis par la maison, et non ceux qui viennent immédiatement du soleil, qui vous font voir cet objet.

CAROLINE.

Pourquoi donc un côté de la maison paroît-il être éclairé par le soleil et l'autre être dans l'ombre ? Car si je ne peux pas voir le soleil luire sur la maison, elle doit paroître toute dans l'ombre.

MAD. B.

Ce côté de la maison, sur lequel le soleil brille, réfléchit plus vivement les rayons lumineux que le côté qui est dans l'ombre, car ce dernier n'est éclairé que par les rayons réfléchis par d'autres objets ; ces rayons sont

par conséquent réfléchis au moins deux fois avant d'arriver à vos yeux ; et comme la lumière est plus ou moins absorbée par les corps qu'elle frappe , chaque fois qu'un rayon est réfléchi , son intensité diminue.

CAROLINE.

Je ne peux pas encore m'habituer à l'idée que nous ne voyons pas les rayons qui brillent sur les objets , mais seulement ceux que ces objets réfléchissent vers nous.

MAD. B.

Néanmoins je ne désespère pas de vous en convaincre. Regardez cette grande pièce d'eau , pouvez-vous me dire pourquoi le soleil ne paroît briller que sur une partie de l'eau ?

CAROLINE.

Non certes ; car elle est partout également exposée au soleil. Souvent je me suis étonnée de voir ainsi l'eau briller d'une manière partielle ; c'est surtout au clair de lune que cela m'a frappé. Je voyois sur la mer une traînée de vive lumière , tandis que le reste



de l'eau restoit plongé dans une obscurité profonde; et cependant il n'y avoit pas d'obstacle apparent qui empêchât la lune de briller également sur toute l'eau.

MAD. B.

Au clair de lune, l'effet est plus remarquable à cause de l'obscurité profonde des autres parties de l'eau; tandis qu'à la lumière du soleil, l'effet est trop fort pour que nos yeux puissent le supporter.

CAROLINE.

Mais si le soleil brille réellement sur toutes les parties de cette pièce d'eau, pourquoi chaque partie ne réfléchit-elle pas des rayons à mes yeux ?

MAD. B.

Les rayons réfléchis ne sont pas détournés de leur route naturelle par vos yeux. La direction d'un rayon réfléchi, comme vous le savez, dépend de celle du rayon incident; ainsi les rayons du soleil, qui tombent sur l'eau avec des degrés variés d'obliquité, sont réfléchis dans des directions également variées,

quelques-uns de ces rayons atteignent vos yeux, mais ceux qui tombent ailleurs vous sont invisibles.

CAROLINE.

Le trait (1) de lumière solaire que nous voyons sur l'eau en ce moment, est donc composé des rayons qui, par leur réflexion, viennent tomber sur mes yeux ?

MAD. B.

Précisément.

EMILIE.

Mais ce côté de la maison, qui paroît être dans l'ombre, est-il réellement éclairé par le soleil, et les rayons sont-ils réfléchis d'un autre côté ?

MAD. B.

Non ; c'est un cas différent de la pièce d'eau. Ce côté de la maison est réellement

---

(1) Si l'eau n'étoit point agitée, l'image de la lune ou du soleil ne seroit point répétée. La trainée lumineuse est produite par les petites vagues, qui présentent aux rayons des incidences variées. (*Trad.*)



dans l'ombre; c'est le côté d'Ouest, que le soleil ne peut éclairer avant midi.

EMILIE.

Ainsi les objets qui ne sont éclairés que par les rayons réfléchis, et ceux qui reçoivent les rayons directs du soleil, mais qui ne les réfléchissent pas vers nous, paroissent également dans l'ombre?

MAD. B.

Certainement; car nous ne voyons les uns et les autres que par les rayons réfléchis. Cette partie de la pièce d'eau, sur laquelle les arbres font un ombre, par quelle lumière la voyez-vous?

EMILIE.

Puisqu'elle ne reçoit pas les rayons directs du soleil, nous devons la voir par ceux que d'autres objets réfléchissent, et qu'elle réfléchit de nouveau vers nous.

CAROLINE.

Mais si nous voyons tous les objets ter-



restres par la lumière réfléchie (de la même manière que nous voyons la lune), pourquoi paroissent ils si brillans et si lumineux ? J'aurois supposé que les rayons réfléchis auroient été foibles et émoussés, comme ceux de la lune.

MAD. B.

La lune réfléchit la lumière du soleil avec autant de vivacité que les objets terrestres. Si vous la regardez par une belle nuit, elle vous paroîtra aussi brillante qu'une pièce d'eau, que les murs d'une maison, ou que tout objet vu à la lumière du jour et sur lequel le soleil brille. Les rayons de la lune sont sans doute foibles, si on les compare à ceux du soleil; mais ce ne seroit pas une comparaison juste; car les premiers sont des rayons incidens, et les derniers sont des rayons réfléchis.

CAROLINE.

C'est vrai; quand on voit les objets terrestres au clair de lune, la lumière a été deux fois réfléchie, et par conséquent est proportionnellement plus foible.



MAD. B.

En traversant l'atmosphère, les rayons, tant du soleil que de la lune, perdent un peu de leur lumière. Car quoique l'air pur soit un milieu transparent qui transmet librement les rayons de la lumière, on a observé que, près de la surface de la terre, il est chargé de vapeurs et d'exhalaisons, qui absorbent une partie des rayons.

CAROLINE.

J'ai souvent remarqué qu'un objet, sur le sommet d'une montagne, paroît plus distinct qu'un autre, vu d'une distance égale dans une vallée ou sur une plaine; je suppose que cela est dû à l'air, qui est plus dégagé des vapeurs dans un lieu élevé, et que les rayons réfléchis sont par conséquent plus brillans.

MAD. B.

Cela peut avoir quelque effet sensible; mais quand un objet sur le sommet d'une montagne, a pour fond un ciel éclairé, le contraste rend le contour de l'objet plus distinct.



CAROLINE.

Me voilà convaincue qu'on ne voit les objets opaques que par les rayons réfléchis ; mais je ne puis comprendre comment ces rayons nous montrent les objets qui nous les renvoient.

MAD. B.

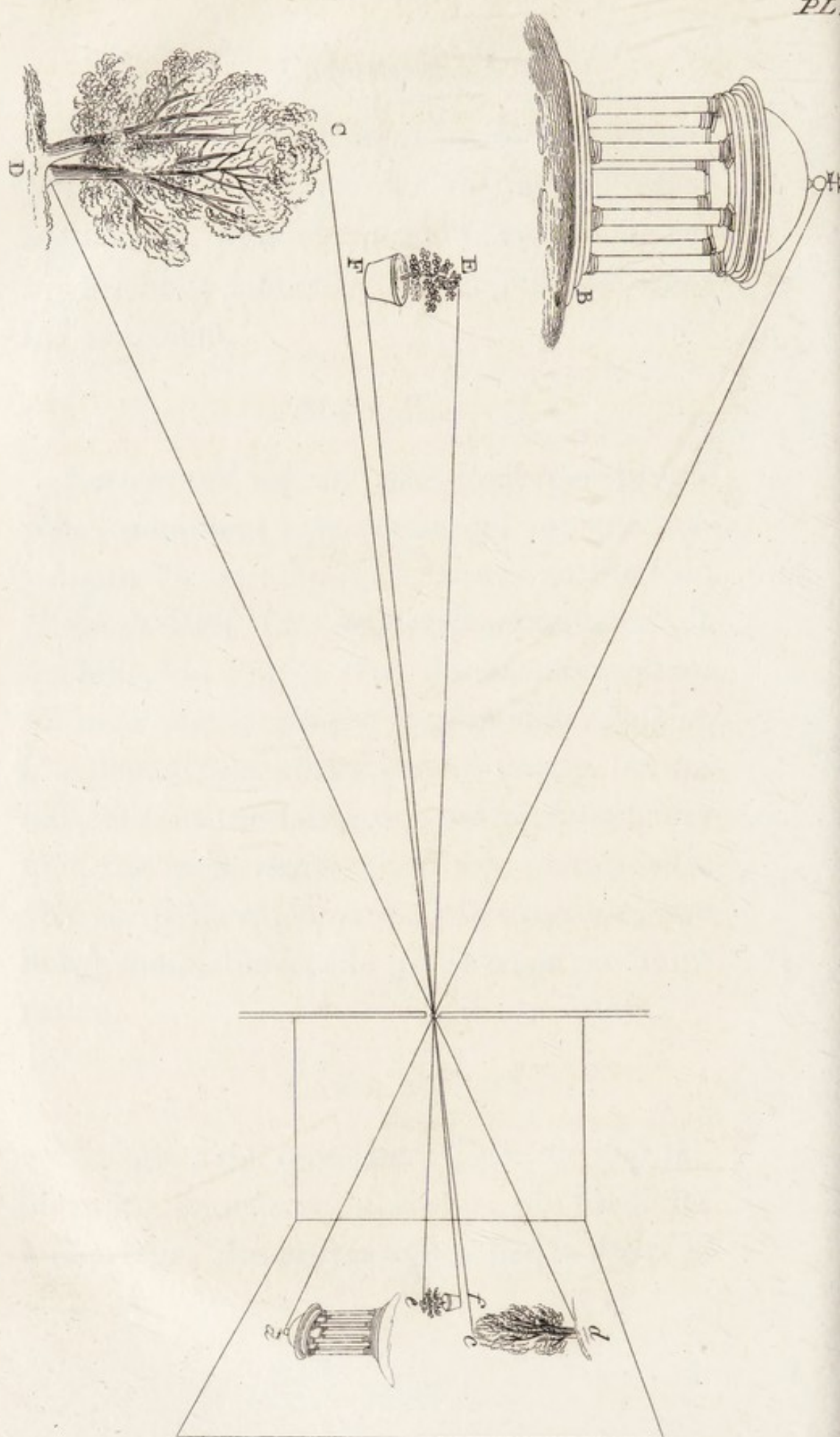
Les rayons entrent dans l'œil par la pupille , pénètrent à la rétine qui est une expansion du nerf optique , située au fond du globe de l'œil. Là , ils décrivent la figure , la couleur , de l'objet d'où ils émanent ; et en forment une copie , qui n'en diffère qu'en grandeur. Nous allons encore fermer les volets , et nous ne laisserons entrer la lumière que par une petite ouverture ; vous allez voir sur la paroi , opposée à l'ouverture , une image semblable à celle qui se trace sur notre rétine.

CAROLINE.

Oh que c'est étonnant ! C'est un vrai tableau en miniature du jardin , du jardinier à l'ouvrage , des arbres agités par le vent. Il









ne manqueroit rien au paysage , si l'image n'étoit pas renversée , la terre est en haut et le ciel en bas.

MAD. B.

Ce n'est pas assez d'admirer un phénomène , il faut de plus le comprendre. Cet appareil s'appelle *chambre obscure* , parce que , pour en faire usage , il faut écarter la lumière du lieu où l'on observe.

L'image qui vous frappe est produite par les rayons de lumière , qui sont réfléchis des différens objets du jardin et passent par l'ouverture faite au volet.

Les rayons qui viennent de la girouette du pavillon A ( planche XVI , fig. 1 ) , la représentent au point *a* ; car la girouette étant beaucoup plus haute que l'ouverture du volet , n'y peut envoyer d'autres rayons que ceux qui sont réfléchis dans une direction de descente oblique. Les rayons de lumière , comme vous savez , se meuvent toujours en ligne droite ; ceux qui entrent dans la chambre en descendant continueront donc leur route dans la même direction , et tombant sur le bas du mur opposé , ils re-



présenteront la girouette renversée en ce point, au lieu d'être droite comme dans la nature.

EMILIE.

Et les rayons de lumière réfléchis des marches du pavillon, B, en entrant par l'ouverture, montent et tracent ces marches dans le haut du paysage.

MAD. B.

Observez aussi que les rayons qui viennent du pavillon à gauche, le peignent sur le mur à droite, tandis que ceux qui sont réfléchis par le noyer, CD, à notre droite, en tracent la figure à gauche en *cd*. Ainsi les rayons qui viennent dans des directions différentes, et qui vont toujours en ligne droite, se croisent mutuellement à leur entrée à travers l'ouverture ; ceux qui viennent du haut vont en bas, ceux de la droite vont à gauche, ceux de la gauche à droite : ainsi chaque objet est représenté dans l'image, comme occupant une situation renversée de celle qu'il a dans la nature.



CAROLINE.

A l'exception du pot à fleur, EF, qui, bien que renversé, n'a pas changé de position dans le paysage.

MAD. B.

Le pot à fleur est directement à l'ouverture, en sorte que ses rayons tombent perpendiculairement sur le mur et y dessinent l'objet directement derrière l'ouverture.

EMILIE.

Est-ce ainsi que la peinture des objets se trace sur la rétine ?

MAD. B.

Précisément. La pupille, par laquelle les rayons de lumière entrent, représente l'ouverture faite au volet ; et l'image tracée sur la rétine est exactement semblable à celle qui se fait sur le mur.

CAROLINE.

Vous ne voulez pas dire, que nous ne voyons que la représentation de l'objet qui



se peint sur la rétine et que nous ne voyons pas l'objet lui-même ?

MAD. B.

Si la vue est le sens par lequel notre âme perçoit la présence des objets, au moyen des yeux, nous ne voyons certainement que l'image des objets qui se peignent sur la rétine.

CAROLINE.

Cela me paroît tout-à-fait incroyable.

MAD. B.

Les nerfs sont la seule partie sensible de notre corps ; ils paroissent donc être les instrumens que l'âme emploie dans ses perceptions ; car une sensation porte toujours une idée à l'âme. Or, on sait que nos nerfs ne peuvent être affectés que par le contact, et par cette raison, les organes du sens ne peuvent pas agir à distance ; par exemple, nous ne sentons que les particules qui sont en contact avec les nerfs du nez. On a souvent observé que l'odeur d'une fleur consiste en émanations, composées de très-petites particules, qui pénètrent dans les narines et frap-



pent les nerfs olfactifs. A l'instant ceux-ci portent à l'âme l'idée de l'odeur.

EMILIE.

Et le son, quoiqu'on dise qu'on l'entend à distance, ne s'entend dans le fait que quand les vibrations de l'air, qui le porte à nos oreilles, touchent le nerf auditif.

CAROLINE.

Il n'y a pas besoin d'explication, pour prouver que les sens du toucher et du goût ont lieu par le contact.

MAD. B.

Et j'espère vous convaincre qu'il en est de même du sens de la vue. Les nerfs qui constituent ce sens ne sont pas différens dans leur nature de ceux des autres organes; ce ne sont que des instrumens qui portent les idées à l'âme et qui ne peuvent être affectés que par le contact. Or, puisque l'on ne peut pas faire toucher le nerf optique à des objets réels, l'image de ces objets y est portée par les rayons de lumière qui en émanent; ces rayons frappent le



nerf optique, et forment le tableau que l'âme perçoit.

CAROLINE.

Pendant que j'écoute votre raisonnement, je me sens convaincue; mais quand je regarde les objets autour de moi, et que je pense que je ne les vois pas eux-mêmes, mais simplement leur image qui se peint dans mes yeux, ma croyance est ébranlée de nouveau. Je ne puis m'accoutumer à l'idée que je ne vois pas réellement ce livre que je tiens à la main, ni les mots que j'y lis.

MAD. B.

Ne vous êtes-vous pas étonnée quelquefois, de ne pouvoir jamais voir votre propre visage ?

CAROLINE.

Non; parce que j'en ai vu souvent une représentation exacte dans le miroir.

MAD. B.

Vous voyez une représentation beaucoup plus exacte des objets sur la rétine de votre



œil, c'est un miroir beaucoup plus parfait qu'aucun de ceux que l'art peut exécuter.

EMILIE.

Mais est-il possible que la vue étendue, que je contemple par la fenêtre, puisse se représenter sur un si petit espace que la rétine?

MAD. B.

Il seroit impossible de faire une représentation en miniature si petite et si distincte, mais la nature opère d'une main sûre et avec un pinceau délicat. La toute puissance, qui forme les plumes du papillon et les fleurons de la paquerette, peut seule tracer une miniature aussi parfaite et aussi admirable que celle qui se fait sur la rétine.

CAROLINE.

Mais, Mad. B., si nous ne voyons que l'image des objets, pourquoi ne les voyons-nous pas renversés, comme vous nous montriez qu'ils étoient dans la chambre obscure? N'est-ce pas un fort argument contre votre théorie?



MAD. B.

J'espère que cet argument n'est pas sans réplique. Il est vrai que l'image sur la rétine, est renversée comme celle de la chambre obscure ; vu que les rayons , à moins qu'ils ne partent d'un très-petit objet, s'entre-coupent en entrant dans la pupille, de la même manière qu'ils le font en entrant dans la chambre obscure. Le tableau néanmoins ne nous paroît pas renversé , parce que nous voyons toujours un objet dans la direction des rayons qu'il nous envoie.

EMILIE.

J'avoue que je ne comprends pas cela.

MAD. B.

Je crois que c'est un point difficile à expliquer clairement. Un rayon qui vient du haut d'un objet, fait son image sur le bas de la rétine ; mais l'expérience nous ayant appris que la direction de ce rayon est de haut en bas , nous considérons cette partie de l'objet comme représentant le haut. Les rayons qui viennent du bas de l'objet tombent sur le haut de la rétine , mais comme nous savons



que leur direction est de bas en haut , nous voyons que la partie de l'objet qu'ils peignent est le bas.

CAROLINE.

Quand je veux voir un objet au-dessus de moi , je regarde en haut ; quand je veux en voir un au-dessous de moi , je regarde en bas ; cela ne prouve-t-il pas que je vois les objets eux-mêmes , car si je ne sentoie que l'impression de leur image , il n'y auroit pas besoin de regarder en haut ou en bas , suivant que l'objet seroit plus haut ou plus bas que moi-même.

MAD. B.

Je vous demande pardon. Quand vous regardez en haut un objet élevé , c'est afin que les rayons qu'il réfléchit puissent tomber sur votre rétine ; mais l'acte de diriger vos yeux en haut vous prouve que l'objet est élevé , et vous apprend à considérer comme supérieure l'image qu'il forme sur la rétine, quoique dans le fait elle en occupe la partie inférieure. Quand vous regardez en bas, vous faites un raisonnement sem-



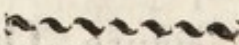
blable ; c'est ainsi que nous voyons tous les objets dans la direction des rayons qui viennent à nos yeux (1).

Mais j'ai une preuve ultérieure en faveur de ce que j'ai avancé , et j'espère qu'elle dissipera les doutes qui vous restent ; j'en renverrai l'explication à notre prochain entretien.

---

(1) L'ame ne voit pas sa rétine ; elle ignore qu'il y ait un tableau et que ce tableau soit renversé. Lorsque cet organe est affecté par des rayons venus d'un point de l'espace, l'ame projette ce point selon une loi que les philosophes ont étudiée. Cette loi paroît primitive et tout-à-fait indépendante de l'expérience. Elle répond à la question du renversement des objets et à d'autres de même genre. — Mais peut-être, en exposant une doctrine si simple, n'auroit-on pas réussi à satisfaire les jeunes élèves et à piquer leur curiosité. Il faut dire aussi que le sujet est tout psychologique et n'est traité dans la physique qu'occasionnellement.

*(Note du Traducteur.)*





## SEIZIÈME CONVERSATION.

### DE L'ANGLE VISUEL ET DE LA RÉFLEXION DES MIROIRS. (Suite de l'Optique.)

*Angle visuel. — Réflexion des miroirs plans.  
— Réflexion des miroirs convexes. — Ré-  
flexion des miroirs concaves.*

CAROLINE.

EH bien, Mad. B., je suis bien impa-  
tiente d'entendre les preuves ultérieures que  
vous avez à nous présenter à l'appui de votre  
théorie. Vous avouerez que c'étoit bien pi-  
quant pour nous d'interrompre si brusque-  
ment notre dernier entretien.

MAD. B.

Vous m'accablez si fort d'objections qu'il  
faut me donner le temps de recueillir mes  
forces.

Pouvez-vous me dire, Caroline, pour-



quoi les objets éloignés paroissent plus petits qu'ils ne le sont réellement ?

CAROLINE.

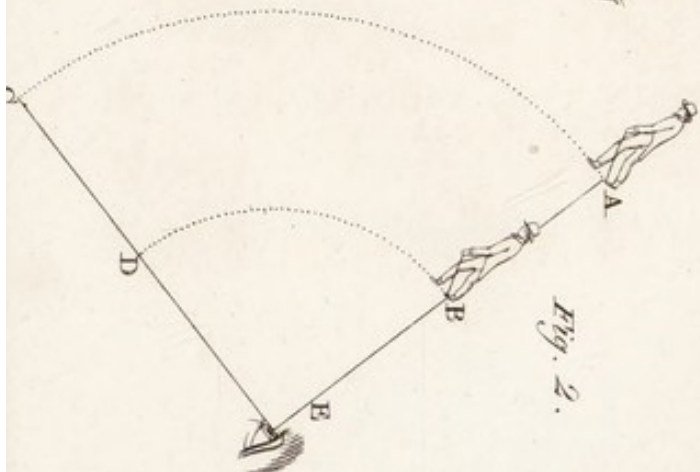
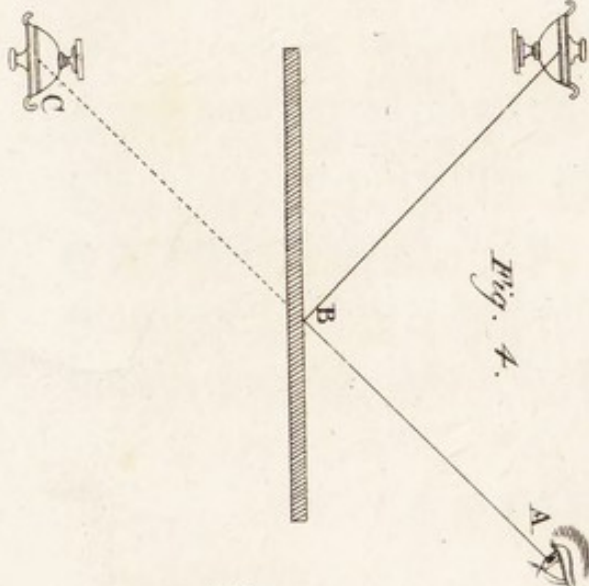
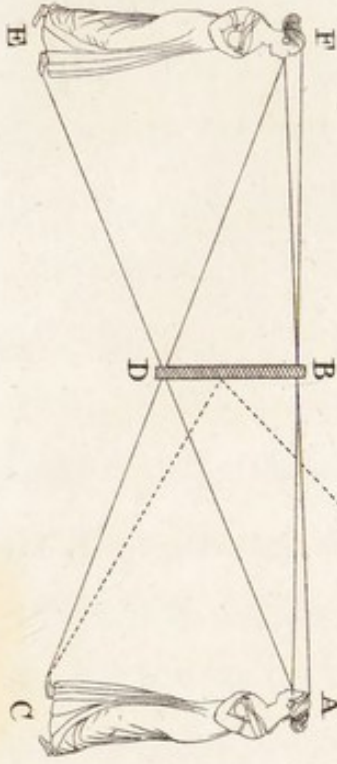
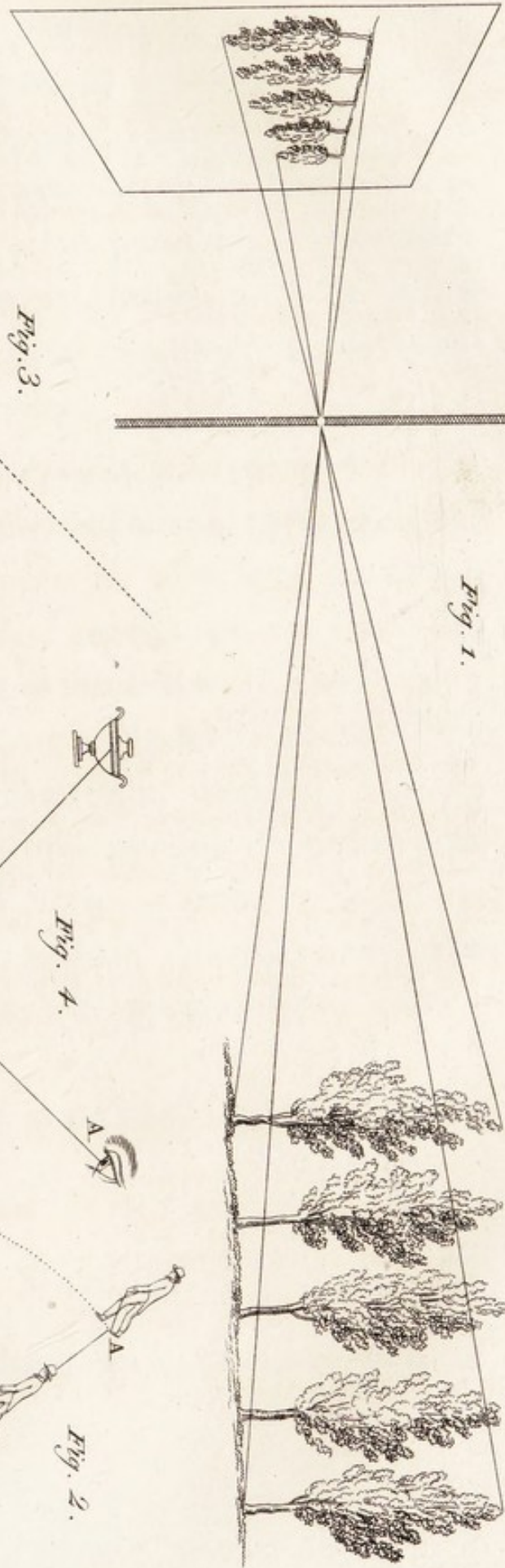
Je ne connois pas d'autre raison que celle de leur distance.

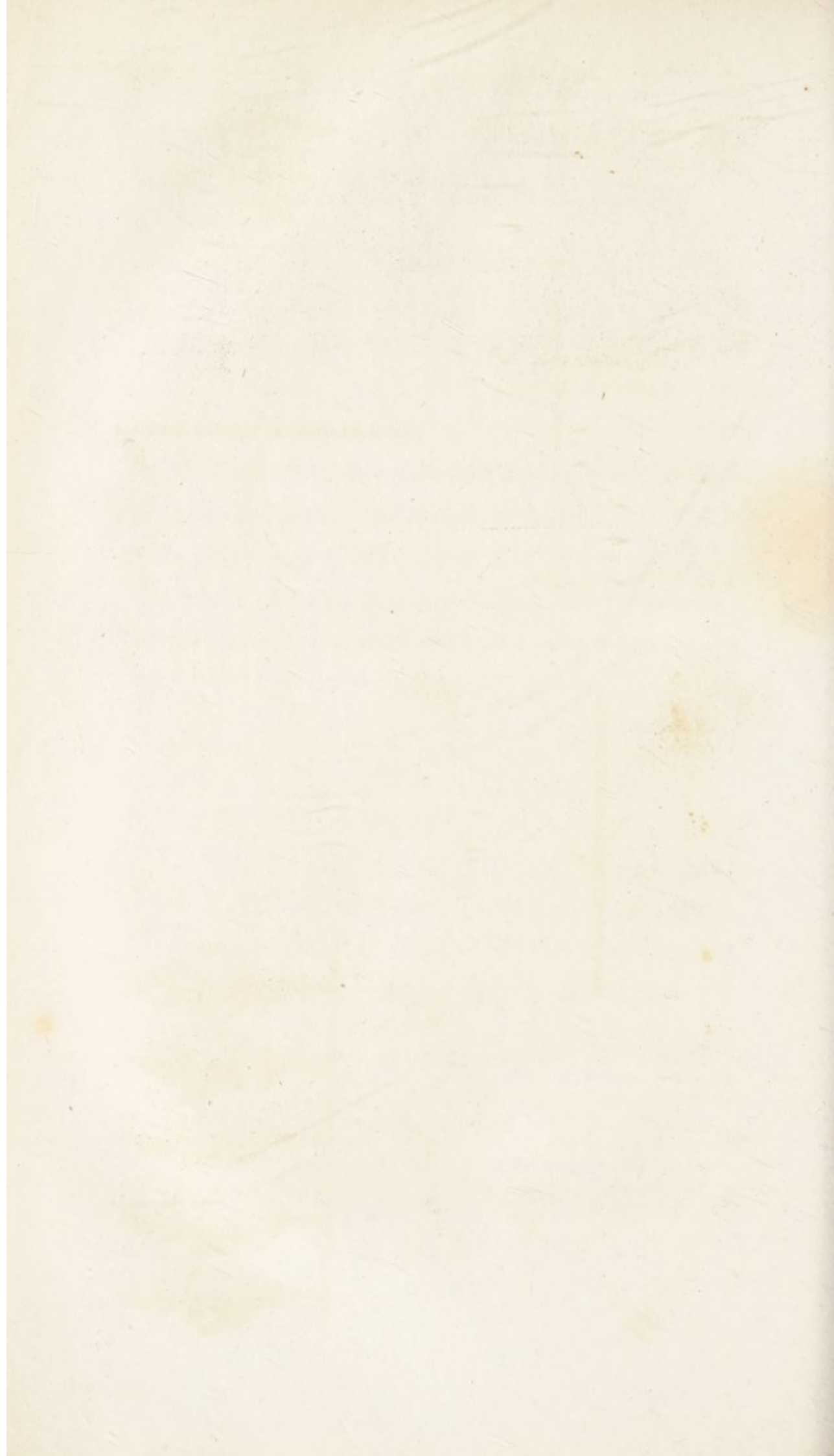
MAD. B.

Vos raisons ne sont pas plus satisfaisantes pour moi que les miennes ne semblent l'avoir été pour vous. Il nous faut revenir à la chambre obscure pour cette explication ; vous verrez la confirmation de ce que je vous ai dit à la dernière leçon , et vous comprendrez que c'est par la petitesse des images sur la rétine , que les objets éloignés paroissent plus petits.

La figure 1, planche XVII, représente une ligne d'arbres, vue dans la chambre obscure. J'y ai marqué la direction des rayons de l'objet à l'image ; observez que le rayon qui vient de la cime de l'arbre le plus proche et celui qui vient du pied du même arbre se rencontrent à l'ouverture de la pupille , en formant un angle d'environ vingt-cinq degrés, que l'on appelle angle visuel. Ces rayons









se croisent à leur rencontre, en formant des angles égaux opposés au sommet. Les jambes de celui qui est opposé à l'angle visuel aboutissent aux deux extrémités de l'image renversée de l'arbre qui se peint dans la chambre obscure. L'image est beaucoup plus petite que l'objet, mais les proportions sont parfaitement conservées.

A présent, marquons le rayon supérieur et le rayon inférieur de l'arbre le plus éloigné; ils forment un angle qui n'est que de douze ou quinze degrés, et l'image est dans des dimensions proportionnelles. Ainsi deux objets de la même grandeur, comme les deux arbres de l'avenue, forment dans la chambre obscure des images de différentes grandeurs suivant leur distance; ou, en d'autres termes, suivant l'angle visuel sous lequel ils sont vus. Comprenez-vous cela?

CAROLINE.

Parfaitement.

MAD. B.

Vous n'avez donc qu'à supposer que la



représentation dans la chambre obscure est semblable à celle qui a lieu sur la rétine.

Maintenant , puisque les objets qui sont de même grandeur ne paroissent pas l'être quand ils sont à des distances inégales , je vous demanderai ce que nous voyons : est-ce les objets réels, qui, comme nous le savons bien, ne varient pas en grandeur ; ou bien les images , qui varient suivant l'angle visuel sous lequel on les voit ?

CAROLINE.

Je dois avouer que la raison est en faveur de la dernière opinion. Mais cette chaise à l'extrémité de la chambre forme-t-elle une image sur ma rétine beaucoup plus petite que celle de la chaise qui est à côté de moi ? elles me paroissent exactement de la même grandeur.

MAD. B.

Je vous assure que les images ne sont pas égales. L'expérience que nous procure le sens du toucher corrige les erreurs de notre vue , relativement aux objets qui sont à



notre portée. Vous êtes convaincue si parfaitement de la grandeur réelle de ces objets, que vous ne faites pas attention à leur différence apparente.

Cette maison vous paroît - elle beaucoup plus petite que lorsque vous en êtes tout près ?

CAROLINE.

Non ; parce qu'elle n'est pas fort éloignée.

MAD. B.

Et cependant vous pouvez la voir toute entière à travers une des fenêtres de cette chambre. L'image de la maison sur votre rétine doit donc être plus petite que celle de la fenêtre par laquelle vous la voyez. C'est votre connoissance de la grandeur réelle de la maison qui vous empêche de faire attention à sa grandeur apparente. Si vous dessiniez d'après nature , vous jugeriez parfaitement de cette différence.

EMILIE.

Et quelle est , je vous prie , la raison pour laquelle , quand on regarde une avenue



les arbres paroissent non - seulement plus petits , à mesure qu'ils sont plus éloignés , mais semblent s'approcher graduellement les uns des autres , jusqu'à ce qu'ils se rencontrent en un point.

### MAD. B.

Ce ne sont pas seulement les arbres qui paroissent se rapprocher ; mais le chemin qui les sépare forme un angle visuel plus petit , à mesure qu'il est plus éloigné de nous ; en conséquence , sa largeur diminue graduellement en même temps que la grandeur des arbres , jusqu'à - ce qu'à la fin il se termine en apparence en un point auquel les arbres semblent se rencontrer.

Mais cet effet du changement de l'angle visuel sera éclairci plus pleinement par un petit modèle d'une avenue que j'ai construit dans ce but. Ici l'avenue est composée de six arbres qui mènent à un temple hexagone , et qu'on regarde d'un œil , sur la rétine duquel se trace la peinture des objets.

Je vous demande de ne pas critiquer les proportions ; car quoique l'œil y soit repré-



senté de grandeur naturelle , tandis que les arbres n'ont pas plus de trois pouces de haut, la disproportion n'altérera point le principe que le modèle est destiné à éclaircir.

EMILIE.

Les fils qui passent des objets à la rétine, en traversant la pupille, représentent, à ce que je pense, les rayons de lumière qui portent l'image des objets à la rétine ?

MAD. B.

Oui , j'ai été forcée de réduire les rayons à un très-petit nombre , pour éviter la confusion ; vous voyez qu'il n'y en a que deux qui partent de chaque arbre.

CAROLINE.

Mais comme l'un part du sommet et l'autre du pied de l'arbre , ils représentent bien les angles différens sous lesquels nous voyons les objets à des distances différentes ; ils les représentent même mieux que s'il y en avoit plus.

MAD. B.

Il y a sept rayons qui viennent du temple ,

l'un du sommet , et deux de chacun des angles qui sont visibles à l'œil dans cette situation ; vous pouvez par-là vous faire une idée juste de la différence de l'angle visuel des objets regardés obliquement ou en face ; car quoique les six côtés du temple soient de dimensions égales , celui qui est opposé à l'œil se voit sous un angle beaucoup plus grand que ceux qu'on voit obliquement. C'est sur ce principe que se fondent les lois de la perspective.

EMILIE.

Je suis charmée d'apprendre cela ; car tout dernièrement j'ai commencé d'étudier la perspective , et cette étude m'a paru très-sèche ; mais à présent que je connois les principes sur lesquels elle se fonde , j'y trouverai beaucoup plus d'intérêt.

CAROLINE.

Ainsi en faisant un paysage d'après nature , on copie non les objets réels , mais l'image qu'ils forment sur la rétine ?

MAD. B.

Certainement. Dans la sculpture on copie la



nature comme elle existe réellement ; dans la peinture on la représente comme elle nous paroît. C'étoit pour cela que je trouvois difficile d'expliquer par un dessin les effets de l'angle visuel, et c'est ce qui m'a obligé de construire un modèle pour les rendre sensibles.

ÉMILIE.

J'espère que vous nous permettrez de garder ce modèle quelque temps , pour l'étudier plus à fond, car on peut y apprendre beaucoup de choses ; il éclaircit la nature de l'angle visuel, la diminution apparente des objets éloignés et le renversement de l'image sur la rétine. Mais pourquoi, s'il vous plaît, avez-vous coloré les fils qui représentent les rayons de lumière, d'après la couleur des objets d'où ils viennent ?

MAD. B.

Vous m'excuserez de ne pas répondre dès à présent à votre question, mais je vous promets de vous l'expliquer dans un autre moment.



Je consens très-volontiers à ce que vous gardiez le modèle, à condition que vous en fassiez un vous-même, sur le même principe, mais qui représente des objets différens.

Il nous faut achever à présent les observations qui nous restent à faire sur l'angle visuel.

Si un objet, avec un degré ordinaire d'éclairement, n'est pas vu sous un angle de plus de deux secondes, il est invisible. Il y a deux cas dans lesquels les objets peuvent être invisibles; quand ils sont trop petits, et quand ils sont si éloignés qu'ils forment un angle de moins de deux secondes.

De même, si la vitesse d'un corps est si petite que l'arc décrit par le corps en une heure soit vu sous un angle de 20 degrés, son mouvement est imperceptible.

CAROLINE.

Un mouvement très-rapide peut donc être imperceptible, pourvu que la distance du corps soit suffisamment grande.

MAD. B.

Sans doute; car plus est grande sa dis-



tance, plus est petit l'angle sous lequel son mouvement paroît à nos yeux. C'est par cette raison que les mouvemens des corps célestes sont invisibles, malgré leur énorme vitesse.

EMILIE.

Je suis étonnée qu'une vitesse si grande que de 20 degrés par heure puisse être invisible.

MAD. B.

La vitesse réelle dépend entièrement de l'espace compris dans chaque degré, et cet espace dépend de la distance de l'objet, et de l'obliquité de sa route. Remarquez aussi, que nous ne pouvons pas juger de la vitesse d'un corps en mouvement, sans connoître sa distance; car supposons que deux hommes partent au même moment, des points A et B, (fig. 2), pour aller chacun aux extrémités C et D de leurs lignes respectives; s'ils font leur route dans le même espace de temps, ils doivent avoir avancé d'une quantité très-différente; et cependant, à un œil situé en E, ils paroîtront avoir cheminé de la même vitesse, parce qu'ils auront parcouru tous les



deux un nombre égal de degrés, quoique sur deux longueurs fort inégales. La vue est sans doute un sens bien utile, mais on ne peut pas toujours s'y fier; elle nous trompe relativement à la grandeur et à la distance des objets; et nos sens seroient sujets à nous jeter dans l'erreur, si l'expérience ne venoit à notre secours.

EMILIE.

A l'aide de ces deux moyens de connoissance, je crois que nous parvenons à acquérir une idée assez exacte des objets.

MAD. B.

Au moins suffisante pour les besoins généraux de la vie.

Pour vous montrer combien l'expérience est nécessaire pour corriger les erreurs de la vue, je vous rapporterai le cas d'un jeune homme qui étoit avengle dès son enfance, et qui recouvra la vue, à l'âge de quatorze ans, par l'opération de la cataracte. D'abord il n'avoit d'idée ni de la grandeur, ni de la distance des objets; il s'imaginoit que toutes les choses qu'il voyoit touchoient ses yeux; et



ce ne fut qu'après les avoir senties à plusieurs reprises, et après avoir été d'un objet à un autre, qu'il acquit l'idée de leurs dimensions respectives, de leurs situations relatives et de leurs distances.

CAROLINE.

L'idée que les objets touchoient ses yeux, n'est pas néanmoins si absurde qu'elle le paroît d'abord; car si on considère que nous ne voyons que l'image des objets, cette image touche bien réellement les yeux.

MAD. B.

C'est sans doute la raison de l'opinion qu'il s'étoit formée, avant que le sens du toucher eût corrigé son jugement.

CAROLINE.

Mais puisqu'une image doit se former sur la rétine de chacun de nos yeux, pourquoi ne voyons-nous pas les objets à double?

MAD. B.

L'action des rayons sur le nerf optique de chacun de nos yeux est si parfaitement

semblable , que ces rayons ne produisent qu'une seule sensation ; l'âme par conséquent reçoit la même idée de la rétine des deux yeux , et conçoit que l'objet est simple.

CAROLINE.

C'est difficile à comprendre , et je crois que ce n'est que conjectural.

MAD. B.

Je peux vous convaincre aisément qu'il se forme une image distincte d'un objet sur la rétine de chacun de vos yeux. Regardez le cordon de la sonnette , et dites-moi si vous le voyez à la droite ou à la gauche du pied de l'écran ?

CAROLINE.

Un peu à la droite.

MAD. B.

Maintenant fermez l'œil droit , et vous le verrez à gauche de l'écran.

CAROLINE.

Oui vraiment.



MAD. B.

Il y a évidemment deux représentations du cordon dans des situations différentes. Cela est dû à ce qu'il y a une image formée sur les deux yeux. Si donc l'action des rayons sur la rétine n'étoit pas tout-à-fait semblable de manière à produire une sensation unique, nous ne verrions jamais simple. Et c'est le cas de quelques personnes qui ont un de leurs yeux dans un état de maladie qui empêche les rayons de lumière d'agir de même sur cet œil que sur l'autre (1).

EMILIE.

Mais je vous prie, Mad. B., quand nous voyons l'image d'un objet dans une glace, pourquoi n'est-elle pas renversée comme dans la chambre obscure et comme sur la rétine de l'œil ?

---

(1) En examinant le sujet plus en détail, on reconnoît bientôt que l'on voit simple ou double, selon la place de chaque rétine qui est affectée. Mais il n'étoit guères possible d'occuper les élèves de cette loi de correspondance, avant d'avoir décrit l'œil.

(Note du Traducteur.)



MAD. B.

Parce que les rayons n'entrent pas dans le miroir par une petite ouverture et ne se croisent pas entr'eux, comme ils le font à l'ouverture de la chambre obscure ou à la pupille.

Quand vous vous regardez dans un miroir, les rayons qui viennent de vos yeux tombent perpendiculairement sur le miroir, et se réfléchissent sur la même ligne; l'image se fait donc derrière le verre, et y est située de la même manière que l'objet l'est sur le devant.

EMILIE.

Oui, je le vois bien; mais la glace n'est pas si grande que moi; comment donc est-ce que je peux voir dedans toute ma figure?

MAD. B.

Il n'est pas nécessaire que la hauteur du miroir soit plus de la moitié de la vôtre pour que vous puissiez y voir toute votre personne, (fig. 3). Le rayon de lumière AB, qui, venant de votre œil, tombe perpendi-



culairement sur le miroir BD est réfléchi sur la même ligne ; mais le rayon qui vient de votre pied tombe obliquement sur le miroir, car il faut qu'il monte pour l'atteindre ; il est donc réfléchi sur la ligne DA ; et puisque nous voyons les objets dans la direction des rayons réfléchis, qui viennent à l'œil, et que l'image paroît derrière le miroir à la même distance que l'objet sur le devant, il faut prolonger la ligne AD en E, et la ligne CD en F ; les extrémités de ces lignes termineront l'image.

EMILIE.

Eh bien donc, je ne comprends pas pourquoi je ne peux pas me voir toute entière dans un miroir beaucoup plus petit, car un rayon de lumière qui vient de mon pied l'atteindroit toujours, quoiqu'il fût plus oblique.

MAD. B.

C'est vrai ; mais plus le rayon tombe obliquement sur le miroir, plus il est réfléchi obliquement ; le rayon seroit donc réfléchi au-dessus de votre tête et vous ne pourriez pas le voir. C'est ce qu'indique la ligne pointée (fig. 3).



A présent, mettez-vous un peu à la droite du miroir, de manière que les rayons de lumière qui viennent de votre figure y tombent obliquement.

EMILIE.

Il ne se forme point alors d'image de moi dans la glace.

MAD. B.

Je vous demande pardon; il y en a bien une; mais vous ne pouvez pas la voir, parce que les rayons qui tombent obliquement sur le miroir sont réfléchis obliquement dans la direction opposée, les angles d'incidence et de réflexion étant égaux. Caroline, placez-vous dans la direction du rayon réfléchi, et dites-moi si vous ne voyez pas l'image d'Emilie dans la glace?

CAROLINE.

Voyons. — Pour regarder dans la direction des rayons réfléchis, il faut que je me place, autant que possible, à la gauche de la glace, vu qu'Emilie est à la droite. — A présent, je vois son image, mais elle n'est pas droit devant moi, elle est devant elle,



et elle paroît à la même distance derrière le verre, qu'elle-même est en face de lui.

MAD. B.

- Vous devez vous rappeler que nous voyons toujours les objets dans la direction des derniers rayons qui atteignent nos yeux. La figure 4 représente un œil, qui regarde l'image d'un vase réfléchi par un miroir; il doit la voir dans la direction du rayon AB, puisque c'est celui qui porte à l'œil l'image; prolongez le rayon en C, et c'est à ce point que l'image paroîtra.

CAROLINE.

Je ne comprends pas pourquoi un miroir réfléchit la lumière; car le verre est un corps transparent qui devoit la transmettre?

MAD. B.

Ce n'est pas le verre qui réfléchit les rayons qu'envoie l'image, mais c'est le mercure qui est derrière. Le verre agit principalement comme une matière transparente, à travers laquelle la lumière passe aisément.

CAROLINE.

Pourquoi donc ne fait-on pas simplement les miroirs de mercure ?

MAD. B.

Parce que le mercure est un fluide. En l'amalgamant à l'étain, il prend la consistance d'une pâte qui s'attache au verre, et forme réellement un miroir de métal ; il seroit beaucoup plus parfait sans le verre qui le couvre, car le verre le plus pur n'est jamais parfaitement transparent ; il se perd donc quelques rayons pendant que la lumière y passe, ou parce qu'ils y sont absorbés, ou parce qu'ils sont irrégulièrement réfléchis.

Cette imperfection des miroirs de verre a fait introduire l'usage des miroirs métalliques pour les instrumens optiques.

EMILIE.

Mais puisque tous les corps opaques réfléchissent la lumière, je ne comprends pas pourquoi ils ne sont pas tous des miroirs ?

CAROLINE.

Vous avez là, ma sœur, une curieuse idée,



ce seroit très-agréable de se voir dans tous les objets qu'on regarderoit.

MAD. B.

Il est très-vrai que toutes les choses opaques réfléchissent la lumière; mais la surface des corps est en général si rude et si inégale, que la réflexion s'y fait très-irrégulièrement, ce qui empêche que les rayons ne forment une image sur la rétine. C'est du reste ce que vous comprendrez mieux, quand je vous aurai expliqué la nature de la vision et la structure de l'œil.

Vous pouvez concevoir aisément la variété des directions dans lesquelles les rayons seroient réfléchis par une surface raboteuse comme une râpe. La surface de tous les corps solides ressemble à cet égard plus ou moins à celle de cet instrument; il n'y a que les corps susceptibles d'un beau poli, qui puissent réfléchir les rayons avec régularité. Comme les corps durs sont ceux dont le tissu est le plus serré; et le moins poreux, comme en conséquence ils sont plus capables de recevoir le poli, il font aussi les meilleurs miroirs;



aucun ne l'emporte à cet égard sur les métaux.

CAROLINE.

Mais la propriété de la réflexion régulière n'est pas restreinte à cette classe de corps; car je me suis souvent mirée dans une table d'acajou.

MAD. B.

Sûrement; mais comme cette substance est moins durable, et que sa réflexion est moins parfaite que celle des métaux, je crois qu'on la choisiroit rarement pour en faire un miroir.

Il y a trois espèces de miroirs employés en optique; les miroirs plans, qui sont les plus communs et dont nous venons de parler; les miroirs convexes, et les miroirs concaves. La réflexion par ces deux dernières espèces de miroirs a des effets très-différens de ceux qu'elle produit par les premiers. Le miroir plan, comme nous l'avons vu, n'altère point la direction mutuelle des rayons. L'image derrière le miroir est exactement semblable à l'objet qui est placé devant. Un miroir convexe a la propriété particulière de faire diverger les rayons réfléchis, ce qui diminue





Fig. 1.

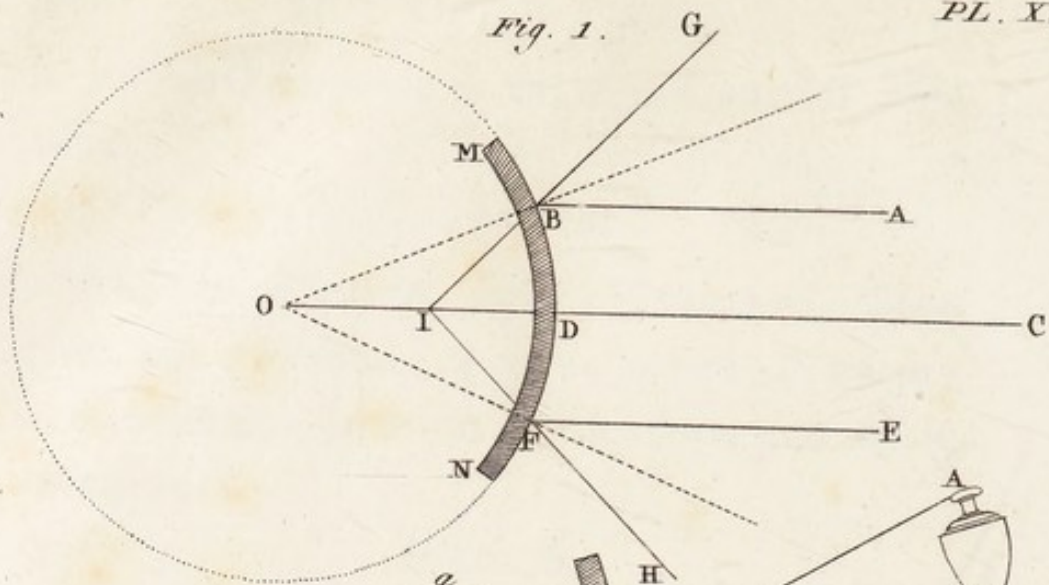


Fig. 2.

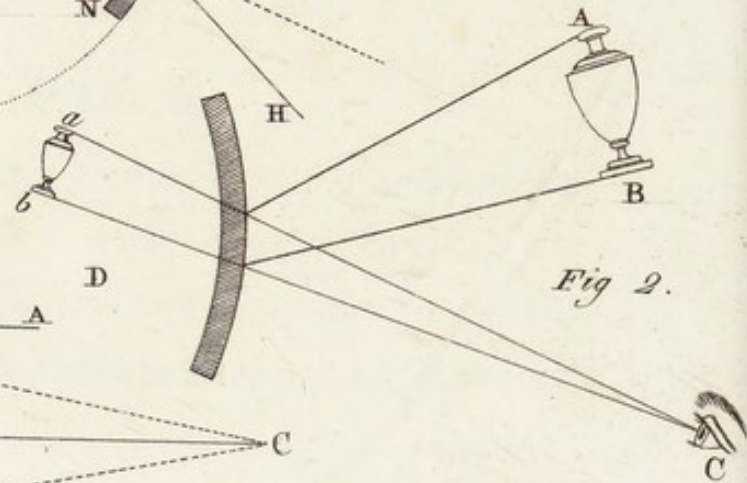


Fig. 3.

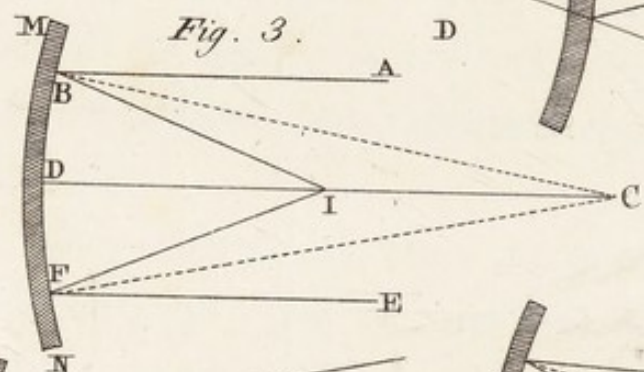


Fig. 5.

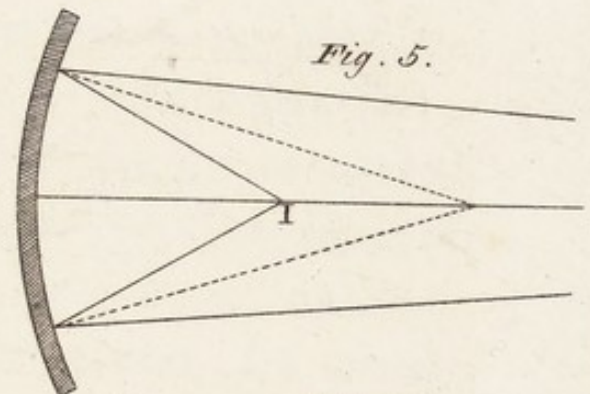


Fig. 4.

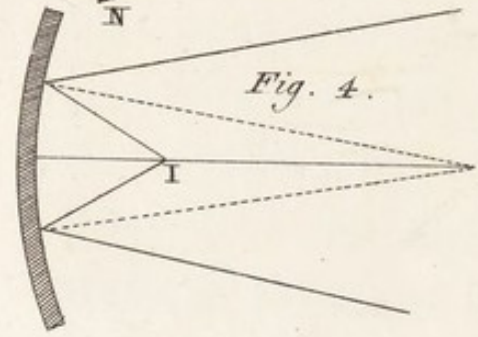


Fig. 6.

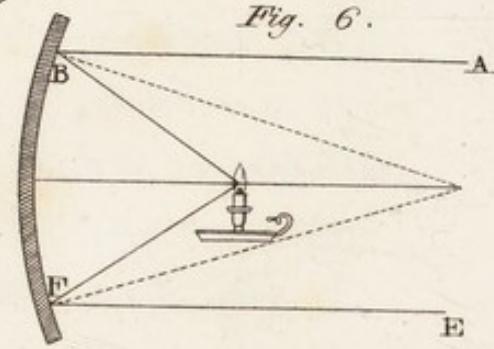
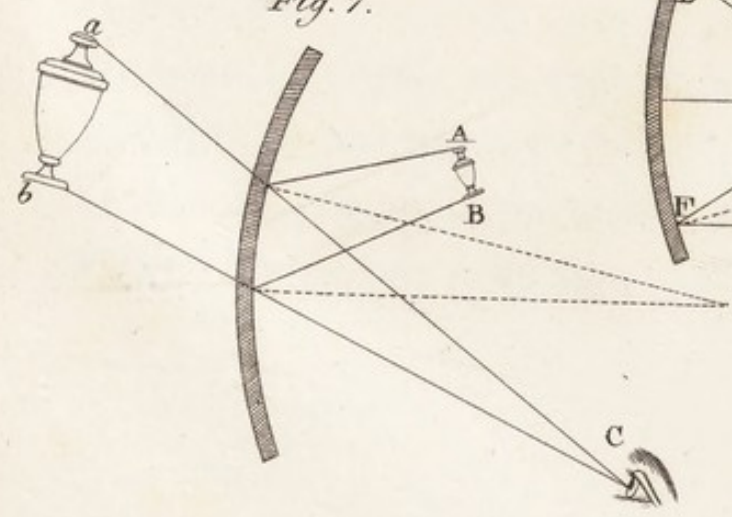


Fig. 7.





l'image ; un miroir concave les fait converger , et dans certaines circonstances , agrandit l'image.

EMILIE.

Nous avons dans le salon un miroir convexe , qui forme une peinture charmante en miniature des objets qui sont dans la chambre, et je me suis souvent amusée à regarder ma figure grossie dans un miroir concave. Mais j'espère que vous nous expliquerez pourquoi l'un grossit , tandis que l'autre diminue les objets qu'il réfléchit.

MAD. B.

Commençons par examiner la réflexion d'un miroir convexe. Il est formé d'une portion de la surface extérieure d'une sphère. Quand plusieurs rayons parallèles tombent sur un tel miroir, il n'y a de rayon perpendiculaire à la surface que celui qui prolongé passe par le centre , c'est-à-dire qui suit l'axe du miroir. Pour éviter la confusion je n'ai dessiné dans la figure 1, pl. XVIII, que trois lignes parallèles AB, CD, EF, pour représenter les rayons qui tombent sur le miroir convexe MN; vous voyez que le rayon du milieu



est perpendiculaire au miroir, et que les autres y tombent obliquement.

CAROLINE.

Puisque les trois rayons sont parallèles, pourquoi ne sont-ils pas tous perpendiculaires au miroir ?

MAD. B.

Ils le seroient bien, s'ils tomboient sur un miroir plan ; mais comme il est sphérique, aucun rayon n'y peut tomber perpendiculairement, s'il se dirige vers le centre de la sphère.

EMILIE.

Justement comme un poids tombe perpendiculairement à la terre, quand la gravité l'attire vers le centre.

MAD. B.

Afin donc que les rayons puissent tomber perpendiculairement au miroir en B et F, ils doivent suivre la direction des lignes pointées, qui, comme vous le voyez, tendent au centre, O, de la surface sphérique dont le miroir est une portion.

Maintenant, pouvez-vous me dire dans quelle direction les trois rayons AB, CD, EF seront réfléchis ?



ÉMILIE.

Je crois que oui. Le rayon du milieu, qui tombe perpendiculairement sur le miroir, sera réfléchi dans la même ligne; les deux autres, qui tombent obliquement, seront réfléchis obliquement en GH; car les lignes pointées, que vous avez tracées, sont les perpendiculaires qui séparent l'angle d'incidence de l'angle de réflexion.

MAD. B.

Fort bien, Emilie, et puisque nous voyons les objets dans la direction du rayon réfléchi, nous verrons l'image en L, qui est le point auquel les rayons réfléchis, s'ils se prolongeoient à travers le miroir, s'uniroient et formeroient une image. Ce point est également éloigné de la surface et du centre de la sphère. On l'appelle le foyer imaginaire du miroir.

CAROLINE.

Mais, je vous prie, que veut dire le mot *foyer*?



MAD. B.

C'est un point auquel les rayons convergens vont se réunir, ou duquel les rayons divergens émanent. Ici, on l'appelle imaginaire, parce que les rayons réfléchis ne sont pas réellement partis de ce point, mais se meuvent comme s'ils en émanoient.

EMILIE.

Je ne comprends pas pourquoi un objet paroît plus petit quand on le voit dans un miroir convexe.

MAD. B.

Cela est dû à la divergence des rayons réfléchis. Vous avez vu qu'un miroir convexe convertit, par la réflexion, les rayons parallèles en rayons divergens ; ceux qui tombent divergens sur le miroir le deviennent encore plus par la réflexion, et les rayons convergens sont réfléchis parallèles ou moins convergens. Si donc on place un objet devant un miroir convexe, comme le vase AB, fig 2, deux rayons partis de ses extrémités et tombés convergens sur le miroir,



seront réfléchis moins convergens et ne s'entre-couperont point avant d'être arrivés en C; ainsi, un œil placé dans la direction des rayons réfléchis verra l'image formée derrière le miroir en *ab*.

CAROLINE.

Mais les rayons réfléchis ne me paroissent pas converger moins que les rayons incidens. J'aurois supposé, qu'au contraire ils convergeoient plus, puisqu'ils se rencontroient en un point?

MAD. B.

Ils se réuniroient plus vite qu'ils ne le font, s'ils n'étoient pas moins convergens que les rayons incidens; car, remarquez que si les rayons incidens, au lieu d'être réfléchis par le miroir, continuoient leur route dans leur direction primitive, ils iroient concourir au point D, qui est beaucoup plus près du miroir que C; l'image est donc vue sous un angle plus petit que l'objet; et plus ce dernier est éloigné du miroir, moins l'image réfléchie est grande.

Vous comprendrez aisément la nature de



la réflexion des miroirs concaves. Ils sont formés d'une portion de la surface intérieure d'une sphère vide , et leur propriété particulière est de faire converger les rayons de lumière.

Pouvez-vous découvrir , Caroline , dans quelle direction sont réfléchis les trois rayons parallèles AB, CD, EF, qui tombent sur le miroir concave MN, fig. 3. ?

CAROLINE.

Je crois que oui. Le rayon du milieu est renvoyé sur la même ligne , vu qu'il est dans la direction de l'axe du miroir ; et les deux autres sont réfléchis obliquement , vu qu'ils tombent obliquement sur le miroir. Je tracerai maintenant deux lignes pointées perpendiculaires, à leurs points d'incidence, qui séparent les angles d'incidence et de réflexion ; pour que ces angles puissent être égaux , il faut que les deux rayons obliques soient réfléchis en I, où ils se réunissent au rayon du milieu.

MAD. B.

Très-bien expliqué. Ainsi , vous voyez



que quand des rayons parallèles tombent sur un miroir concave , ils sont tous réfléchis à un foyer (1) ; car , à mesure que les rayons sont plus éloignés de l'axe du miroir , ils tombent plus obliquement et sont réfléchis plus obliquement. C'est pour cela qu'ils viennent à un foyer , sur l'axe du miroir , en un point également distant du centre et de la surface de la sphère. Ce point n'est pas un foyer imaginaire , comme dans le miroir convexe ; mais c'est un vrai foyer , auquel les rayons se réunissent.

EMILIE.

Un miroir peut-il former plus d'un foyer par des rayons réfléchis ?

MAD. B.

Oui. Si les rayons tombent convergens sur un miroir concave ( fig. 4 ), ils ont un foyer I , plus rapproché que celui des rayons parallèles ; leur foyer est donc plus près du miroir

---

(1) On verra bientôt que le foyer n'est pas un point rigoureux. Tout ceci donc ne doit être entendu que des rayons peu obliques.

( *Note du Traducteur.* )



MN. Des rayons divergens sont portés à un foyer plus distant que des rayons parallèles, comme dans la figure 5, où leur foyer est en I ; mais le foyer principal des miroirs, soit convexes, soit concaves, est celui des rayons parallèles ; ce foyer est à une distance égale du centre et de la surface de la sphère.

Je vais à présent vous montrer, dans la réalité la réflexion des rayons par un miroir concave de métal. Il est d'étain poli ; je l'expose au soleil ; et comme dans ce moment il a tout son éclat en recueillant ses rayons, nous allons former un foyer très-brillant. Je tiens un morceau de papier là où je suppose qu'est le foyer ; vous pouvez juger, par la vivacité de ce point de lumière, combien les rayons convergent, mais ce n'est pas exactement en un foyer ; remarquez comme à mesure que j'approche le papier de ce point, l'intensité de la lumière augmente, tandis que la grandeur du foyer diminue.

CAROLINE.

Cela doit provenir des rayons de plus en



plus condensés. Je crois qu'à présent vous tenez le papier justement au foyer, la lumière est si petite et si éblouissante ! ... Oh , Mad. B. , le papier a pris feu ! ...

MAD. B.

Les rayons de lumière ne peuvent pas être concentrés , sans qu'en même temps il s'accumule une quantité proportionnelle de chaleur.

EMILIE.

J'ai souvent entendu parler des effets surprenans de ces miroirs , et je suis bien contente d'en comprendre la nature.

CAROLINE.

Le point où s'unissent les rayons du soleil n'est pas le foyer principal ; car , comme ils viennent d'un point , ils doivent tomber divergens sur le miroir.

MAD. B.

A la rigueur, cela est vrai. Mais quand les rayons viennent d'une distance aussi immense que celle du soleil, leur divergence est imperceptible, et on peut les considérer comme



parallèles ; leur point de réunion est donc le foyer principal , et l'image de l'objet y est représentée.

A présent que j'ai sorti le miroir des rayons du soleil , si je place la flamme d'une bougie au foyer , comment la lumière en sera-t-elle réfléchi ? (fig. 6).

CAROLINE.

Voilà , je l'avoue , ce que je ne saurois pas dire.

MAD. B.

Le rayon qui tombe dans la direction de l'axe du miroir est réfléchi sur la même ligne ; mais traçons deux autres rayons depuis le foyer , tombant sur le miroir en B et en F ; les lignes pointées sont perpendiculaires à ces points , et les deux rayons seront donc réfléchis en A et E.

CAROLINE.

Oh , je comprends à présent très-clairement. Les rayons , qui viennent d'une lumière placée au foyer d'un miroir concave , tombent divergens sur le miroir et sont réflé-



chis parallèles. C'est exactement l'inverse de la première expérience, dans laquelle les rayons du soleil tombent parallèles au miroir et sont réfléchis en un foyer.

MAD. B.

Oui; quand les rayons incidens sont parallèles, les rayons réfléchis convergent au foyer; quand au contraire les rayons incidens viennent du foyer ils sont réfléchis parallèles. C'est une loi importante de l'optique, et puisque vous connoissez les principes sur lesquels elle se fonde, j'espère que vous ne l'oublierez pas.

CAROLINE.

Je suis sûre que non. Mais, Mad. B., vous disiez que l'image se formoit au foyer d'un miroir concave; cependant, j'ai souvent vu des miroirs concaves de verre où l'objet étoit représenté en dedans du miroir, comme dans le miroir convexe.

MAD. B.

Cela a lieu quand l'objet est placé entre le miroir et son foyer, l'image donc paroît

grossie derrière, ou, comme vous dites, en dedans du miroir.


CAROLINE.

Je ne comprends pas pourquoi l'image seroit plus grande que l'objet.

MAD. B.

Cela vient de la propriété convergente du miroir concave. Si un objet AB (fig. 7) est placé entre le miroir et le foyer, les rayons de ses extrémités tombent divergens sur le miroir, et étant réfléchis, ils deviennent moins divergens, comme s'ils venaient de C; à un œil placé dans cette situation, l'image paroîtra grossie derrière le miroir en *ab*, puisqu'elle se voit sous un angle plus grand que l'objet.

J'espère que vous comprenez à présent la réflexion de la lumière par les corps opaques. A notre prochain entretien nous commencerons une autre propriété de la lumière, non moins intéressante, qu'on appelle *réfraction*.





## DIXSEPTIÈME CONVERSATION.

---

### DE LA RÉFRACTION ET DES COULEURS.

(Suite de l'Optique.)

*Transmission de la lumière par les corps transparens. — Réfraction. — Réfraction de l'atmosphère. — Réfraction d'une lentille. — Réfraction du prisme. — Couleurs des rayons de lumière. — Couleurs des corps.*

MAD. B.

**L**A réfraction de la lumière sera le sujet de la leçon d'aujourd'hui.

CAROLINE.

C'est une propriété dont je n'ai aucune idée.

MAD. B.

La réfraction est l'effet que produisent les milieux, ou espaces transparens, sur la lumière qui les traversent. Vous savez que les

corps opaques réfléchissent les rayons, et que les corps transparens les transmettent ; mais on a trouvé que si un rayon en passant d'un milieu dans un autre, d'une densité différente, y tombe obliquement, il est détourné de sa route.

CAROLINE.

Il faut donc qu'il éprouve l'action de quelque nouvelle force, autrement il ne se dévierait pas de sa première direction.

MAD. B.

La force qui cause la déviation du rayon paroît être l'attraction du milieu le plus dense. Supposons que les deux milieux soient l'air et l'eau ; si un rayon de lumière passe de l'air dans l'eau, il est attiré plus fortement par cette dernière, à cause de sa plus grande densité.

ÉMILIE.

Dans quelle direction l'eau attire-t-elle le rayon ?

MAD. B.

Elle doit l'attirer perpendiculairement vers





Fig. 1.

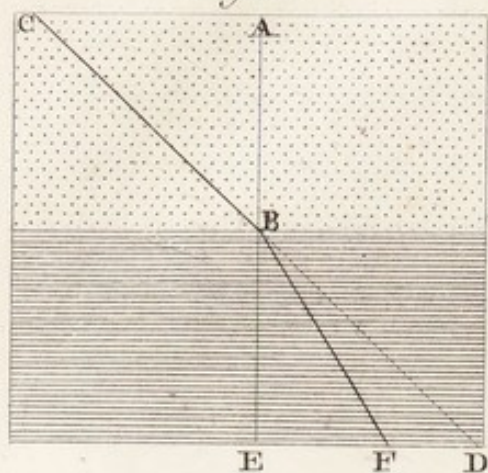


Fig. 2. PL. XIX.

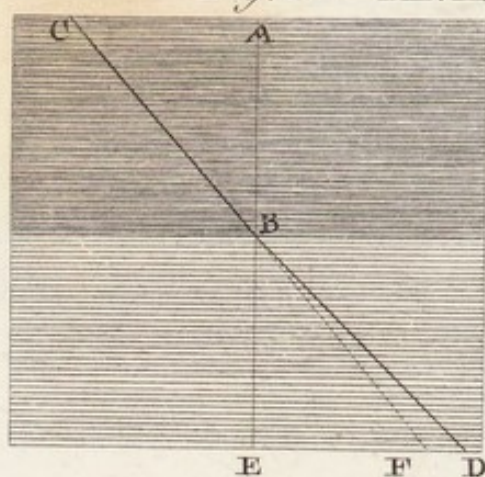


Fig. 4.

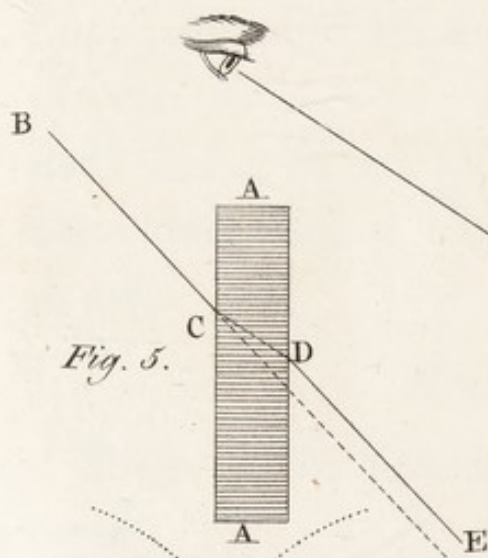
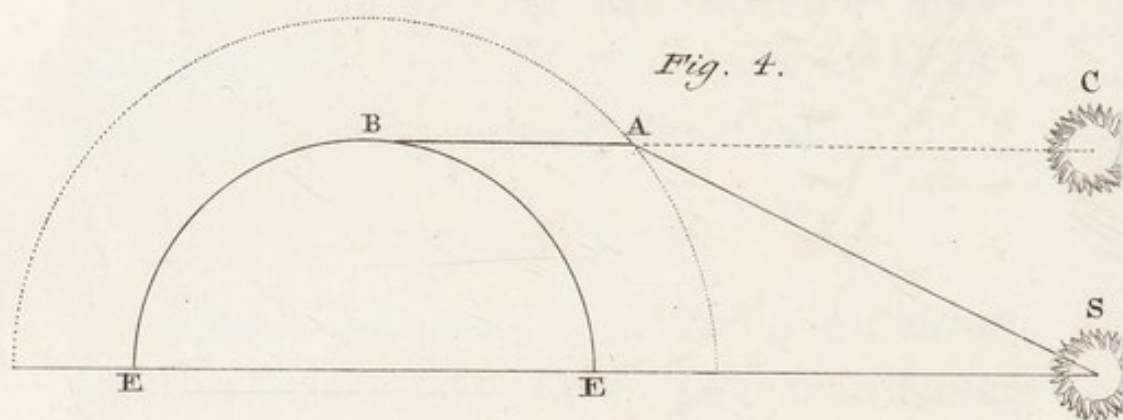


Fig. 5.

Fig. 3.



Fig. 6.

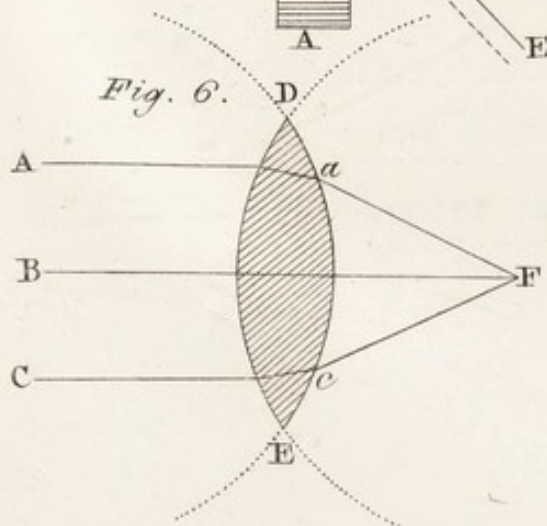
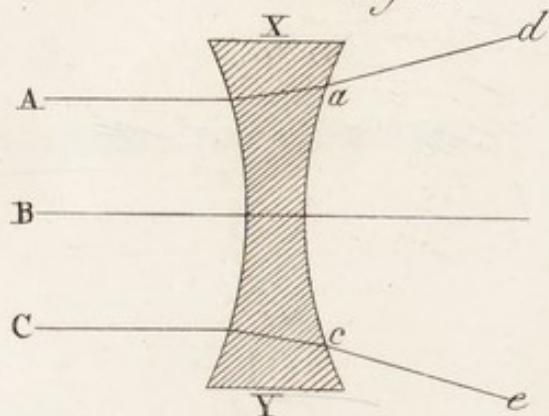


Fig. 7.





elle, de la même manière que la gravité agit sur les corps.

Si un rayon AB (fig. 1. pl. XIX) tombe perpendiculairement sur l'eau, l'attraction de l'eau agit dans la direction du rayon; elle ne causera donc pas de déviation, et le rayon ira droit en E. Mais s'il tombe obliquement, comme le rayon CB, l'eau en l'attirant le fera sortir de sa route. Supposons que le rayon se soit approché de la surface d'un milieu plus dense, et qu'il commence à être affecté de l'attraction de ce milieu; cette attraction, si elle n'étoit pas combattue par quelque'autre force, le pousseroit perpendiculairement dans l'eau en B; mais il est aussi poussé par sa force de projection, que l'attraction du milieu dense ne peut pas vaincre; le rayon donc, soumis à l'action de ces deux forces, se meut dans une direction intermédiaire; et au lieu de poursuivre sa route primitive jusqu'en D, ou d'être entraîné en E par l'attraction de l'eau, il va en F, en sorte qu'il paroît brisé.

CAROLINE.

Je comprends très-bien; et n'est-ce pas



la raison pour laquelle les rames paroissent pliées dans l'eau.

MAD. B.

Cela est dû à la réfraction des rayons que réfléchit la rame ; mais c'est en passant d'un milieu dense dans un milieu rare ; car vous savez que les rayons , par lesquels on voit la rame , passent de l'eau dans l'air.

EMILIE.

Mais je ne comprends pas pourquoi il y a réfraction quand un rayon passe d'un milieu dense dans un milieu rare ; j'aurois supposé que le rayon auroit plutôt été moins attiré par le dernier milieu.

MAD. B.

Et c'est précisément pour cela que le rayon est réfracté. Dans la fig. 2, CB représente un rayon passant obliquement du verre dans l'eau ; comme le verre est le plus dense de ces deux milieux , le rayon sera attiré plus fortement par celui qu'il quitte que par celui dans lequel il entre. L'attraction du verre agit dans la direction AB , tandis que l'im-



pulsion de projection porteroit le rayon en F ; il se meut donc entre ces directions vers D.

EMILIE.

En sorte que, quand un rayon passe d'un milieu dense dans un milieu rare, la réfraction se fait en sens contraire de celui qui a lieu lorsqu'il passe du rare au dense.

CAROLINE.

Mais l'attraction du milieu le plus dense n'affecte-t-elle pas le rayon avant qu'il y pénétre ?

MAD. B.

La distance à laquelle l'attraction du milieu le plus dense agit sur un rayon est si petite, qu'elle est insensible ; il nous paroît donc n'être réfracté qu'au point auquel il passe d'un milieu dans un autre.

A présent que vous comprenez le principe de la réfraction, je vais mettre ce phénomène sous vos yeux. Voyez-vous la fleur peinte au fond de cette tasse ? ( fig. 3 ).

EMILIE.

Oui, mais vous la baissez justement assez pour que le bord de la tasse me cache la peinture.

MAD. B.

Ne bongez pas. Je vais remplir la tasse d'eau, et de suite vous reverrez la fleur.

EMILIE.

Ah ! oui vraiment. Laissez moi essayer d'expliquer ceci ; quand vous tirez la tasse de manière à me cacher la fleur, les rayons que la peinture réfléchit ne viennent plus à mes yeux, mais se dirigent par dessus ; à présent que vous avez rempli d'eau la tasse, ils sont réfractés par l'attraction de l'eau et pliés de haut en bas, de manière à entrer dans mes yeux.

MAD. B.

Vous avez expliqué cela très - bien ; la fig. 3 vous aidera à l'inculquer dans votre mémoire. Observez que quand la fleur devient visible par la réfraction du rayon, vous ne la voyez pas à la place qu'elle occupe réelle-



ment ; ce que vous voyez est l'image de la fleur placée au-dessus d'elle ; car comme les objets paroissent toujours être situés dans la direction des rayons qui entrent dans l'œil , la fleur est vue dans la direction du rayon réfracté en B.

## EMILIE.

Ainsi , quand on voit le fond d'une pièce d'eau claire , les rayons qu'elle refléchit , étant réfractés en passant de l'eau dans l'air , feront paroître le fond plus haut qu'il n'est réellement.

## MAD. B.

Et l'eau paroîtra par conséquent plus basse. Il est souvent arrivé par-là des accidens ; et les enfans , qui sont dans l'usage de se baigner , devroient bien prendre garde de se laisser tromper par l'apparence du peu de profondeur de l'eau , vu qu'elle est toujours plus profonde qu'elle ne le semble.

La réfraction de la lumière nous empêche de voir les corps célestes dans leur situation réelle , parce que la lumière qu'ils nous envoient est réfractée en passant dans l'atmos-



phère ; nous voyons le soleil et les étoiles dans la direction du rayon réfracté , comme le montre la fig. 4 , pl. XIX ; la ligne pointée représente l'étendue de l'atmosphère sur une portion de la terre , EBE ; un rayon de lumière qui vient du soleil S , tombe sur elle obliquement en A , et est réfracté en B ; puis donc que nous voyons l'objet dans la direction du rayon réfracté , un spectateur en B verra une image du soleil en C , au lieu de voir l'objet à sa place réelle en S.

EMILIE.

Mais si le soleil étoit immédiatement sur nos têtes , le rayon central tombant perpendiculairement sur l'atmosphère , ne seroit pas réfracté , et nous verrions le soleil et son image sur la même ligne droite.

MAD. B.

Vous devez vous rappeler que le soleil n'est vertical que pour les habitans de la zone torride ; ses rayons sont donc toujours réfractés dans nos climats. Il y a aussi un autre obstacle à ce que nous voyons les corps célestes dans leurs situations réelles. Quoique



la lumière se meuve avec une vitesse extrême, elle met environ huit minutes et demie dans son passage du soleil à la terre. Ainsi, lorsque les rayons parviennent à nous, le soleil doit avoir quitté le point qu'il occupoit à leur départ; cependant nous le voyons dans la direction de ces rayons; et par conséquent dans une situation qu'il avoit abandonnée huit minutes et demie auparavant.

EMILIE.

Quand vous parlez du mouvement du soleil, vous entendez, je pense, son mouvement apparent, produit par le mouvement diurne de la terre?

MAD. B.

Sans doute; l'effet est le même, soit que la terre se meuve ou que l'on attribue son mouvement aux corps célestes, mais il est plus aisé de représenter les choses comme elles paroissent être, que comme elles sont réellement.

CAROLINE.

Ainsi le matin, quand le soleil monte au méridien, nous devons (dès que la lumière

nous atteint ), voir l'image du soleil plus bas que le point qu'il occupe réellement.

EMILIE.

Mais la réfraction de l'atmosphère contrebalançant cet effet, nous pouvons peut-être, entre ces deux causes d'erreur, voir le soleil dans sa situation réelle.

CAROLINE.

Et dans l'après-midi, quand le soleil descend vers le couchant, la réfraction et le temps que la lumière met à parvenir à nous, conspirent pour rendre l'image du soleil plus élevée qu'elle ne l'est réellement.

MAD. B.

La réfraction des rayons du soleil par l'atmosphère prolonge le jour, parce qu'elle nous fait voir l'image du soleil avant qu'il se lève et après qu'il s'est couché ; car au-dessous de l'horizon, il brille encore sur l'atmosphère, qui nous renvoie ses rayons réfractés.



CAROLINE.

D'un autre côté, il faut nous rappeler que la lumière met huit minutes et demie pour venir à nous ; en sorte que pendant le temps qu'elle vient à la terre, le soleil est peut-être déjà sous l'horizon.

EMILIE.

Mais est-ce que les vitres ne réfractent pas la lumière ?

MAD. B.

Oui ; mais cette réfraction est imperceptible, parce qu'en passant à travers une lame de verre, les rayons souffrent deux réfractions, qui, étant en directions contraires, produisent le même effet que s'il n'y en avoit point eu.

EMILIE.

Je ne comprends pas cela.

MAD. B.

La fig. 5, pl. XIX vous l'éclaircira ; AA représente une vitre épaisse de verre, vue par la tranche. Quand le rayon B arrive

vers la surface en C, il est réfracté; et au lieu de continuer sa route dans la même direction, selon la ligne pointée, il traverse la lame jusqu'en D; à ce point rentrant dans l'air, il est de nouveau réfracté par le verre, mais dans une direction contraire à sa première réfraction; il va donc en E. Comme le rayon BC et le rayon DE sont parallèles, la lumière ne paroît avoir souffert aucune réfraction.

EMILIE.

En sorte que l'effet, qui a lieu sur le rayon entrant dans le verre, est détruit à sa sortie; ou, pour m'exprimer plus scientifiquement, quand un rayon de lumière passe d'un milieu dans un autre, et de nouveau de ce dernier dans le premier, les deux réfractions étant égales et dans des directions opposées, n'ont aucun effet sensible.

MAD. B.

Fort bien, lorsque les deux surfaces sont parallèles; si elles ne le sont pas, les deux réfractions peuvent se faire dans la même direction, comme je vous le montrerai.



Quand des rayons parallèles ( fig. 6 ) tombent sur un morceau de verre , terminé par deux surfaces convexes et qu'on appelle une *lentille* , il n'y a que celui qui suit la direction de l'axe de la lentille qui soit perpendiculaire aux deux surfaces ; les autres rayons tombant obliquement , sont réfractés vers l'axe , et se rencontrent au-delà de la lentille en un point appelé *foyer*.

Des trois rayons , A , B , C , qui tombent sur la lentille DE , les rayons A et C sont réfractés en la traversant au point *a* et *c* , et en quittant la lentille , ils subissent dans la même direction une seconde réfraction qui les unit avec le rayon B en un foyer F.

EMILIE.

Et quelle est la distance du foyer à la surface de la lentille ?

MAD. B.

La distance focale dépend de la forme de la lentille et de la force réfringente de la substance dont elle est faite ; dans une lentille de verre , dont les deux côtés sont également convexes , le foyer est situé près du



centre de la sphère, dont la surface de la lentille forme une portion; telle est donc aussi sa distance à la lentille.

Il y a des lentilles de formes variées que vous verrez décrites dans la fig. 1. pl. XX. La propriété de celles qui ont une surface convexe est de rassembler les rayons de lumière en un foyer; et celles au contraire qui ont une surface concave dispersent les rayons. Car les rayons A, C, tombant sur la lentille concave XY (fig. 7, pl. XIX), au lieu de converger vers le rayon B qui suit l'axe de la lentille, seront attirés vers le bord épais, soit en entrant dans la lentille, soit en la quittant, et par conséquent divergeront en *a*, *c*, par la première réfraction, en *d*, *e*, par la seconde.

CAROLINE.

Et les lentilles qui ont un côté plan et l'autre convexe ou concave, comme A et B de la fig. 1. pl. XX, sont sans doute moins fortes?

MAD. B.

Oui; on les appelle plano-convexes et plano-



Fig. 1.

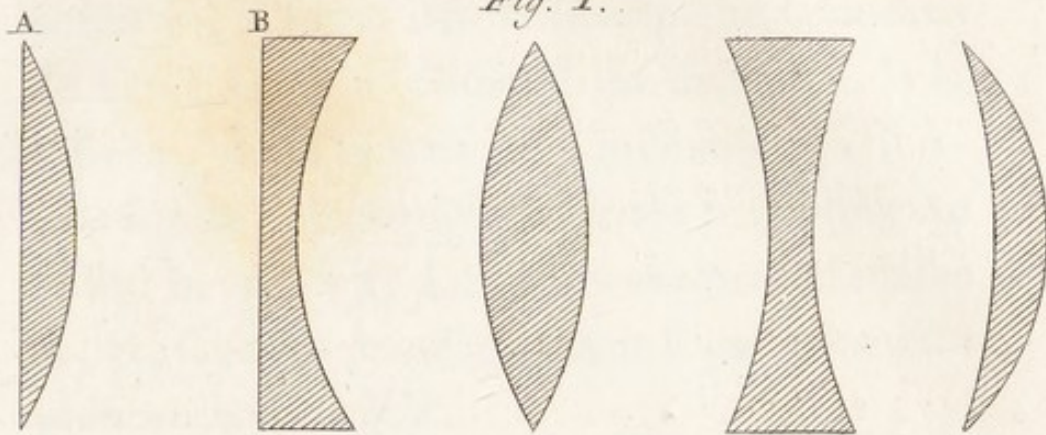


Fig. 2.

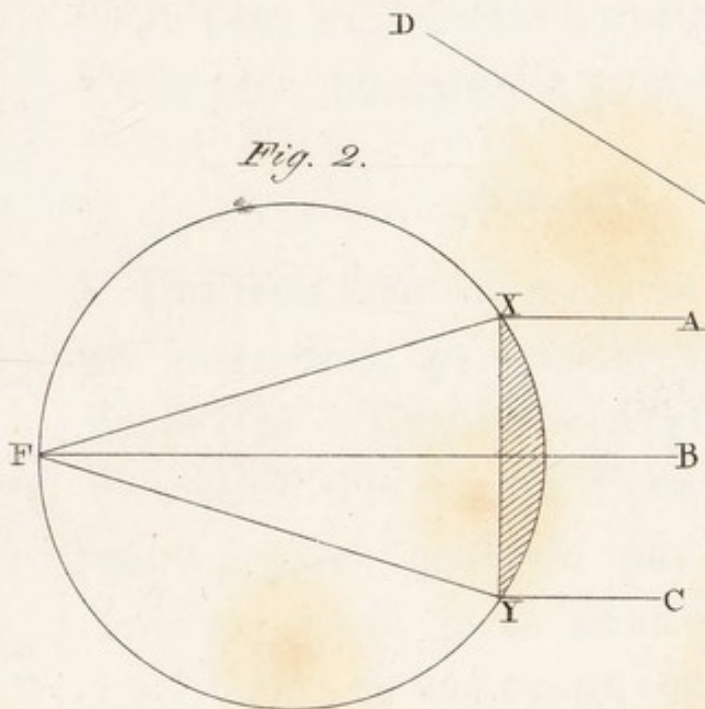


Fig. 3.

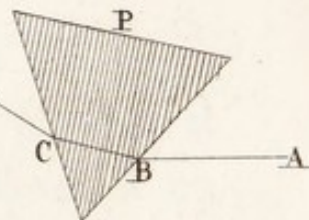


Fig. 4.

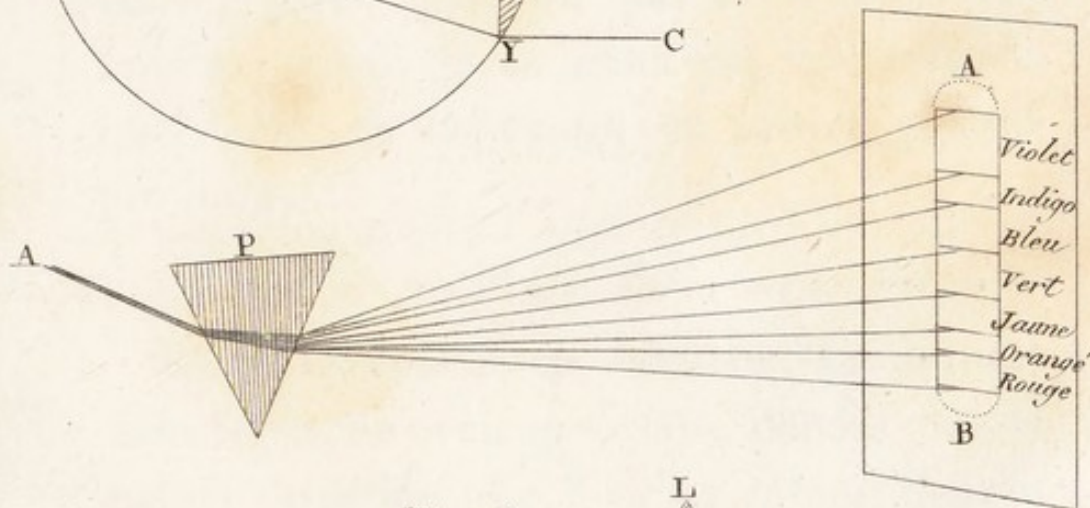
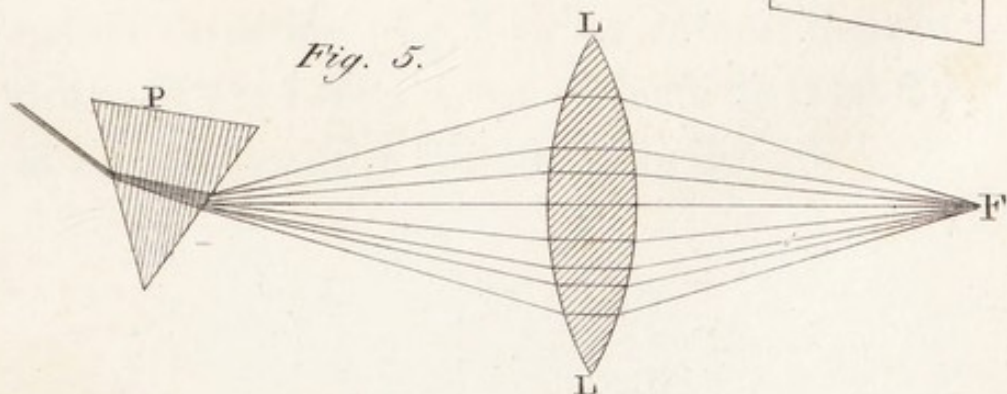
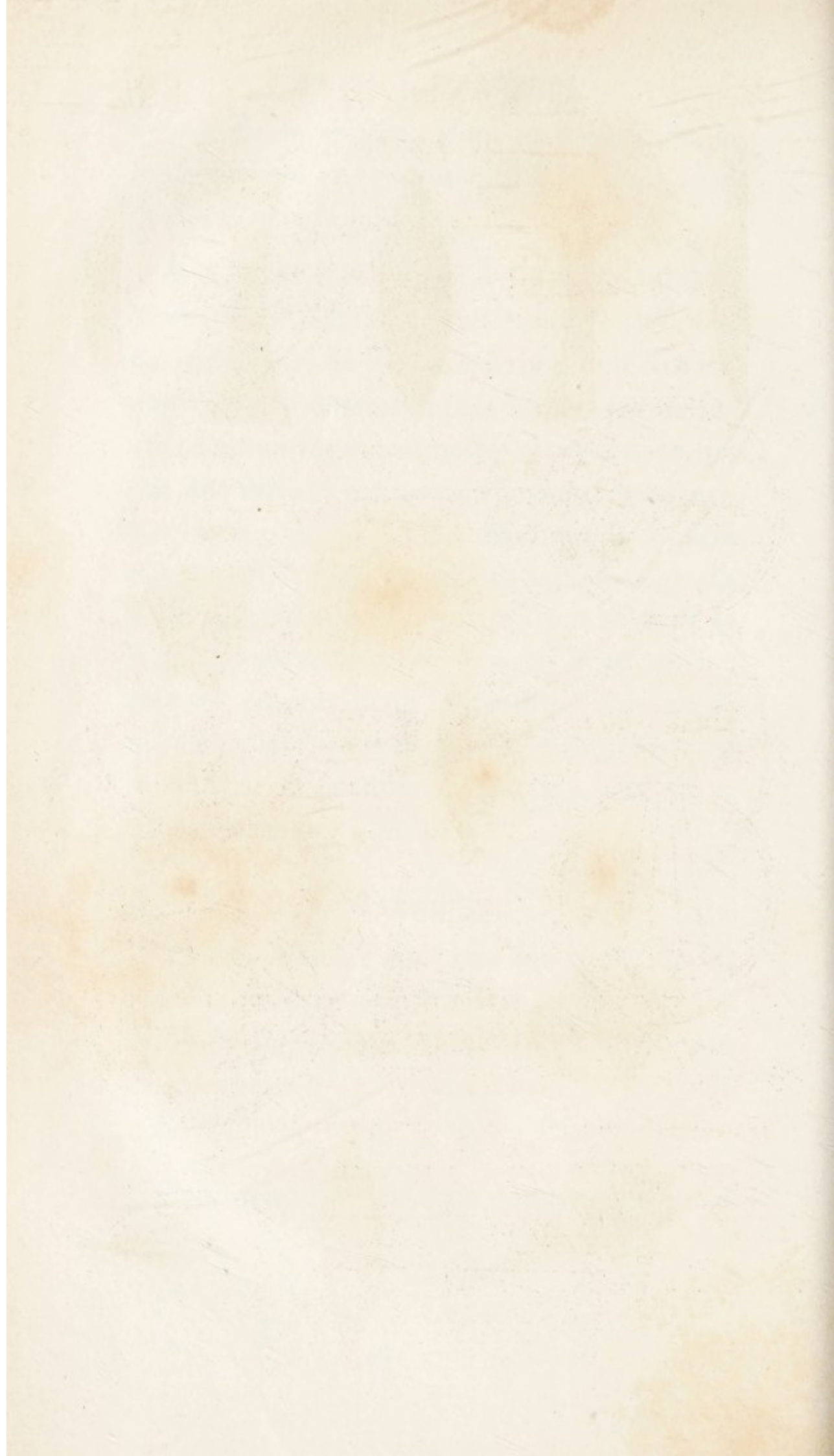


Fig. 5.







concaves; le foyer des lentilles plano convexes de verre est à la distance du diamètre de la sphère, dont la surface convexe de la lentille forme une portion, comme le représente la fig. 2. pl. xx. Les trois rayons parallèles A, B, C, sont portés au foyer F par la lentille plano-convexe XY.

Je vous expliquerai à présent la réfraction de ce verre triangulaire qu'on appelle *prisme*.

EMILIE.

Les trois faces de ce verre sont planes; il ne peut donc pas porter les rayons à un foyer; sa réfraction non plus ne doit pas être semblable à celle d'une simple lame de verre, parce qu'il n'a pas deux côtés parallèles; ainsi, je ne peux pas comprendre quel effet de réfraction ce prisme pourra produire.

MAD. B.

La réfraction de la lumière, en entrant dans le prisme et en en sortant, s'opère dans la même direction (fig. 3). En entrant dans le prisme P, le rayon A est réfracté de B en C, et en en sortant il l'est de C en D.

Je vous ferai voir cela. Mais il faut fermer les volets, et laisser entrer par une petite ouverture un rayon de lumière, que je ferai réfracter par ce prisme.

CAROLINE.

Oh ! quelles belles couleurs se peignent sur le mur opposé ! Il y a toutes celles de l'arc-en-ciel, et avec un éclat que je n'ai jamais vu. ( fig. 4, pl. xx ).

EMILIE.

J'ai vu un effet semblable à cela, à quelques égards. Il étoit produit par les rayons du soleil sur des lustres de verre ; mais comment est-il possible qu'un morceau de verre blanc puisse produire une telle variété de couleurs brillantes ?

MAD. B.

Les couleurs ne se forment pas par le prisme ; mais elles existoient dans le rayon antérieurement à sa réfraction.

CAROLINE.

Cependant avant la réfraction il paroît soit parfaitement blanc.



MAD. B.

Les rayons blancs du soleil sont composés de rayons colorés, qui, quand ils sont mêlés, présentent cette apparence.

Sir Isaac Newton, auquel nous sommes redevables de découvertes les plus importantes sur la lumière et les couleurs, a le premier décomposé un rayon blanc de lumière, et a trouvé que c'étoit un assemblage de rayons colorés qui forment une image sur le mur telle que vous la voyez, (fig. 4) et offrent cette suite de couleurs; rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, et violet.

EMILIE.

Mais comment un prisme s'épare-t-il ces rayons colorés?

MAD. B.

Par la réfraction. Il paroît que les rayons colorés ont des degrés différens de réfrangibilité; en passant à travers le prisme, ils prennent par conséquent des directions différentes. Les rayons violets sont ceux qui se dévient le plus de leur route primitive,

ils paroissent à l'une des extrémités du spectre AB; les rayons bleus sont contigus au rayon violet, n'ayant qu'un peu moins de réfrangibilité; les autres suivent dans cet ordre, les verts, les jaunes, les orangés et enfin les rouges qui sont les moins réfrangibles; de tous les rayons colorés.

CAROLINE.

Je ne puis concevoir comment ces couleurs, mêlées ensemble, peuvent devenir blanches?

MAD. B.

Je ne prétends pas vous l'expliquer; mais c'est un fait que l'union de ces couleurs, dans les proportions qu'elles ont dans le spectre, produit en nous l'idée du blanc. Si vous peignez un disque de carton divisé en compartimens de ces sept couleurs dans les mêmes proportions, et que vous le fassiez tourner rapidement sur une épingle en guise d'axe, elle paroîtra blanche.

Mais une preuve plus décisive de la composition du rayon blanc nous est fournie par la réunion des rayons colorés, qui forme un rayon blanc.



CAROLINE.

Si vous pouvez décomposer un rayon blanc et le réunir ensuite , je serai tout-à-fait satisfaite.

MAD. B.

On peut l'obtenir en faisant tomber les rayons colorés ( séparés par le prisme ), sur une lentille qui les fera converger en un foyer ; quand ils seront ainsi réunis , si nous trouvons qu'ils paroissent blancs , comme ils l'étoient avant la réfraction du prisme , j'espère que vous serez convaincue que les rayons blancs sont un composé de plusieurs rayons colorés. Vous voyez que le prisme P, ( fig. 5 ), sépare le rayon blanc en sept rayons colorés ; et la lentille LL les ramène en un foyer F , où ils reparoissent blancs.

CAROLINE.

Vous avez réussi à merveille , c'est vraiment une expérience très-intéressante et surtout très-convaincante.

EMILIE.

Cependant , Mad. B. , je ne puis m'em-



pêcher de croire, qu'il n'y a peut-être que trois couleurs dans le spectre, le rouge, le jaune et le bleu; et que les quatre autres peuvent être composées de deux de ces couleurs mêlées ensemble; car, en peignant, on trouve qu'en mêlant le rouge et le jaune on fait l'orangé; qu'avec différentes proportions de rouge et de bleu on fait le violet ou toutes les teintes de pourpre, et que le jaune et le bleu forment le vert. Il est donc très-naturel de supposer que la réfraction d'un prisme peut ne pas être assez parfaite pour séparer complètement les rayons de lumière colorés; et que ceux qui sont contigus en ordre de réfrangibilité peuvent empiéter les uns sur les autres et, par leur mélange, produire les couleurs intermédiaires orangé, vert, violet, et indigo.

MAD. B.

Votre remarque, je crois, n'est ni tout-à-fait fausse, ni tout-à-fait juste. Le docteur Wollaston, qui a fait réfracter la lumière avec beaucoup plus de soin qu'on ne l'avoit fait jusqu'à lui, en recevant un filet de lumière très-étroit sur un prisme, a trouvé qu'elle



formoit un spectre de quatre couleurs seulement ; mais ce n'étoit pas exactement celles que vous avez nommées comme primitives ; car c'étoit le rouge , le vert , le bleu et le violet. On voyoit de plus une ligne très-étroite de jaune à la limite du rouge et du vert ; que le D.<sup>r</sup> Wollaston attribuoit à l'empiètement des bords du rouge et du vert.

CAROLINE.

Mais le rouge et le vert mêlés ensemble ne produisent pas le jaune ?

MAD. B.

Non pas dans la peinture ; mais il se peut qu'il en soit ainsi dans les rayons primitifs du spectre. Le D.<sup>r</sup> Wollaston remarqua aussi qu'en augmentant la largeur de l'ouverture par laquelle le filet de lumière entroit , ou augmentoit l'espace occupé par chaque rayon coloré dans le spectre , en proportion de chaque portion empiétée sur la couleur voisine et mêlée avec elle ; en sorte que l'intervention de l'orangé et du jaune , entre le rouge et le vert, est due, à ce qu'il suppose, au mélange de ces deux couleurs, et que



le bleu est mêlé d'un côté avec le vert, de l'autre avec le violet, formant ainsi le spectre comme l'avoit observé dans l'origine Newton, et tel que je vous l'ai montré tout-à-l'heure.

L'arc-en-ciel, qui présente une série de couleurs analogues à celles du spectre, se forme par la réfraction des rayons du soleil à leur passage à travers la pluie, dont chaque goutte agit comme un prisme, en séparant les rayons colorés quand ils la traversent (1).

#### EMILIE.

Mais je vous prie, Mad. B., ne peut-on pas rassembler les rayons du soleil en un foyer par une lentille, de la même manière qu'on le fait par un miroir concave ?

---

(1) Ce phénomène compliqué ne peut être pleinement expliqué qu'en entrant dans beaucoup de détails. On sait qu'il consiste principalement dans deux arcs, dont l'intérieur est formé par deux réfractions et une réflexion; l'extérieur, par deux réfractions et deux réflexions; et que les couleurs de l'un sont dans l'ordre inverse de celles de l'autre.

(*Note du Traducteur.*)



MAD. B.

Sûrement ; les lentilles convexes produisent le même effet que les miroirs concaves ; dans les premières les rayons traversent le verre et convergent à un foyer derrière la lentille ; dans les derniers, les rayons sont réfléchis et portés à un foyer devant le miroir. Quand on se sert d'une lentille pour rassembler les rayons du soleil, on peut produire au foyer une grande chaleur. Le soleil en ce moment a beaucoup d'éclat ; si nous faisons tomber ses rayons sur cette lentille, vous apercevrez le foyer.

EMILIE.

Oh oui ; le point de réunion des rayons est très-lumineux. Voyons si en mettant au foyer un morceau de papier, il prendra feu. Le point de lumière est extrêmement brillant, mais le papier ne brûle pas.

MAD. B.

Prenez un morceau de papier gris ; — vous voyez qu'il prend feu presque immédiatement.

CAROLINE.

C'est surprenant ; car la lumière sembloit luire avec plus d'intensité sur le papier blanc que sur le papier gris.

MAD. B.

La lentille rassemble au foyer un nombre égal de rayons, soit que vous preniez du papier gris ou que vous en preniez du blanc ; mais le dernier paroît plus lumineux au foyer, parce qu'un nombre plus grand de rayons, au lieu d'entrer dans le papier, sont réfléchis ; et c'est la raison pour laquelle le papier ne brûle pas ; tandis qu'au contraire le papier gris, qui absorbe plus de lumière qu'il n'en réfléchit, devient vite chaud et prend feu.

CAROLINE.

C'est extrêmement curieux ; mais pourquoi le papier gris absorbe-t-il plus de rayons que le papier blanc ?

MAD. B.

Je suis loin d'être en état de donner une réponse satisfaisante à cette question. Nous ne pouvons faire que de simples conjectures sur



ce point. Supposez que la tendance à absorber ou à réfléchir les rayons dépende de l'arrangement des particules élémentaires du corps, et que cette diversité d'arrangement rende quelques corps susceptibles de réfléchir un rayon coloré et d'absorber les autres; tandis que d'autres corps ont une tendance à réfléchir toutes les couleurs, ou au contraire à les absorber toutes.

EMILIE.

Et comment savez-vous quelles couleurs les corps tendent à réfléchir où à absorber?

MAD. B.

Parce qu'un corps paroît toujours être de la couleur qu'il réfléchit; car, comme nous ne voyons que par les rayons réfléchis, l'objet ne peut paroître que de la couleur de ces rayons.

CAROLINE.

Mais nous voyons tous les corps de leur propre couleur naturelle, Mad. B.; l'herbe et les arbres, verts; le ciel bleu; les fleurs, de couleurs variées.



MAD. B.

C'est vrai ; mais pourquoi l'herbe est-elle verte ? — parce qu'elle absorbe tous les rayons excepté les verts ; ce sont donc ces rayons que l'herbe et les arbres réfléchissent à nos yeux, et qui nous les font paroître verts. Le ciel et les fleurs, de la même manière, réfléchissent les couleurs diverses sous lesquelles s'offrent à nous ; la rose, les rayons rouges ; la violette, le bleu ; la jonquille, le jaune ; etc.

CAROLINE.

Mais ce sont les couleurs permanentes de l'herbe et des fleurs, soit que le soleil brille ou qu'il ne brille pas.

MAD. B.

Quand vous voyez ces couleurs, les fleurs doivent être éclairées de la même lumière ; et la lumière, de quelque source qu'elle procède, est de la même nature. Elle est composée des rayons divers, qui peignent l'herbe, les fleurs et tous les objets colorés.



CAROLINE.

Mais, Mad. B. ; l'herbe est verte, et les fleurs sont colorées, soit qu'elles restent dans l'obscurité, ou qu'on les expose à la lumière.

MAD. B.

Pourquoi pensez-vous ainsi ?

CAROLINE.

Cela ne peut pas être autrement.

MAD. B.

Voilà vraiment un argument bien philosophique ! Mais comme je ne les ai jamais vues dans l'obscurité, vous me permettrez de ne pas être de la même opinion que vous.

CAROLINE.

De quelle couleur supposeriez-vous donc qu'elles soient dans l'obscurité ?

MAD. B.

D'aucune, ou noire, ce qui revient au même. Vous ne pouvez jamais voir les objets sans lu-

mière. La lumière est composée de couleurs; par conséquent il ne peut pas y avoir de lumière sans couleurs; et quoique chaque objet soit noir ou sans couleur dans l'obscurité, il devient coloré dès qu'il devient visible. Il n'est même visible que par les rayons colorés qu'il réfléchit; par conséquent, nous ne pouvons le voir que coloré.

CAROLINE.

Tout ce que vous dites me semble très-vrai, et je ne sais qu'y objecter; cependant cela me paroît en même temps incroyable. Quoi, Mad. B., sommes-nous tous aussi noirs que les nègres dans l'obscurité? Vous me faites frissonner en y pensant?

MAD. B.

Votre vanité n'a pas de quoi s'alarmer à cette idée, car vous êtes sûre de n'être jamais vue en cet état.

CAROLINE.

C'est sans doute une consolation; mais qu'il est triste de penser que la nature entière, riche de tant de couleurs variées, ne forme qu'une masse d'un noir sombre et monotone.



MAD. B.

Est-ce que la nature est moins agréable pour n'être colorée et éclairée que par la lumière ; et les couleurs sont-elles moins belles , pour être des propriétés accidentelles , plutôt qu'essentielles , des corps ?

La Providence paroît n'avoir décoré l'univers de tant de couleurs ravissantes, que pour embellir notre séjour et en faire pour nous une source de jouissances. C'est un ornement de la nature qui n'existe que quand nous la contemplons. Pourquoi regretterions-nous qu'elle en soit dépourvue , quand elle devient invisible ?

EMILIE.

J'avoue , Mad. B. , que j'avois eu mes doutes, aussi bien que Caroline , quoiqu'elle m'ait épargné la peine de les exprimer ; mais je viens de penser à une expérience , qui , si elle réussit , nous satisfera. Il est certain que nous ne pouvons pas voir les corps dans l'obscurité , pour savoir s'ils ont en effet une couleur. Mais nous pouvons placer un corps coloré dans un rayon de lumière



qui a été réfracté par le prisme ; et si votre théorie est vraie , le corps , de quelque couleur qu'il soit naturellement , doit paroître de la couleur du rayon dans lequel on le place ; car , puisqu'il ne reçoit pas d'autre rayon coloré , il ne peut pas en réfléchir d'autres.

CAROLINE.

Oh ! c'est une idée excellente , Emilie ; voulez-vous vous soumettre à cet épreuve , Mad. B. ?

MAD. B.

J'y consens , mais il faut que la chambre soit bien obscure et ne laisser entrer que le rayon que vous voulez réfracter , autrement , les rayons blancs se réfléchiroient de toutes les parties de la chambre sur le corps en essai. Avec quoi voulez-vous faire l'expérience ?

CAROLINE.

Avec cette rose ; regardez-la , Mad. B , dites-moi s'il est possible de la priver de sa belle couleur ?



MAD. B.

Nous verrons — Je l'expose d'abord aux rayons rouges, et la fleur paroît d'une teinte plus brillante ; mais observez les feuilles.

CAROLINE.

Elles ne paroissent ni rouges ni vertes ; mais d'un brun sombre, avec un reflet rougeâtre.

MAD. B.

Elles ne peuvent pas être vertes, parce qu'elles n'ont pas de rayon vert à réfléchir ; elles ne sont pas non plus rouges, parce que les corps verts absorbent la plupart des rayons rouges. Mais, quoique les corps, par l'arrangement de leurs particules, aient une tendance à absorber quelques rayons et à en réfléchir d'autres, il n'est pas naturel cependant, de supposer que les corps sont si parfaitement uniformes dans leur arrangement, qu'ils puissent ne réfléchir que les rayons purs d'une couleur et absorber parfaitement les autres ; on a trouvé au contraire qu'un corps réfléchit en grande abon-

dance les rayons qui déterminent sa couleur, et plus ou moins aussi les autres, selon qu'ils sont plus ou moins rapprochés de sa propre couleur, dans l'ordre de réfrangibilité. Ainsi, les feuilles du rosier réfléchissent un peu les rayons rouges, qui, mêlés au noir naturel des feuilles, leur donnent la teinte brune; si elles ne réfléchissoient aucun rayon rouge, elles paroîtroient parfaitement noires. Mettons maintenant la rose dans les rayons bleus.

CAROLINE.

Oh, Emilie, Mad. B. a raison! regardez la rose: elle n'est plus rouge, elle est d'une couleur bleue sombre.

EMILIE.

Je n'ai rien vu de plus étonnant. Mais, Mad. B, pourquoi les feuilles sont-elles d'un bleu plus brillant que la rose?

MAD. B.

Les feuilles vertes réfléchissent les rayons bleus et les jaunes, ce qui produit une couleur verte. Elles sont à présent dans un rayon



coloré qu'elles ont de la tendance à réfléchir; elles réfléchissent donc plus de rayons bleus que la rose (qui naturellement absorbe cette couleur), ce qui les fait paroître d'un bleu plus brillant.

EMILIE.

Cependant, en passant la rose à travers les différentes couleurs du spectre, la fleur les prend plus aisément que les feuilles.

MAD. B.

Parce que la fleur est d'une teinte plus pâle. Les corps qui réfléchissent tous les rayons sont blancs; ceux qui les absorbent tous sont noirs; entre ces deux extrêmes, le corps paroît plus éclairé ou plus obscur, selon la quantité de rayons qu'il réfléchit ou qu'il absorbe. Cette rose est d'un rouge pâle; elle est plus près du blanc que du noir; elle réfléchit donc les rayons plus abondamment qu'elle ne les absorbe.

EMILIE.

Mais si une rose a une tendance si forte à



réfléchir les rayons , j'aurois imaginé qu'elle seroit d'une couleur rouge foncé.

MAD. B.

Je veux dire qu'elle a une tendance générale à réfléchir les rayons. Les corps d'une teinte quelconque pâle réfléchissent tous les rayons colorés à un certain degré , ce qui produit leur pâleur , qui les rapproche du blanc ; mais il y a une couleur qu'ils réfléchissent plus que les autres , c'est celle qui prédomine sur le blanc et qui détermine leur couleur. Puis donc que les corps de couleur pâle réfléchissent à certain point tous les rayons , en traversant les couleurs variées du spectre , ils les réfléchiront toutes avec assez d'éclat ; mais ils paroîtront plus brillans dans le rayon de leur couleur naturelle. Les feuilles vertes au contraire sont d'une couleur foncée , qui se rapproche plus du noir que du blanc ; elles ont donc une plus grande tendance à absorber qu'à réfléchir les rayons ; ne réfléchissant que les rayons bleus et jaunes , et même très-faiblement, elles paroissent sombres en traversant les autres couleurs du spectre.



CAROLINE.

Elles doivent néanmoins réfléchir une grande quantité de rayons verts, pour produire une couleur si foncée.

MAD. B.

La teinte foncée ou obscure de la couleur provient plutôt de la rareté des rayons réfléchis, que de leur trop grande abondance. Rappelez-vous que sans lumière les corps sont noirs ; si donc, un corps ne réfléchit qu'un peu de rayons verts, il doit paroître d'un vert sombre ; c'est l'éclat et l'intensité de la couleur qui montrent qu'il y a une grande quantité de rayons réfléchis.

EMILIE.

Ainsi un corps blanc, qui réfléchit tous les rayons, paroîtra également brillant dans toutes les couleurs du spectre.

MAD. B.

Certainement. Et cela se prouve aisément, en passant une feuille de papier blanc sur les rayons du spectre.

CAROLINE.

Pourquoi le bleu paroît-il souvent vert à la lumière d'une chandelle ?

MAD. B.

La lumière d'une chandelle n'est pas si pure que celle du soleil ; elle a une teinte jaunâtre ; quand elle est réfractée par le prisme , les rayons jaunes y prédominent. Les rayons de cette couleur suivent immédiatement les bleus dans l'ordre de réfrangibilité. Il en résulte que les corps bleus, outre les rayons de leur propre couleur, réfléchissent des rayons jaunes avec plus d'abondance que d'autres. Ces rayons, se trouvant mêlés en excès au bleu réfléchi par la lumière d'une bougie ou d'une chandelle, lui donnent une teinte verdâtre.

CAROLINE.

La lumière de la bougie doit donc donner à tous les corps une teinte jaunâtre par l'excès des rayons jaunes ; et cependant on remarque communément que les personnes d'un teint



jaunâtre paroissent plus blanches à la lumière de la bougie.

MAD. B.

Le jaune de leur figure est moins frappant quand tous les objets ont une teinte jaune.

EMILIE.

Qu'est-ce qui fait paroître le soleil rouge à travers un brouillard ?

MAD. B.

On suppose que c'est dû à ce que les rayons rouges ont une plus grande force, qui leur permet de traverser une atmosphère si dense. Par la même raison, le soleil paroît généralement rouge au lever et au coucher, parce que l'atmosphère que les rayons ont à traverser obliquement, plus étendue et chargée de brouillards et de vapeurs qui se forment ordinairement dans ce temps, empêche les autres rayons de nous atteindre.

CAROLINE.

Et pourquoi, je vous prie, le ciel est-il d'une couleur bleue ?

MAD. B.

Vous devriez plutôt dire , l'atmosphère ; car le ciel est un terme très-vague , dont le sens est très-difficile à définir philosophiquement.

CAROLINE.

Mais l'atmosphère paroîtroit blanche ; puisque tous les rayons la traversent dans leur passage vers la terre.

MAD. B.

N'oubliez pas que, des rayons qui viennent du soleil à la terre , nous ne voyons que ceux qui arrivent à nos yeux. Nous ne les recevons tous réunis qu'en regardant le soleil , et alors il paroît blanc. L'atmosphère est un milieu transparent , à travers lequel les rayons du soleil passent librement jusqu'à la terre ; mais quand ils rencontrent l'atmosphère , il s'y fait une grande dispersion de lumière. Les rayons bleus sont arrêtés plus que les autres , et éprouvent de continuelles réflexions ; cette réflexion a lieu dans toutes les directions possibles ; en sorte que quand nous regardons l'atmosphère ,



quelques-uns de ces rayons arrivent à nos yeux ; et c'est à cause de cela que nous voyons l'air d'une couleur bleue. Si l'atmosphère ne réfléchissoit pas quelques rayons , quoique les objets à la surface de la terre fussent éclairés , le ciel paroîtroit parfaitement noir.

CAROLINE.

Oh ! comme cela seroit triste , et comme on souffriroit de voir constamment les objets brillans sur un ciel noir. Mais pourquoi les corps changent-ils souvent de couleur ; comme les feuilles qui sèchent en automne , ou comme l'encre qui produit sur le linge une tache de rouille ?

MAD. B.

Cela vient de quelque changement chimique , qui a lieu dans l'arrangement intérieur des parties , en vertu duquel elles perdent leur tendance à réfléchir certaines couleurs , et acquièrent la force d'en réfléchir d'autres. Ainsi , une feuille sèche ne réfléchit plus les rayons bleus ; elle paroît donc jaune ou elle a une légère tendance



à réfléchir plusieurs rayons qui produisent une couleur d'un brun foncé.

Une tache d'encre sur le linge absorbe d'abord tous les rayons; mais exposée à l'air, elle subit un changement chimique, et la tache reprend en partie sa tendance à réfléchir les couleurs; mais avec préférence à réfléchir les rayons jaunes; et c'est ainsi que vient la couleur de rouille.

EMILIE.

Les corps, loin d'être de la couleur qu'ils paroissent posséder, sont donc de la couleur pour laquelle ils ont la plus grande aversion, qui ne s'incorporent point avec eux, mais qu'ils rejettent, et chassent loin d'eux.

MAD. B.

Certainement; quoique j'ose à peine avancer cette opinion, pendant que Caroline contemple sa belle rose.

CAROLINE.

Ma pauvre rose! vous n'êtes pas contente de la priver de couleur, mais encore vous lui faites avoir de l'aversion pour elle; et il n'y a pas moyen de vous contredire.



EMILIE.

Puisque les corps sombres absorbent plus les rayons solaires que les corps lumineux, les premiers s'échaufferoient plus vite si on les exposoit au soleil ?

MAD. B.

Et l'expérience prouve bien qu'il en est ainsi. N'avez-vous jamais observé qu'une robe noire est plus chaude qu'une blanche.

EMILIE.

Oui, et la blanche est plus éblouissante. La noire s'échauffe en absorbant les rayons, la blanche éblouit en les réfléchissant.

CAROLINE.

Et c'est pour cela que le papier gris a brûlé au foyer de la lentille, tandis que le papier blanc a présenté le point le plus brillant, mais n'a pas pu se mettre en feu.

MAD. B.

Oui. Il est temps maintenant de finir notre leçon. A notre prochain entretien je ferai la description de l'œil.



## DIX-HUITIÈME CONVERSATION.

---

### DE LA STRUCTURE DE L'ŒIL, ET DES INSTRUMENS OPTIQUES.

(Suite de l'Optique.)

*Description de l'œil. — De l'image sur la rétine. — Réfraction des humeurs de l'œil. — De l'usage des lunettes. — Du microscope simple. — Du microscope double. — Du microscope solaire. — De la lanterne magique. — Telescope par réfraction. — Telescope par réfraction et réflexion.*

MAD. B.

**L'**ŒIL est d'une forme sphérique (fig. 1, planch. XXI); deux membranes le recouvrent, l'une extérieure, *a, a, a*, se nomme sclérotique; elle a un renflement dans la partie de l'œil qui est exposée à la vue, *bb*. Ce renflement se nomme la cornée, parce que quand cette partie de la mem-





Fig. 1.

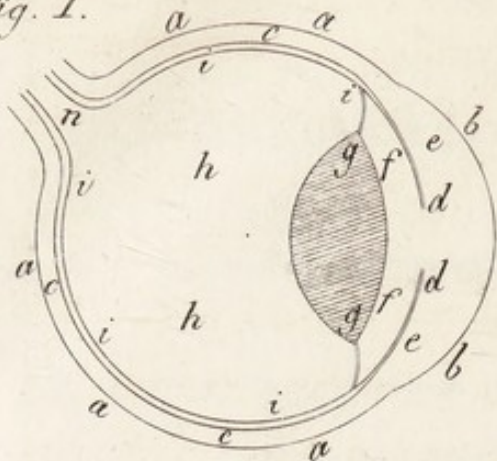


Fig.

A



B

Fig. 3.

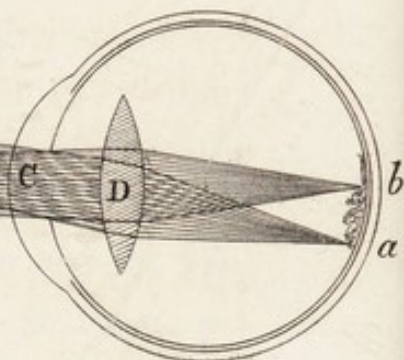
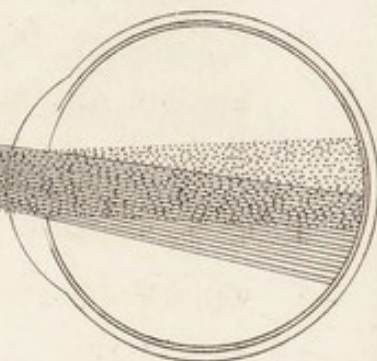


Fig. 4.



B

Fig. 5.

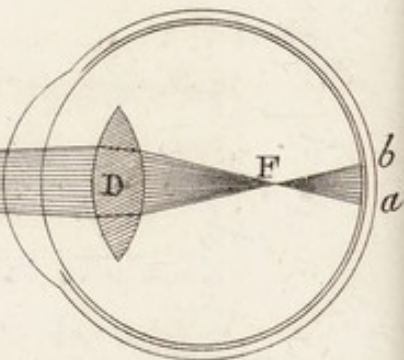
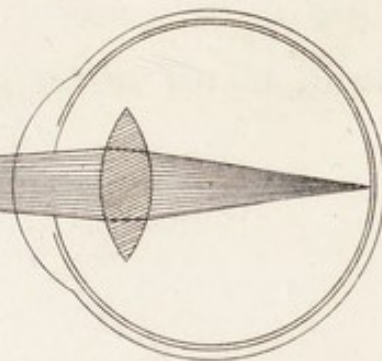


Fig. 6.





brane est sèche, elle a à peu près la consistance de la corne. Elle est d'ailleurs transparente et donne à la lumière un libre passage.

La seconde membrane qui double la sclérotique et qui enveloppe l'œil se nomme la choroïde, *ccc* ; elle se termine sur le devant justement au dessous de la cornée par une membrane colorée qu'on nomme *iris*, *ee*, ayant au milieu une ouverture circulaire appelée *pupille*, *dd*, par où les rayons entrent dans l'œil. L'iris, par son mouvement musculaire, conserve toujours à la pupille sa forme circulaire, soit qu'elle se dilate dans l'obscurité ou qu'elle se contracte à une forte lumière. Vous le comprendrez mieux en examinant la fig. 2.

EMILIE.

Je ne savois pas que la pupille fût susceptible de varier de dimensions.

MAD. B.

La construction de l'œil est si admirable que cet organe est capable de s'adapter plus ou moins aux circonstances dans lesquelles



il se trouve placé. Dans une lumière foible, la pupille se dilate de manière à recevoir une quantité additionnelle de rayons ; et dans une forte lumière, elle se contracte pour empêcher que l'intensité de la lumière ne blesse le nerf optique. Voyez les yeux d'Emilie , quand elle regarde vers les fenêtres , ses pupilles paroissent très-petites et l'iris s'agrandit. A présent , Emilie , tournez le dos à la lumière , et pour l'exclure entièrement , couvrez-vous les yeux avec la main.

## CAROLINE.

Comme les pupilles de ses yeux se dilatent , et combien l'iris diminue ! C'est sans doute la raison pour laquelle les yeux sont péniblement affectés , quand de l'obscurité ils viennent subitement à une forte lumière ; car la pupille étant dilatée , une grande quantité de rayons doit s'y précipiter , avant qu'elle ait le temps de se contracter.

## EMILIE.

Et quand nous allons d'une forte lumière



dans l'obscurité , au premier moment elle nous semble totale ; car la pupille contractée ne peut pas donner passage à un nombre de rayons suffisant pour nous faire distinguer les objets ; mais en peu de minutes , elle se dilate et nous apercevons clairement les objets qui étoient auparavant invisibles.

## MAD. B.

C'est bien cela. La choroïde *cc* est im-  
bue d'une liqueur noire , qui sert à ab-  
sorber tous les rayons irrégulièrement ré-  
fléchis , et à faire de l'œil une chambre  
obscurité très-parfaite. Quand la pupille est  
dilatée autant qu'il est possible , elle peut  
admettre dix fois autant de lumière qu'elle  
en admet quand elle est contractée. Dans  
les chats et les animaux qui voient , dit-on ,  
dans l'obscurité , la force de dilatation et de  
contraction de la pupille est encore plus  
grande ; on a calculé que leurs pupilles pou-  
vaient recevoir cent fois plus de lumière en  
certains momens qu'en d'autres.

Dans ces tégumens du globe de l'œil sont  
contenues trois substances transparentes ,  
qu'on nomme humeurs. La première occupa



l'espace immédiatement au-dessous de la cornée, et s'appelle humeur *aqueuse*, *ff*, à cause de sa liquidité qui la fait ressembler à l'eau. Au-delà est située l'humeur *cristalline*, *gg*, ainsi appelée à cause de sa clarté et de sa transparence; elle a la forme d'une lentille, et réfracte les rayons de lumière aussi parfaitement que celles qui sont construites par l'art; elle est attachée à la choroïde par de nombreux filets musculaires. La partie postérieure de l'œil, entre l'humeur cristalline et la rétine, est remplie par l'humeur vitrée, *h*, *h*, qui dérive son nom de la ressemblance qu'on lui trouve avec le verre ou les substances vitrifiées.

Les tégumens membraneux de l'œil sont destinés principalement à la conservation de la rétine, *ii*, qui est de beaucoup la partie la plus importante de l'œil, puisque c'est elle qui reçoit l'impression des objets de la vue, et qui la porte à l'ame. La rétine est une expansion du nerf optique, d'une blancheur parfaite; elle vient du cerveau, entre dans l'œil en *n* du côté du nez, et s'étend uniformément sur la surface intérieure de la choroïde.



Les rayons de lumière, qui entrent dans l'œil par la pupille, sont réfractés par les diverses humeurs qui se trouvent sur leur passage et se rassemblent en un foyer sur la rétine.

CAROLINE.

Je ne comprends pas l'usage de ces humeurs réfringentes ; l'image des objets se représente dans la chambre obscure sans un tel secours.

MAD. B.

Cela est vrai ; mais l'image seroit beaucoup plus forte et plus distincte , si nous élargissions l'ouverture de la chambre obscure, et que nous reçussions sur une lentille les rayons qui y entrent.

Je vous ai dit que les rayons viennent des corps dans toutes les directions possibles. Nous pouvons donc considérer chaque petite partie d'un objet qui envoie des rayons à nos yeux, comme un point d'où les rayons divergent comme d'un centre.

EMILIE.

Je crois que vous nous avez dit que ces



rayons divergens qui partent d'un même point, se nomment un pinceau de rayons ?

MAD. B.

Oui. Les rayons divergens venus de différens points, à leur entrée dans la pupille, ne se gênent point mutuellement. Considérons maintenant un seul de ces pinceaux. Si les rayons qui le composent n'étoient pas réfractés en un foyer par les humeurs, ils continueraient à diverger après avoir passé par la pupille, et tomberoient dispersés sur la rétine ; ainsi l'image d'un seul point s'y répandroit sur une certaine étendue. Les rayons divergens de tout autre point de l'objet se mêleroient et se confondroient avec les premiers ; en sorte qu'il ne pourroit pas se former d'image distincte ; la rétine ne présenteroit qu'une confusion totale de formes et de couleurs. La fig. 3 représente deux pinceaux de rayons partant de deux points de l'arbre AB, et entrant dans la pupille C, réfractés ensuite par l'humeur cristalline D, ils forment sur la rétine, en *ab* ; deux images distinctes des points d'où ils viennent. La fig. 4 ne diffère de la précédente, qu'en ce qu'elle



n'a pas de lentille ; en conséquence, les pinceaux de rayons ne sont pas réfractés en un foyer, et il ne se forme pas d'image distincte sur la rétine. Je n'ai tracé que les rayons partant de deux points d'un objet, et j'ai distingué les deux pinceaux dans la fig. 4, en traçant l'un des deux avec des lignes pointées ; le mélange de ces deux pinceaux de rayons sur la rétine vous donnera l'idée de la confusion que produiroient des milliers et des millions de points qui enverroient au même instant sur la rétine leurs rayons divergens.

EMILIE.

C'est vrai ; mais je ne comprends pas cependant très - bien, comment les humeurs réfringentes remédient à cette imperfection.

MAD. B.

La réfraction de ces diverses humeurs rassemble le pinceau entier de rayons, qui partent d'un point d'un objet, en un point correspondant sur la rétine, et par-là l'image devient forte et distincte. Si vous concevez (fig. 5) que chaque point de l'arbre envoie un pinceau de rayons semblable à ceux



qu'envoient A, B, chaque point de l'arbre sera représenté exactement sur la rétine, comme les points *a*, *b*, représentent leurs correspondans.

EMILIE.

Comme tout cela est admirablement et merveilleusement inventé !

CAROLINE.

Mais puisque l'œil a besoin d'humeurs réfringentes pour avoir une image distincte formée sur la rétine ; pourquoi la même réfraction n'est-elle pas nécessaire pour l'image qui se forme dans la chambre obscure ?

MAD. B.

Parce que l'ouverture par laquelle on reçoit les rayons dans la chambre obscure est extrêmement petite, de manière qu'il n'y a que très-peu de rayons divergens du même point qui puissent y entrer ; mais nous allons agrandir l'ouverture , et y mettre une lentille ; vous verrez que le paysage se représentera d'une manière bien plus parfaite.



CAROLINE.

Comme l'image est obscure et confuse à présent que vous avez agrandi l'ouverture, sans mettre de lentille!

MAD. B.

C'est ainsi, ou à peu près que seroit l'image sur la rétine sans les humeurs réfringentes. Mais voyez la différence que produit la lentille, qui rassemble chaque pinceau de rayons divergens à son foyer.

CAROLINE.

Le changement est remarquable; l'image est plus claire, plus vive, et plus belle que jamais.

MAD. B.

Vous pourrez maintenant comprendre la nature de cette imperfection de la vue qui provient le plus souvent de ce que les yeux sont trop proéminens. En général, si le cristallin D (fig. 5) est très-convexe, ou si les humeurs sont trop réfringentes, les rayons sont trop réfractés et le pinceau, venant d'un point de l'objet AB, a son foyer en F avant d'atteindre



la rétine. De ce foyer les rayons vont en divergeant, et forment par conséquent une image confuse sur la rétine en *ab*. C'est le défaut des myopes.

EMILIE.

Je comprends parfaitement. Mais pourquoi remédie-t-on à ce défaut, en approchant l'objet de l'œil, comme l'éprouvent les personnes qui ont la vue basse ?

MAD. B.

Plus vous mettez un objet près de votre œil, plus les rayons tombent divergens sur le cristallin, et plus aussi s'éloigne le foyer vers lequel ils convergent ; ce foyer tombe donc sur la rétine, ou s'approche d'elle, et l'objet devient suffisamment distinct comme dans la figure 6.

EMILIE.

Ainsi, plus on met l'objet près de la lentille, plus l'image s'en écarte du côté opposé.

MAD. B.

Certainement. Mais les myopes ont une





Fig. 1.

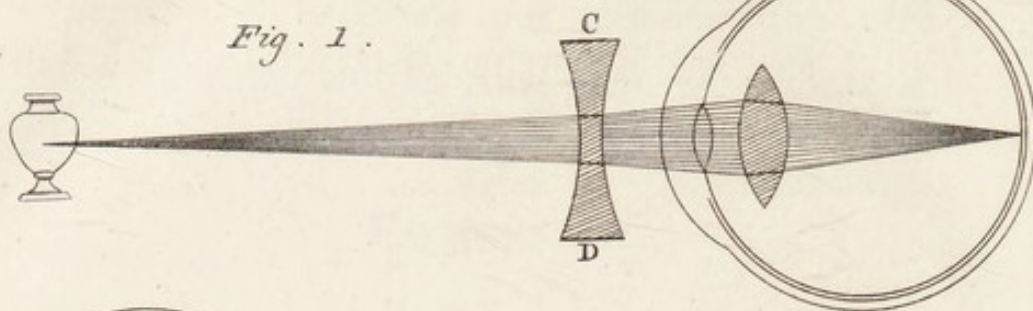


Fig. 2.

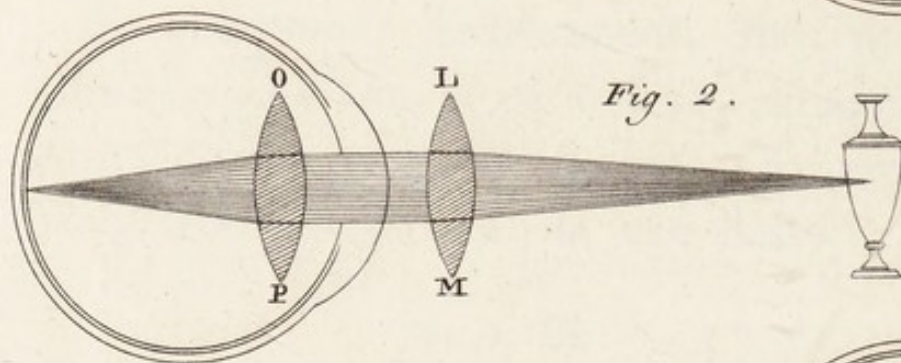


Fig. 3.

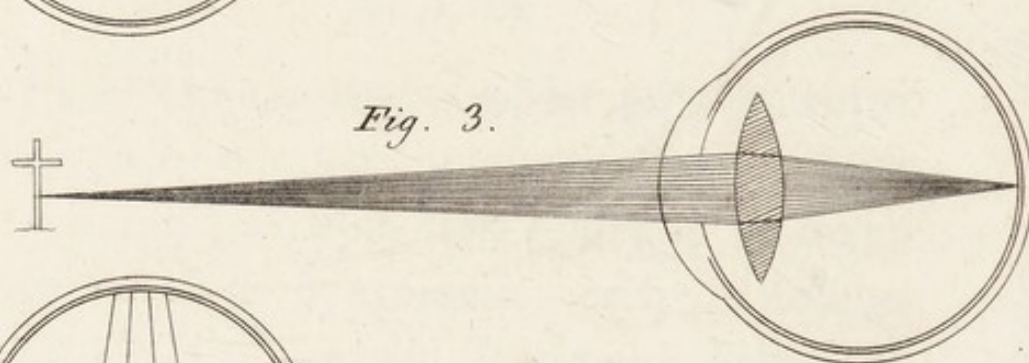


Fig. 4.

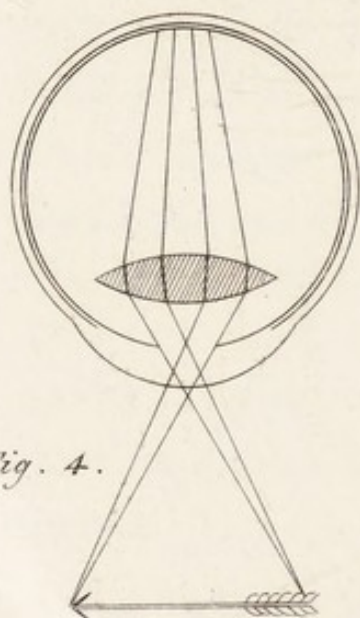


Fig. 5.

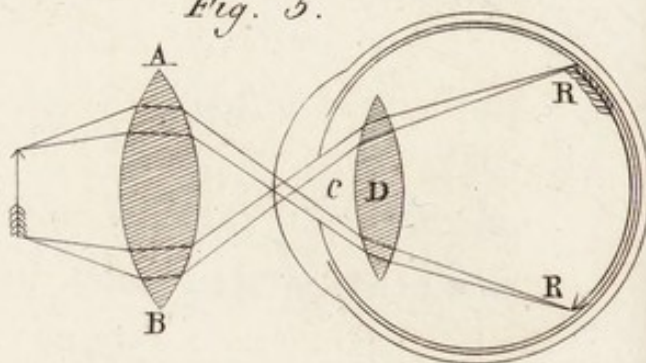
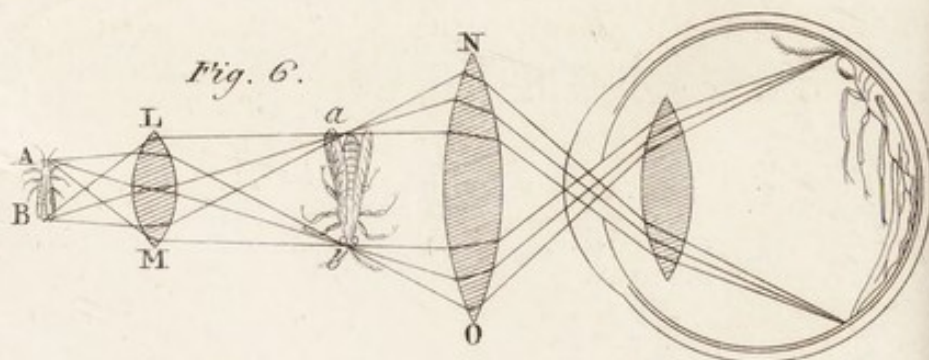


Fig. 6.





autre ressource pour les objets qu'ils ne peuvent pas approcher de leurs yeux ; c'est de mettre une lentille concave (fig. 1, pl. XXII) devant l'œil , pour augmenter la divergence des rayons. Une lentille concave, *a*, produit comme vous savez, un effet inverse de celui d'une lentille convexe ; elle rend divergens les rayons parallèles et diminue la convergence de ceux qui tendent à un foyer. Avec le secours de ces verres, les rayons d'un objet éloigné tombent sur la pupille aussi divergens que ceux qui viennent d'une distance moindre ; et pour les myopes, ils repoussent jusqu'à la rétine l'image d'un objet éloigné.

CAROLINE.

Quelle utile invention !

MAD. B.

Et dites moi, quel remède vous donneriez aux personnes dont la vue a ce défaut contraire, c'est-à-dire, chez lesquelles le cristallin est si plat, que les rayons qu'il réfracte atteignent la rétine avant d'avoir convergé en un point ?



CAROLINE.

Je suppose qu'on doit appliquer en ce cas le remède contraire ; c'est-à-dire , une lentille convexe, LM, fig. 2, pour suppléer au défaut de convexité du cristallin, OP. Car la lentille convexe rapprocheroit le foyer de manière à faire tomber les rayons moins divergens au même parallèles sur le cristallin, dont la force réfringente suffiroit alors pour faire arriver le foyer sur la rétine.

MAD. B.

Très - bien Caroline. C'est pour cela que les vieillards, chez qui les humeurs des yeux ont été altérées par l'âge, sont forcés de se servir de verres convexes ; et quand ils n'en ont pas, ils mettent l'objet à une distance de leurs yeux, comme dans la fig. 3, pour ramener en avant le foyer.

CAROLINE.

J'ai souvent été surprise de voir que quand mon grand père lit sans lunettes il met le livre à une grande distance de ses yeux. Mais je le comprends à présent ; car plus l'objet est



éloigné du cristallin , plus l'image s'en rapproche.

EMILIE.

Je comprends très - bien la nature de ces deux défauts opposés , mais je ne peux pas concevoir comment une vue peut être parfaite ; car si le cristallin est d'un degré de convexité propre à porter l'image des objets éloignés à un foyer sur la rétine , il ne donnera pas une image distincte des objets plus rapprochés ; si au contraire il est adapté de manière à donner une image claire des objets voisins , il en donnera une imparfaite de ceux qui sont éloignés.

MAD. B.

Votre observation est très-juste , Emilie ; et il est vrai que tout le monde seroit sujet à l'un de ces défauts de vue , si nous ne pouvions pas augmenter ou diminuer la convexité du cristallin et le pousser en avant ou en arrière selon les circonstances (1). Dans

---

(1) On sait d'ailleurs que les changemens de convexité de la cornée ont ici beaucoup d'influence.

( *Note du Traducteur.* )



les yeux jeunes et bien constitués, les filets musculaires, auxquels le cristallin est attaché, le gouvernent si bien, que le foyer des rayons tombe toujours sur la rétine, et qu'il se forme une image distincte des objets tant lointains que rapprochés.

CAROLINE.

Dans les yeux des poissons, qui sont les seuls yeux que j'aie vus séparés de la tête, la cornée n'a pas de renflement dans la partie de l'œil qui se voit en dehors.

MAD. B.

La cornée de l'œil des poissons n'est pas plus convexe que le reste du globe de l'œil; mais pour suppléer à ce manque de convexité, leur cristallin est sphérique, et réfracte les rayons si fort, qu'il n'a pas besoin du secours de la cornée pour amener le foyer sur la rétine.

EMILIE.

Pourquoi, je vous prie, ne pouvons-nous pas voir distinctement un objet quand nous l'approchons très-près de l'œil?



MAD. B.

Parce que les rayons tombent sur le cristallin trop divergens pour être réfractés à un foyer sur la rétine ; ainsi la confusion , qui vient de ce que nous regardons un objet trop près de l'œil , est semblable à celle qui vient de l'aplatissement du cristallin ; les rayons atteignent la rétine avant d'avoir été rassemblés en un foyer ( figure 4 ). Sans cette imperfection , nous pourrions voir et distinguer les parties des objets qui nous sont actuellement invisibles à cause de leur petitesse ; car nous pourrions les approcher beaucoup de l'œil , et leur image sur la rétine seroit tellement agrandie qu'elle les rendroit visibles.

EMILIE.

Et ne pourroit-on pas inventer un moyen de faire converger sur la rétine des rayons émanés d'un point très-voisin de l'œil ?

MAD. B.

Le microscope est destiné à cet usage. Le microscope simple ( fig. 5 ) n'est autre chose



qu'une lentille convexe, au foyer de laquelle on met l'objet. En regardant à travers cette lentille, on peut beaucoup approcher l'œil de l'objet; car la lentille AB, en diminuant la divergence des rayons, avant leur entrée dans la pupille C, les fait tomber parallèles sur le cristallin D, qui les fait réfracter en un foyer sur la rétine RR.

EMILIE.

C'est une admirable invention et rien n'est plus simple; la lentille ne grossit l'objet qu'en nous permettant de le rapprocher de notre œil.

MAD. B.

Les lentilles qui ont le plus court foyer grossissent le plus l'objet, parce qu'avec leur secours on peut le voir de plus près.

EMILIE.

Mais une lentille qui a un foyer très-court est très-bombée ou convexe, et la protubérance de la lentille empêche l'œil d'approcher beaucoup de l'objet.



MAD. B.

On y remédie en faisant la lentille extrêmement petite ; elle peut alors être sphérique sans occuper beaucoup d'espace, et elle réunit ainsi les avantages d'avoir un foyer court, et de permettre à l'œil d'approcher de l'objet.

CAROLINE.

Nous avons à la maison un microscope qui est un instrument beaucoup plus compliqué que celui que vous nous avez décrit.

MAD. B.

C'est le microscope double (fig. 6), dans lequel ce n'est pas l'objet, AB, mais son image grossie, *ab*, que vous voyez. Dans ce microscope on emploie deux lentilles, l'une LM pour grossir l'objet, et qu'on nomme objectif, l'autre, NO, n'agit que comme le microscope simple, et on l'appelle oculaire.

Il y a une autre espèce de microscope, qu'on nomme le microscope solaire et qui étonne par ses grossissemens ; dans cet instrument nous voyons aussi l'image for-



mée par une lentille et non l'objet lui-même. Comme le soleil luit, je peux vous en montrer l'effet; mais pour cela il nous faut fermer les volets, et ne laisser entrer qu'un petit faisceau de lumière, par l'ouverture du volet qui nous a servi pour la chambre obscure. Nous placerons à présent devant la lentille CD, presque à son foyer, l'objet AB, qui est un petit insecte (pl. XXIII, fig. 1).

L'image EF sera donc représentée sur le mur opposé, comme le paysage l'étoit dans la chambre obscure, avec cette différence, qu'elle sera grossie au lieu d'être diminuée. Je vous laisserai expliquer cela en examinant la figure.

EMILIE.

Je vois cela d'un coup-d'œil; l'image EF est grossie, parce qu'elle est plus loin de la lentille que l'objet AB; tandis que l'image du paysage étoit diminuée, parce qu'elle étoit plus près de la lentille que le paysage. Une lentille répond donc au but de grossir aussi bien que de diminuer les objets?



Fig. 1.

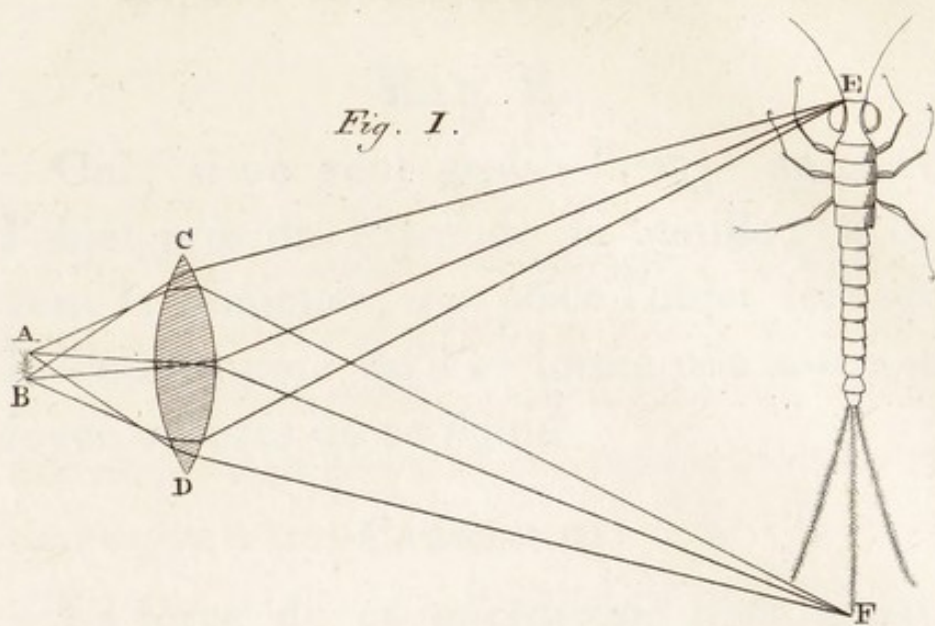


Fig. 2.

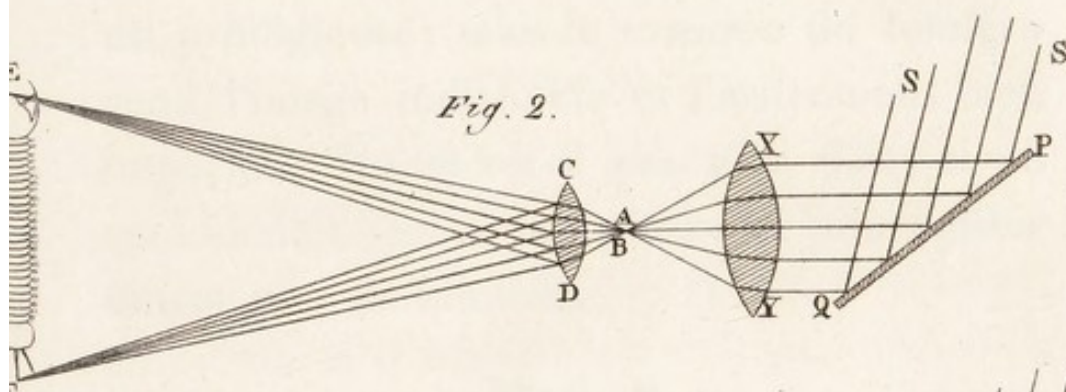


Fig. 3.

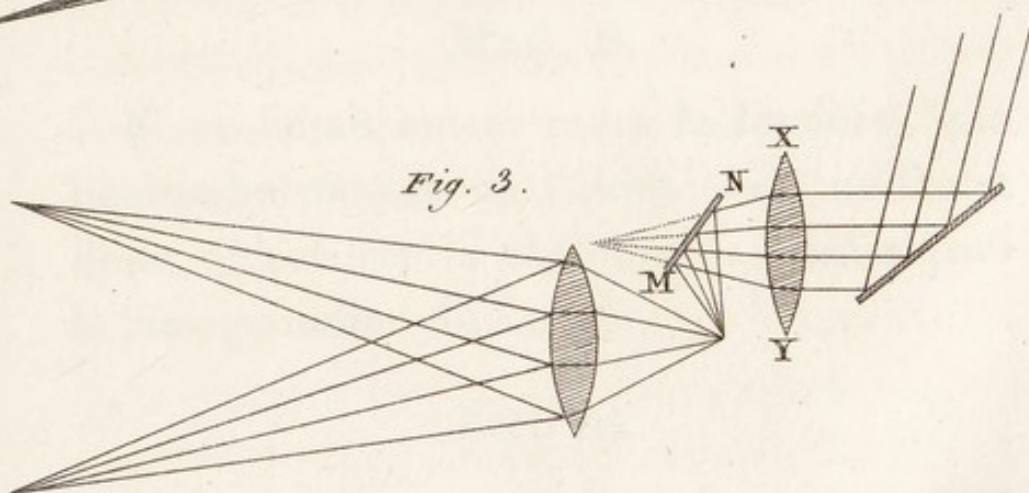
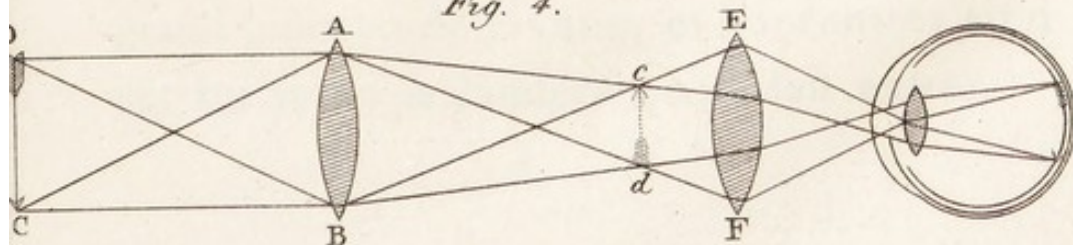
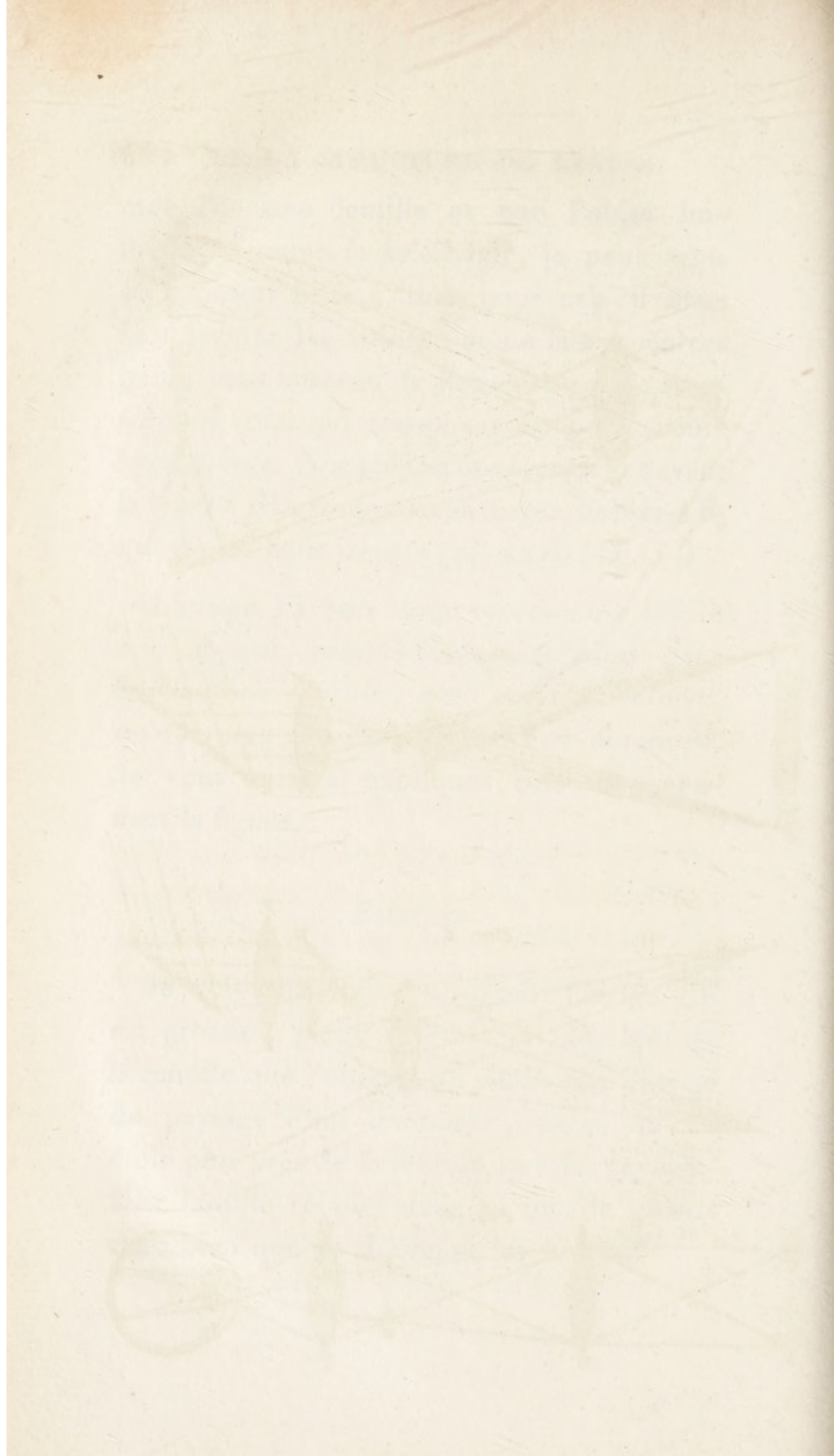


Fig. 4.







MAD. B.

Oui ; si on veut grossir l'image on place l'objet près du foyer de la lentille ; si on veut la diminuer, on place l'objet loin de la lentille, pour qu'il se forme une image au foyer ou près de ce point.

CAROLINE.

La force de ce microscope pour grossir est prodigieuse ; mais le manque de lumière rend l'image indistincte et l'instrument bien imparfait. Ne seroit-il pas plus clair, si on agrandissoit l'ouverture du volet pour laisser entrer plus de lumière.

MAD. B.

Si on faisoit entrer toute la lumière, elle ne tomberoit pas sur l'objet ; cela ne feroit donc qu'éclairer la chambre et rendre par-là l'image moins distincte.

EMILIE.

Mais ne pouvons-nous pas, par une autre lentille, porter en un foyer sur l'objet un grand pinceau de rayons, et concentrer ainsi sur lui toute la lumière qu'on fait entrer.

MAD. B.

Très-bien. Nous élargirons l'ouverture, et nous y mettrons la lentille XY (fig. 2) pour faire converger les rayons en un foyer sur l'objet AB. Il ne manque plus qu'une chose pour que le microscope solaire soit fait complètement; je la laisse découvrir à la sagacité de Caroline.

CAROLINE.

A notre microscope est attaché un petit miroir mobile, et qui peut s'ajuster de manière à recevoir les rayons du soleil et à les réfléchir sur l'objet; si on avoit placé un miroir semblable pour réfléchir la lumière sur la lentille, n'auroit-ce pas été un moyen d'éclairer l'objet plus parfaitement?

MAD. B.

Vous avez bien raison. PQ (fig. 2) est un petit miroir, placé en dehors du volet, qui reçoit les rayons incidens S, S, et les réfléchit sur la lentille XY. A présent que nous avons complété l'appareil, examinons les cirons



de ce morceau de fromage , que je mets près du foyer de la lentille.

CAROLINE.

Oh ! comme l'image à présent est plus distincte , et comme elle est grossie ! les cirons du fromage se voient comme un troupeau de cochons qui grimpent sur des rochers.

EMILIE.

Je n'ai jamais rien vu de si curieux. Oh ! il est tombé un immense morceau de fromage , on diroit que c'est un tremblement de terre , quelques - uns des pauvres cirons doivent avoir été écrasés ; comme ils courent ! ils semblent galoper.

Mais ce microscope ne doit servir que pour les objets transparens ; car il faut que la lumière les traverse pour former l'image sur le mur.

MAD. B.

Les objets très-petits, tels que ceux qu'on regarde au microscope , sont en général transparens ; mais quand on veut observer des objets opaques , on se sert d'un miroir MN ( fig. 3 ), pour réfléchir la lumière sur



l'objet, et de là sur le mur ; l'image est alors formée par la lumière réfléchie de l'objet , au lieu de l'être par celle qu'il transmet.

EMILIE.

La lanterne magique n'est-elle pas construite sur le même principe ?

MAD. B.

Oui ; avec cette différence que la lumière est fournie par une lampe et non par le soleil.

Le microscope est une invention excellente pour nous faire voir et distinguer les objets qui sont trop petits pour être visibles à l'œil nu. Mais il y a des objets qui , quoiqu'ils ne soient pas réellement petits , nous paroissent tels à cause de leur distance. Ici nous ne pouvons pas appliquer le même remède ; car quand une maison est trop éloignée pour se voir sous le même angle qu'un ciron qui est tout près de nous , l'effet produit sur la rétine est le même ; l'angle sous lequel on la voit n'est pas assez grand pour qu'elle forme une image distincte sur la rétine.



EMILIE.

Puisqu'il est impossible, dans ce cas, d'approcher l'objet de l'œil, ne peut-on pas au moyen d'une lentille amener l'image plus près de nous?

MAD. B.

Oui; mais alors l'objet étant très-éloigné du foyer de la lentille, auroit une image trop petite pour être visible à l'œil nu.

EMILIE.

En ce cas, pourquoi ne pas regarder l'image à travers une autre lentille, qui agira comme un microscope? En nous permettant d'amener l'image tout près de l'œil, elle rendra l'objet visible.

MAD. B.

Très-bien, Emilie; je vous félicite d'avoir inventé un télescope. Dans la figure 4, la lentille CD forme une image EF de l'objet AB, et la lentille XY sert à grossir cette image, c'est tout ce qu'il faut pour un télescope à réfraction (1).

---

(1) *Télescope dioptrique.*

(Trad.)



EMILIE.

Mais dans la fig. 4 , l'image n'est pas renversée sur la rétine , comme les objets le sont ordinairement ; elle nous paroîtra donc renversée , et ce n'est pas ainsi qu'on voit par les télescopes dont j'ai fait usage.

MAD. B.

Quand on veut redresser l'image , on se sert de deux autres lentilles , qui forment une seconde image renversée de la première et par conséquent droite. Ces verres additionnels servent quand on veut regarder les objets terrestres ; car il n'y a pas d'inconvénient à voir les corps célestes renversés.

EMILIE.

La différence entre un microscope et un télescope semble donc être qu'un microscope produit une image grossie , parce que l'objet est près de la lentille ; et qu'un télescope produit une image diminuée , parce que l'objet en est éloigné.

MAD. B.

Votre remarque ne s'applique qu'à la lentille



CD, ou à l'objectif, qui sert à porter l'image de l'objet plus près de l'œil; car la lentille XY, qu'on appelle *oculaire* est, dans le fait, un microscope, puisqu'elle est là pour grossir l'image.

Quand on a besoin d'une force très-grande de grossissement, on construit les télescopes avec des miroirs concaves au lieu de lentilles. Vous savez que les miroirs concaves produisent par la réflexion un effet semblable à celui que produisent les lentilles convexes par la réfraction. Dans les télescopes à réflexion (1), les miroirs servent donc à porter l'image plus près de l'œil; et il y a une lentille ou un oculaire, comme dans les télescopes à réfraction pour grossir l'image.

L'avantage du télescope à réflexion est que des miroirs dont le foyer est de six pieds grossissent autant que des lentilles dont le foyer est de cent pieds (2).

---

(1) *Télescopes catadioptriques.* (Trad.)

(2) Il auroit été long et peut-être un peu difficile d'initier les jeunes élèves dans la théorie de l'achromatisme, qui a donné la facilité d'accourcir les télescopes dioptriques, à peu près autant qu'on peut le désirer. (Note du Traducteur.)



CAROLINE.

Mais je croyois que ce n'étoit que l'oculaire qui grossissoit l'image , et que les autres lentilles ne servoient qu'à rapprocher de l'œil l'image diminuée.

MAD. B.

L'image est diminuée, il est vrai, en comparaison de l'objet ; mais elle est grossie si vous la comparez à ce même objet tel qu'il seroit vu à l'œil nu ; et cette force de grossir est plus grande dans les télescopes à réflexion que dans ceux à réfraction.

\*  
\* \* \*

Il est temps de mettre fin à nos entretiens ; car je vous ai communiqué sans réserve tout ce qui compose le fonds limité de mes connoissances en physique. Si je vous ai mises par-là en état de faire de nouveaux progrès, j'ai atteint le but que je m'étois proposé. Du reste, n'oubliez jamais que si l'étude de la nature peut ajouter à notre bonheur, c'est en nous inspirant une pleine confiance en la sagesse et en la bonté de son divin Auteur.





## ADDITION

FOURNIE PAR L'AUTEUR.

(page 130, l. 11, après ces mots: ..... *une livre de marchandises.*)

---

EMILIE.

**P**UISQU'UN poids augmente de force à mesure qu'on l'éloigne du point d'appui; il me semble qu'on pourroit construire une balance, dans laquelle un seul poids serviroit à peser toute espèce de marchandises. Prenons, par exemple, un poids d'une livre; en le mouvant le long du levier, à mesure qu'on l'écarteroit du point d'appui, il pourroit faire équilibre à 5, 10, 20, peut-être même à 100 liv., si le levier étoit assez long.

MAD. B.

J'ai le regret de vous dire, ma chère Emilie, que cette idée ingénieuse s'est présentée à d'autres avant vous; mais vous vous consolerez de ne pas avoir le mérite de l'invention, quand vous verrez à quel point de perfection l'instrument, dont vous avez conçu l'idée,



a pu être porté. Cette balance est ce qu'on appelle une romaine, et je ne doute pas que le maître d'hôtel ne puisse nous en montrer une; car on s'en sert pour peser la viande.

Le crochet par lequel on suspend cette romaine est le point d'appui, il est à deux pouces du bassin où l'on place les choses à peser; tandis que le bras opposé du levier s'étend à deux pieds. On y suspend un petit poids, et les divisions sur le levier indiquent les différens poids, suivant la place où il faut mettre le petit poids pour que le levier reste horizontal. Quand il est à l'extrémité, le poids est de 100 livres.

EMILIE.

Et cependant le petit poids semble ne peser que quelques onces. Mais à quoi sert, Mad. B., ce second crochet, qui divise le levier en deux parties moins inégales?

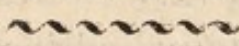
MAD. B.

Ce crochet forme un second point d'appui correspondant à une autre échelle de division. La romaine suspendue par ce crochet sert à peser de plus petites masses, et le poids



à l'extrémité ne fait alors équilibre qu'à 20 livres.

Revenons-en à la balance fig. 2, et nous ôterons les bassins pour considérer le levier dans sa simplicité, etc.





---

## NOTES.

---

### I.

PAGE 60.

**M<sup>R</sup>**. BÉNÉDICT PREVOST (1) a indiqué une manière bien simple de montrer que la résistance de l'air est l'unique cause du ralentissement de la chute des corps légers dans ce fluide. C'est d'étendre sur le fond plat d'une boîte cylindrique, peu profonde et massive, un petit fragment de papier, en laissant tomber le tout de haut (2 ou 3 mètres par ex.) sur un coussinet, de manière que la partie inférieure du fond aille la première et se meuve selon son axe: le papier ne sera pas ralenti, et il suivra toujours la boîte dans sa chute. L'expérience se fait encore plus simplement, mais aussi moins sûrement, en mettant le papier sur une pièce monnaie.

### II.

PAGE 175, lig. 12.

*L'angle ainsi situé représentera les deux forces centrifuge et centripète.*

Ce qui est appelé ici *force centrifuge*, est ce qu'on nomme, rigoureusement parlant, la *force tangentielle*; et c'est par la décomposition de celle-ci, qu'on

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*. T. X. Février 1819, pag. 234.



obtient la force centrifuge, qui est dans la direction du rayon de l'orbite et dans le sens directement opposé à la *force centripète*.

## III.

PAGE 369, lig 17.

*Le soleil, en se mouvant sur les régions équatoriales de l'Est à l'Ouest, etc.*

Nous croyons devoir suppléer à l'extrême brièveté de l'explication des vents alisés que donne l'auteur, en transcrivant ici le court passage de la Physique de HALL (1) où il est question du vent d'Est. Après avoir parlé des courans inférieurs qui viennent des pôles à l'équateur, puis retournent de l'équateur aux pôles par les régions supérieures de l'atmosphère, cet auteur s'exprime ainsi : « Si nous considérons » une molécule prise dans le courant inférieur, » dont la direction tend vers l'équateur, il sera aisé » de concevoir que cette molécule arrive à chacun » des parallèles situés sur son trajet, avec une vitesse angulaire, moindre que celle du point correspondant pris à la surface de la terre. Les objets » qui se présentent au passage du courant inférieur, » doivent donc le frapper avec l'excès de leur vitesse ; il en sera de même d'un spectateur qui, » se croyant immobile et rapportant l'excès de sa » propre vitesse en sens contraire au courant qu'il

---

(1) *Traité élémentaire de Physique*, T. I, pag. 310, 2.<sup>de</sup> éd.



» rencontre, recevra l'impression d'un vent qui lui  
 » paroîtra venir de l'Est, puisque le mouvement de  
 » rotation est dirigé de l'Ouest vers l'Est.

» Ce sera le contraire par rapport au courant su-  
 » périeur qui va vers le pôle. Chacune de ses mo-  
 » lécules, ayant plus de vitesse que le point de la  
 » terre au-dessus duquel elle arrive, devancera ce  
 » même point en allant vers l'Est; et il doit résulter  
 » de cette supériorité de vitesse un vent d'Ouest  
 » réel, au lieu que le vent inférieur est une simple  
 » apparence, mais qui produit une illusion com-  
 » plète. »

## IV.

PAGE 416, lig. 10.

*La lune paroîtra aussi brillante qu'une pièce  
 d'eau, que les murs d'une maison, ou que tout  
 autre objet vu à la lumière du jour et sur lequel le  
 soleil brille.*

Cette assertion n'est qu'un cas particulier de celle-ci :  
*L'éclat ou la clarté apparente d'un corps qui émet  
 de la lumière ne dépend pas de la distance de ce  
 corps à l'œil.* Elle est donc un peu moins simple  
 qu'elle ne le paroît au premier coup d'œil; mais  
 elle n'en est pas moins vraie dans sa généralité,  
 c'est-à-dire, dans les hypothèses communes et  
 lorsque les distances que l'on compare ne sont pas  
 trop petites (1). En effet, l'éclairement, ou la quan-  
 tité de lumière émise, est inversement comme le carré

---

(1) LAMBERT. *Photometr.* §§. 40. 48. 793. 794.



de la distance; mais la grandeur de l'image sur la rétine suit la même loi; donc cet organe, dans sa partie qui est affectée, reçoit toujours une lumière de la même densité.

## V.

PAGE 508, lig. 9.

*Elle est attachée à la choroïde par de nombreux filets musculaires.*

Ces filets musculaires, représentés dans la figure, doivent être envisagés comme faisant partie des procès ciliaires, ou des attaches du cristallin à l'anneau de la choroïde, qui le soutient. Les physiologistes les plus estimés croient en effet que ces attaches font office de muscles, et que chacune d'elles peut coopérer, en se contractant, au changement de figure que la lentille cristalline doit subir pour produire la vision distincte.

FIN.





---

## TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

---

|                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| Air,                   | p. 6, 18, 60, III, 341, 417, 470 |
| Angle,                 | 96                               |
| — — aigu,              | 98                               |
| — — obtus,             | 98                               |
| — — d'incidence,       | 99, 389, 408, 446                |
| — — de réflexion,      | 99, 389, 408, 446                |
| — — visuel,            | 429, 446                         |
| An, année,             | 257                              |
| — — — sidérale,        | 261                              |
| — — — solaire,         | 264                              |
| Aphélie,               | 181                              |
| Arc-en-ciel,           | 484                              |
| Aréomètre,             | 318                              |
| Atmosphère,            | 254, 322; 341, 368, 417, 470     |
| — — — couleur de l'    | 500                              |
| — — — réfraction de l' | 463, 473                         |
| Attraction,            | 5, 17, 35, 39, 464               |
| — — — de cohésion,     | 17, 64, 292, 342                 |
| — — — de gravitation,  | 28, 168, 195, 234, 281, 341      |
| Avenue,                | 433                              |
| Axe,                   | 189                              |
| — — de mouvement,      | 106, 124                         |
| — — de la terre,       | 224, 241                         |



|                    |              |
|--------------------|--------------|
| Axe des miroirs ,  | p. 451 , 456 |
| — d'une lentille , | 475          |

## B.

|             |           |
|-------------|-----------|
| Balance ,   | 123 , 125 |
| Ballon ,    | 51 , 57   |
| Baromètre , | 352       |
| Basse ,     | 393       |

## C.

|                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| Carré ,            | 103 , 195 , 205             |
| Centre ,           | 106 , 109                   |
| — — de gravité ,   | 107 , 114 , 122 , 125 , 283 |
| — — de mouvement , | 106 , 124 , 283             |
| — — de grandeur ,  | 106 , 119                   |
| Cercle ,           | 96 , 227 , 233              |
| — — arctique ,     | 224                         |
| Cérés ,            | 203                         |
| Chaleur ,          | 22 , 251                    |
| Chambre obscure ,  | 388 , 411 , 419             |
| Chute des corps ,  | 39 , 47 , 58 , 74           |
| Coin ,             | 123 , 158                   |
| Cornée ,           | 504                         |
| Corps ,            | 4                           |
| — — Elastiques ,   | 87 , 89                     |
| — — lumineux ,     | 398                         |
| — — sonores ,      | 380                         |
| — — chute des      | 39 , 47 , 58 , 74           |
| — — opaques ,      | 398 , 464                   |
| — — transparens ,  | 398 , 464                   |
| Couleurs ,         | 37 , 478                    |
| Coupe de Tantale , | 330                         |



|                 |        |
|-----------------|--------|
| Comètes ,       | p. 206 |
| Compression ,   | 89     |
| Concordance ,   | 398    |
| Constellation , | 208    |
| Cristallin ,    | 504    |
| Cristaux ,      | 9      |
| Cylindre ,      | 118    |

## D.

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| Degrés ,           | 96 , 228 , 242 , 439 |
| — — de latitude ,  | 229 , 275            |
| — — de longitude , | 229                  |
| Densité ,          | 20                   |
| Diagonale ,        | 103                  |
| Diamètre ,         | 228                  |
| Discordance ,      | 392                  |
| Diurne ,           | 189                  |
| Divisibilité ,     | 5 , 25               |

## E.

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| Eau ,                     | 293             |
| — — de source ,           | 325             |
| — — de pluie ,            | 325             |
| Echo ,                    | 388             |
| Eclipse ,                 | 179             |
| Ecliptique ,              | 209 , 225       |
| Élasticité , élastiques , | 87 , 89         |
| Ellipse ,                 | 270 , 280 , 406 |
| Equateur ,                | p. 224          |
| Équinoxes ,               | 244 , 248       |
| — — — précession des      | 262             |
| Espace ,                  | 66              |



|                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| Été ,            | 182 , 243                   |
| Étoiles ,        | 185 , 208 , 260 , 263 , 276 |
| Etoile polaire , | 244 , 275                   |
| Exhalaisons ,    | 12                          |
| Étendue ,        | 5 , 8                       |

## F.

|                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| Figure ,                   | 5 , 9                 |
| Fluides :                  | 292                   |
| — — — élastiques ,         | 293 , 341             |
| — — — équilibre des        | 296 , 351             |
| — — — pression des         | 297 , 329 , 350       |
| Force ,                    | 64                    |
| — — centrifuge ,           | 109 , 175 , 231 , 284 |
| — — centripète ,           | 109 , 174             |
| — — de projection ,        | 111 , 171             |
| — — de gravité ,           | 29 , 171 , 195        |
| Foyer ,                    | 453                   |
| — — des miroirs convexes , | 453                   |
| — — — — — concaves ,       | 457                   |
| — — d'une lentille ,       | 475                   |
| Frottement ,               | 163 , 339             |
| Fumée ,                    | 15 , 55               |

## G.

|                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| <i>Georgium sidus</i> , | 204                          |
| Gravité , gravitation , | 28 , 38 , 62 , 69 , 73 , 113 |
| — — — Centre de         | 107                          |

## H.

|                                           |                       |
|-------------------------------------------|-----------------------|
| Harmonie ,                                | 393                   |
| Hémisphère ,                              | 224 , 227 , 246 , 249 |
| <i>Herschel</i> , <i>Georgium sidus</i> , | 204                   |



|                |             |
|----------------|-------------|
| Hiver,         | p. 182, 246 |
| Humeurs,       | 507         |
| Hydromètre,    | 318         |
| Hydrostatique, | 292         |

## L.

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Image sur la rétine,     | 421, 442  |
| — — — — — renversée,     | 425       |
| — — sur un miroir plan,  | 443       |
| — — — — — convexe,       | 450       |
| — — — — — concave,       | 451       |
| Impénétrabilité,         | 5         |
| Inertie,                 | 5, 16, 64 |
| Instrumens musicaux,     | 339       |
| Intersection des rayons, | 420       |
| Jour,                    | 189, 257  |
| Junon,                   | 203       |
| Jupiter,                 | 203, 278  |

## L.

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| Lac,                    | 321, 337 |
| Latitude,               | 229, 274 |
| Lentille,               | 475      |
| — — — convexe,          | 475      |
| — — — concave,          | 476      |
| Levier,                 | 123, 125 |
| — — du premier genre,   | 136      |
| — — du second genre,    | 139      |
| — — du troisième genre, | 141      |
| Liquide,                | 89       |
| Longitude,              | 229, 274 |



|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Lumière ,              | 396 , 399 |
| — — — de la lune       | p. 412    |
| — — — pinceau de       | 400       |
| — — — réfléchie        | 407       |
| — — — réfraction de la | 463       |
| — — — absorption de la | 486       |

|        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| Lune , | 192 , 193 , 205 , 266 , 280 , 287 |
|--------|-----------------------------------|

## M.

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Machines ,              | 123 , 125 , 157 , 163 |
| Maladie ,               | 395                   |
| Marées ,                | 281 , 290             |
| ——— aériennes ,         | 377                   |
| Mars ,                  | 203                   |
| Masse ,                 | 79                    |
| Matière ,               | 5                     |
| Mercure , planète ,     | 200 , 280             |
| Mercure ou vif argent , | 352                   |
| Méridiens ,             | 227                   |
| Microscope ,            | 416 , 519 , 526       |
| — — — simple ,          | 519                   |
| — — — double ,          | 411 , 521             |
| — — — solaire ,         | 411 , 521             |
| Milieus ,               | 399 , 464             |
| Minéraux ,              | 9                     |
| Minutes ,               | 228                   |
| Mois lunaire ,          | 267                   |
| <i>Momentum</i> ,       | 79                    |
| Moussons ,              | 373                   |
| Mouvement ,             | 16 , 63 , 79 , 82     |
| — — — — uniforme ,      | 68                    |



## DES MATIÈRES.

545

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| Miroirs ,             | 443             |
| — — — réflexion des   | 444             |
| — — — plan ,          | 450 , 454       |
| — — — convexe ,       | 450 , 454       |
| — — — concave ,       | 450 , 457       |
| — — — axe des         | 457             |
| Mouvement perpétuel , | 70              |
| — — — — retardé ,     | 72              |
| — — — — accéléré ,    | 73              |
| — — — — réfléchi ,    | 93              |
| — — — — composé ,     | 101             |
| — — — — circulaire ,  | 107 , 137       |
| — — — — axe de ,      | 106 , 124       |
| — — — — centre de     | 106 , 124 , 183 |
| — — — — diurne ,      | 189             |

## N.

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Natation ,             | 85              |
| Nerf ,                 | 422             |
| — — auditif ,          | 391 , 423       |
| — — optique ,          | 418 , 424       |
| — — olfactif ,         | 423             |
| Niveau à bulle d'air , | 296             |
| Nœuds ,                | 242 , 244 , 262 |
| Nuages ,               | 321             |
| Nuit ,                 | 189             |

## O.

|          |           |
|----------|-----------|
| Octave , | 394       |
| Odeur ,  | 12        |
| Œil ,    | 418 , 504 |

|                 |          |
|-----------------|----------|
| Ombre ,         | 270, 402 |
| Ondes sonores , | 385      |
| Optique ,       | 397      |
| Or ,            | 310      |
| Orages ,        | 389      |
| Orbite ,        | 200      |

## P.

|                      |                                 |
|----------------------|---------------------------------|
| Pallas ,             | 203                             |
| Parabole ,           | 114                             |
| Parallèles ,         | 45                              |
| Pendule ,            | 239                             |
| Périhélie ,          | 181                             |
| Perpendiculaire ,    | 44, 94, 251                     |
| Pesanteur ,          | 28, 38, 64, 74; 111, 113        |
| — — — spécifique ,   | 305                             |
| — — — — — de l'air , | 352                             |
| Phases ,             | 268                             |
| Pinceau de rayons ,  | 400                             |
| Piston ,             | 360, 365                        |
| Plan ,               | 225                             |
| — — incliné ,        | 123, 157                        |
| Planètes ,           | 184, 194, 256                   |
| Poids ,              | 21, 38, 234, 305, 308, 343, 346 |
| Point d'appui ,      | 124                             |
| Pôles ,              | 224                             |
| Pompe ,              | 60, 62                          |
| — — aspirante ,      | 363                             |
| — — refoulante ,     | 365, 367                        |
| — — pneumatique ,    | 60, 346                         |
| Porosité ,           | 91                              |



## DES MATIÈRES.

547

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| Porte-voix ,                        | 390       |
| Poulie ,                            | 123 , 145 |
| Précession des équinoxes ,          | 262       |
| Projection ,                        | 111 , 171 |
| Propriétés essentielles des corps , | 5         |
| — — — générales — — —               | 4 , 5     |
| Pupille ,                           | 418       |

## Q.

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| Quantité de mouvement , | 79 , 132 |
|-------------------------|----------|

## R.

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| Rareté ,                  | 20              |
| Rayons de lumière ,       | 399             |
| — — réfléchis ,           | 408             |
| — — incidens ,            | 408             |
| — — convergens ,          | 450 , 455       |
| — — divergens ,           | 450 , 462       |
| Réaction ,                | 81              |
| Récipient ,               | 60              |
| Réflexion ,               | 407             |
| — — — angle de            | 100 , 409 , 446 |
| — — — des miroirs ,       | 444             |
| — — — — — plans ,         | 450             |
| — — — — — convexes ,      | 450             |
| — — — — — concaves ,      | 450             |
| Réfraction ,              | 463             |
| — — — — de l'atmosphère , | 469             |
| — — — — du verre ,        | 472             |
| — — — — d'une lentille ,  | 473             |
| — — — — d'un prisme ,     | 477             |
| Résistance ,              | 224             |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Rétine ,             | 418 |
| — — — image sur la , | 421 |
| Rivières ,           | 321 |
| Ruisseaux ,          | 327 |

## S.

|                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| Satellites ,         | 194 , 274 , 278       |
| Saturne ,            | 204                   |
| Signes du Zodiaque , | 208 , 224 , 229       |
| Solstice ,           | 243 , 246             |
| Son ,                | 379                   |
| — — aigu ,           | 392                   |
| Spectre solaire ,    | 480                   |
| Sphère ,             | 45 , 118 , 233        |
| Soupape ,            | 361 , 364 , 365       |
| Sources ,            | 321 , 328             |
| Substances ,         | 4                     |
| Soleil ,             | 170 , 195 , 399 , 478 |
| Siphon ,             | 331                   |

## T.

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| Tangentes ,           | 111 , 175                  |
| Télescope ,           | 527                        |
| — — — à réflexion ,   | 529                        |
| — — — à réfraction ,  | 527                        |
| Temps ,               | 257 , 264                  |
| — — sidéral ,         | 261                        |
| — — moyen ,           | 265                        |
| — — solaire ou vrai , | 261 , 265                  |
| Terre ,               | 29 , 171 , 203 , 214 , 221 |
| Thermomètre ,         | 359                        |
| Ton ,                 | 391 , 392                  |



## DES MATIÈRES.

549

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| Tour ,              | 123 , 154 |
| Tropiques ,         | 224       |
| Tubes capillaires , | 26        |

## U. V.

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| Unisson ,         | 394           |
| Vapeur ,          | 23 , 55 , 325 |
| Ventouse ,        | 345           |
| Verre ,           | 473           |
| — — réfraction du | 473           |
| Vénus ,           | 201 , 280     |
| Vessie ,          | 347           |
| Vesta ,           | 203           |
| Vibration ,       | 385           |
| Vis ,             | 123 , 159     |
| Vision ,          | 418           |
| — — double ,      | 443           |
| Vitesse ,         | 65 , 132      |
| Vol ,             | 85            |
| Volume ,          | 20            |
| Vue ,             | 423 , 425     |
| Vents ,           | 368           |
| — — alizès ,      | 370           |
| — — périodiques , | 374           |

## Z.

|                |                       |
|----------------|-----------------------|
| Zodiaque ,     | 208 , 229             |
| Zône ,         | 226                   |
| — — torride ,  | 226 , 246 , 369 , 470 |
| — — tempérée , | 226 , 247             |
| — — glaciale , | 226 , 243 , 246       |







