

Considérations sur les comètes, ou, Eléments d'une cométologie / par Charles Nagy

Nagy, Charles.

Paris : Leiber, 1862.

[Find this Book Online: https://hdl.handle.net/2027/hvd.hnww13](https://hdl.handle.net/2027/hvd.hnww13)

Digitized by Google

Original from
HARVARD UNIVERSITY



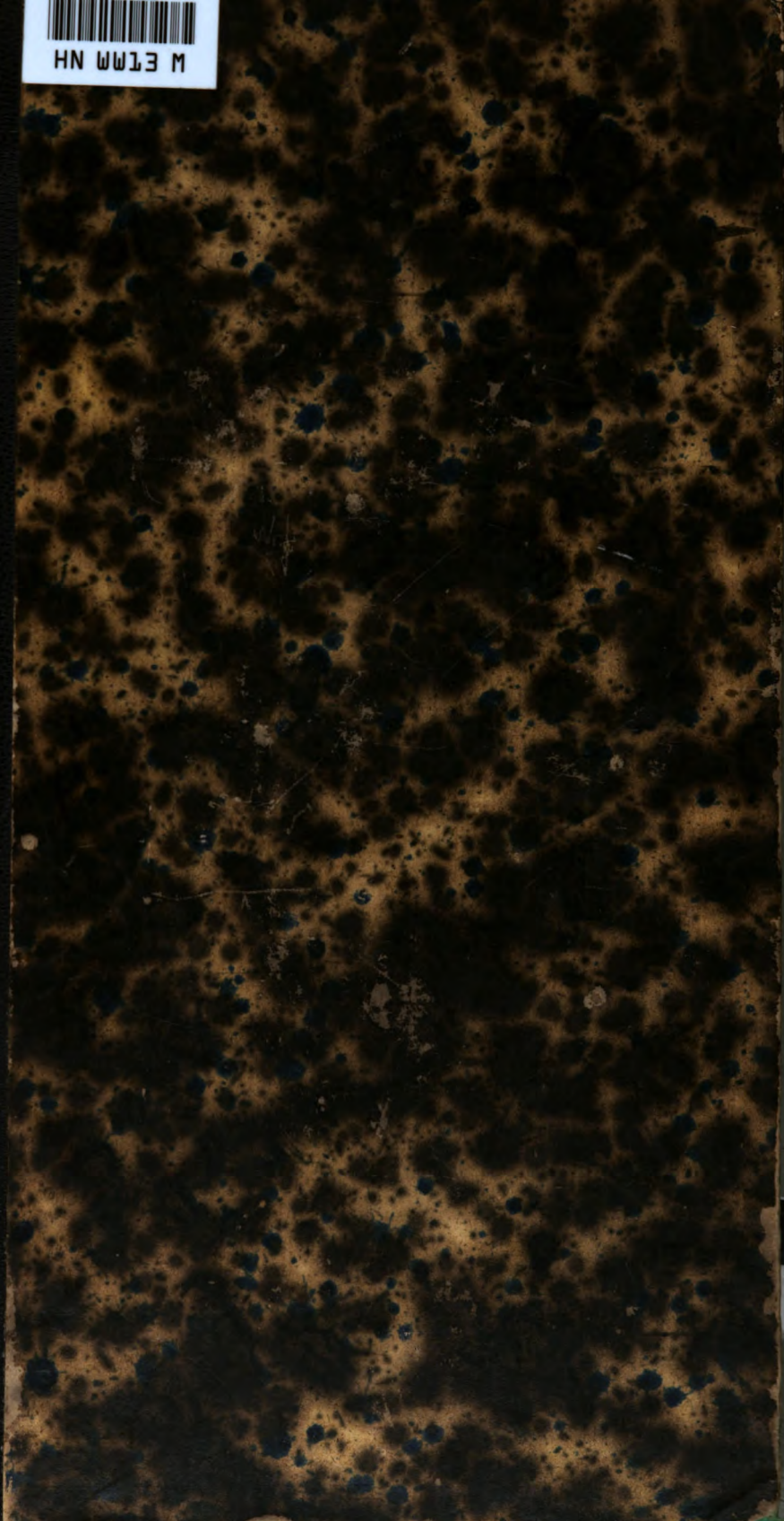
Public Domain

We have determined this work to be in the public domain, meaning that it is not subject to copyright. Users are free to copy, use, and redistribute the work in part or in whole. It is possible that current copyright holders, heirs or the estate of the authors of individual portions of the work, such as illustrations or photographs, assert copyrights over these portions. Depending on the nature of subsequent use that is made, additional rights may need to be obtained independently of anything we can address.

Generated through HathiTrust on 2026-10-05 08:19 GMT

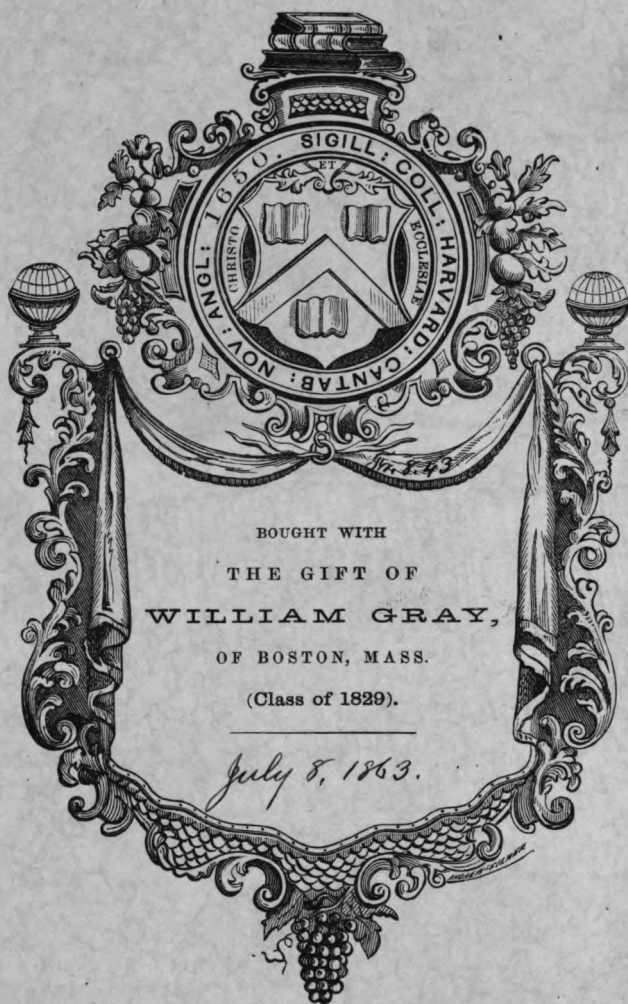


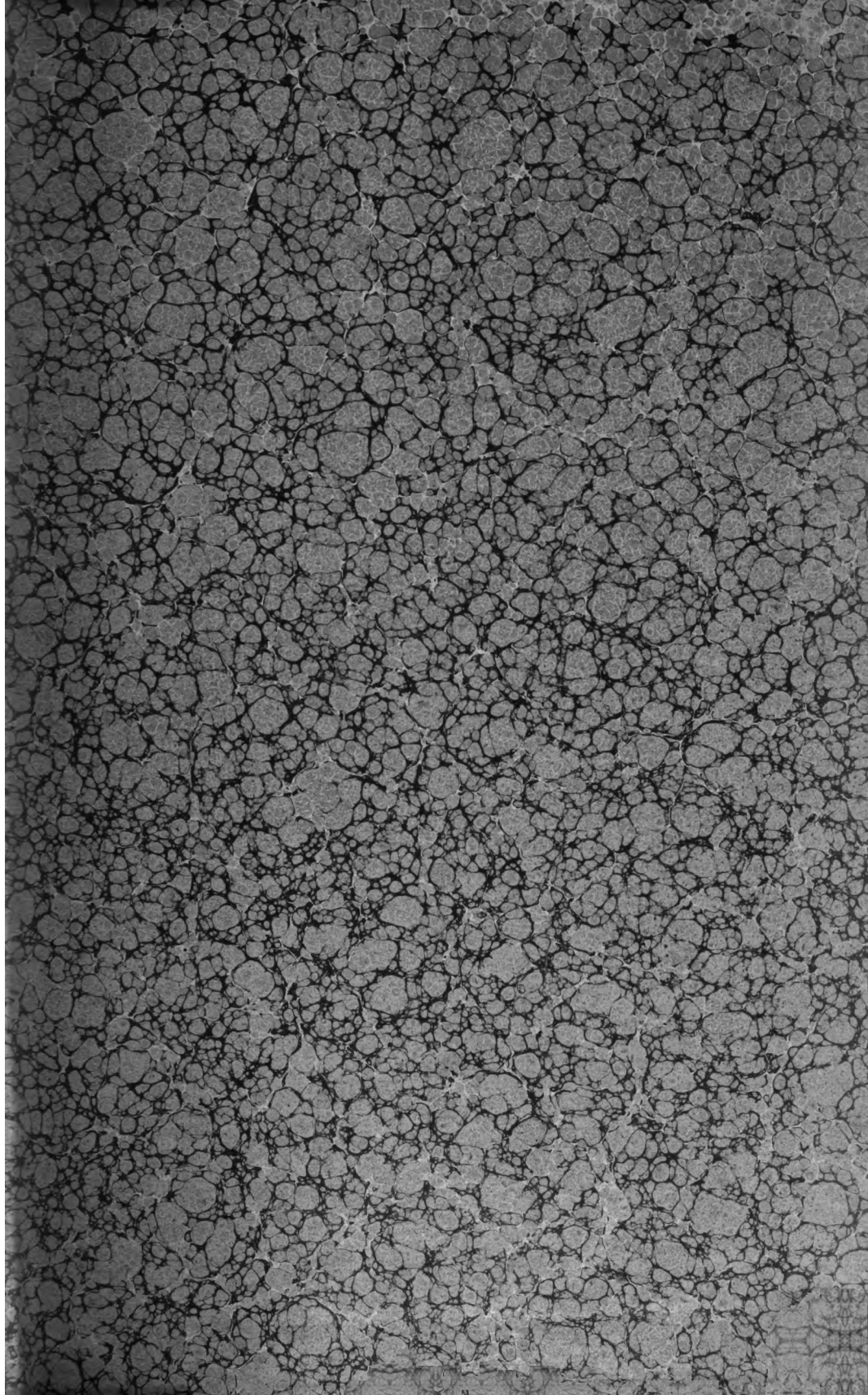
HN WW13 M



322.71

Ms. 6308.62





CONSIDÉRATIONS SUR LES COMÈTES

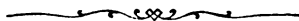
Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.

CONSIDÉRATIONS
SUR
LES COMÈTES
OU
ÉLÉMENTS D'UNE COMÉTOLOGIE

PAR

CHARLES NAGY

De l'Académie des sciences de Hongrie, de la Société philosophique
de Philadelphie.



PARIS

LEIBER, LIBRAIRE-ÉDITEUR

RUE DE SEINE-SAINT-GERMAIN, 13

1862

L'auteur se réserve les droits de traduction et de reproduction.

MSA 6508.62

1843, July 8.
Jan 8. 23.
Gray 1000.
6

PRESERVATION MASTER
AT HARVARD

LETTRE DES COMÈTES A L'AUTEUR

SIEUR !

Si nous nous adressons à vous, ce n'est pas que nous vous croyions plus de valeur qu'à vos pareils, ni que nous vous estimions moins méchant ; mais il vous a passé la fantaisie de vous occuper de nous, fantaisie bien inutile d'ailleurs et dont vous auriez pu vous dispenser sans qu'il fût advenu le moindre dérangement dans votre ménage.

Pauvres bimanés ! Pendant toute la durée de votre jolie histoire, dite universelle, qui a commencé hier et qui finira demain, vous avez été constamment pleins d'animosité contre nous, et votre malveillance, votre haine et votre envie vous ont toujours poussé à nous persécuter, à nous poursuivre à outrance, sans trêve et sans relâche.

S'il y a sur nos bons voisins, Mercure et Vénus, des infiniment petits pareils à vous, eux, ils nous respectent, nous n'en doutons pas, ainsi qu'il convient aux gens bien nés. Vous au contraire, vous avez le privilège d'attribuer vos belles qualités aux autres, vous finissez même par les transplanter dans les cieux ; ce n'est pas du reste un reproche

que nous vous adressons, vous faites tout ce que vous pouvez.

Votre antiquité et votre moyen âge ont débité sur nous des fables et des contes à dormir debout; nous leur avons fait peur, elles nous faisaient rire, nous sommes quittes.

Mais depuis le commencement de vos siècles modernes, vous êtes devenus tout à fait farouches et vous vous posez sérieusement en accusateurs et en juges.

Il se trouve parmi vous une tribu peu nombreuse à la vérité, que vous appelez vos savants, apparemment parce que les autres ne veulent absolument rien apprendre; ceux-là surtout sont des forcenés; nous pourrions bien les prendre en pitié, mais nous aimons mieux dire qu'ils nous ennuiant.

Ils nous accusent d'être des incendiaires, des assassins, d'avoir la bosse de la destructivité développée outre mesure, et cependant nous les défions de pouvoir démontrer que nous ayons jamais fait mal à personne, ou de citer un seul exemple de l'intervention de l'autorité céleste à propos de nos actes. Nous sommes par nature paisibles et pacifiques.

Ils nous reprochent de vagabonder; à les en croire, nous courons le monde, nous sautons par-dessus les haies et les barrières, nous passons même à l'étranger pour nous y réfugier, sans passeport.

Nous pourrions les confondre devant les tribunaux, car ils ne pourraient trouver un seul témoin, qui nous ait jamais vues quitter notre pays; tous ceux qui nous connaissent savent au contraire, que nous ne quittons jamais

nos mères et que toujours nous les accompagnons dans toutes leurs promenades.

Quelle peut être la cause de pareilles calomnies? Sans doute la rareté de nos apparitions; mais s'ils ne nous voient pas trop souvent ni assez longtemps, est-ce une raison pour que nous devions vagabonder? Nous poussons la condescendance jusqu'à faire notre toilette devant eux; ne voudraient-ils pas que nous leur disions encore pourquoi nous nous retirons?

Ils prétendent que nous ne respectons pas les lois et que nous marchons à l'aventure, selon notre caprice; tout au contraire, nous chérissons nos lois, parce qu'elles garantissent à la fois notre sûreté et notre indépendance. Vous autres hommes, vous les subissez ces mêmes lois, mais vous ne les connaissez pas.

Ils nous accusent de légèreté et, suivant leur dire, nous nous laissons accrocher partout, nous nous faisons attraper par le premier venu et jamais nous ne pouvons suivre le bon chemin.

Pure jalousie assez déplacée du reste. Est-ce donc à vous, gens vertueux, à nous apprendre les bonnes mœurs? Nous aimons la liberté, nous en convenons, mais nous aimons aussi la raison et la vérité, trois sœurs charmantes et inséparables, que vous devez haïr, vous qui ne pouvez pas supporter l'éclat de leur beauté.

Ils disent encore que nous nous approchons trop souvent et même beaucoup trop près du soleil. Toujours la même jalousie! Si les malheureux savaient que nous sommes ses filles, peut-être leur maladie serait-elle gué-

rissable. Vous aussi, pauvres gens, vous voudriez bien vous approcher du soleil, mais vos yeux ne sauraient supporter sa lumière.

Ils ne voient pas ce qu'ils voudraient voir et ils nous voient autrement que nous ne sommes; est-ce notre faute s'ils ont des besicles qui louchent?

S'ils nous regardent de haut en bas, ils ne voient que notre chapeau et notre parure, alors tout est chapeau, nous ne sommes que chapeau, chapeau sans tête, et nous avons vendu notre robe, pour avoir une aigrette.

Nous voient-ils de côté, nous ne sommes que robe; notre tête devient voilée et ils disent que le chapeau s'est changé en jupon comme auparavant le chapeau se faisait du jupon; l'opinion que notre tête s'évapore pour une robe, est blessante, elle n'irait à rien moins qu'à nous faire exclure de la bonne société.

Nos pieds, ils ne les voient pas, c'est la cause sans doute pour laquelle ils ne comprennent pas comment nous marchons. Si nous nous éloignons, c'est la tête qui pousse devant elle le corps; si nous nous rapprochons, c'est encore la tête qui traîne après elle le corps.

Mais ce qui leur monte le plus la tête, c'est notre crinoline. Elle est minutieusement passée en revue, chaque pli en est séparément examiné à travers des grosses jumelles d'opéra; s'ils en trouvent un différent de l'autre, ils deviennent sérieux, grands amis de la symétrie.

, Un peu plus d'ombre et de lumière, un petit mouvement, un petit changement dans le reflet, et voilà qu'ils se disputent sur la nature de l'étoffe. Elle a changé de

tailleur, dit l'un. Ce n'est pas le même tissu, réplique l'autre. Si la crinoline se dérange et qu'elle soit plus longue d'un côté que de l'autre, c'est bien un autre varcarme : pour le coup, c'est un prodige, c'est une crinoline multiple. Si nous inclinons un peu, la crinoline se cambre, elle prend une certaine courbure : nouveau miracle.

Qu'ils enragent de ne pouvoir nous deviner, cela se conçoit, mais est-ce une raison pour que nous soyons condamnées à mourir ?

Selon eux nous devons périr toutes ; là-dessus du moins ils sont d'un touchant accord, ils sont unanimes. Chacun d'eux, sans exception, a contribué à rédiger la sentence, chacun selon ses goûts a proposé un genre de mort ; mais voyez un peu la conséquence, si nous périssons : à quoi exerceront-ils leur esprit ?

Le grand maître nous fait brûler toutes vives et, selon lui, nous devons tomber pour toujours dans des chaudières ardentes ; lui, au moins, avait des principes expéditifs.

Selon certains d'entre eux, nous devons nous casser la tête contre la première pierre venue, tomber dans les puits, être lancées contre les roches et rester attachées à la façon d'Andromède.

Un autre nous condamne à être écartelées, les parties de notre corps doivent être dispersées, jetées au vent, la tête seule séparée du tronc doit marcher dans l'espace. C'est systématique. Mais le plus cruel sans contredit c'est votre ancien, le vieux Tycho ; le perfide, il ne dit pas que nous sommes des coureuses, il reconnaît même que nous sommes de bonne famille ; mais, il ajoute son *mais* fatal,

nous devons toujours marcher à travers les chemins de fer, jusqu'à ce qu'un train de marchandise nous rencontre et nous écrase.

Grand merci, trop aimables savants, drogmans surnuméraires de la charité terrestre; heureusement que votre magnifique aréopage n'est pas investi du pouvoir exécutif, et que nous continuerons à vous agacer, à vous harceler, taquiner et tourmenter encore, jusqu'à ce que vous parveniez à nous mieux connaître, ce qui — nous espérons bien — n'arrivera pas sitôt, et même n'arrivera jamais au train que vous allez.

LES COMÈTES.

INTRODUCTION

Si l'histoire des comètes par elle-même, comme toute histoire en général, ne nous offre que des enseignements négatifs, du moins elle nous force à chercher des résultats positifs.

Un fait nous frappe dans cette histoire.

Tandis que l'astronomie en général marche d'un pas assuré à travers les siècles, une de ses branches, l'astronomie cométaire rétrograde.

Les comètes sont vues, regardées et observées depuis plus de vingt siècles. Phénomène simple en lui-même, la comète devient avec les temps un être de plus en plus compliqué, de plus en plus mystérieux. Les notions accumulées s'entre-mêlent, chaque savant ou grand homme apporte son tribut pour augmenter la confusion et même chaque progrès de la science contribue à obscurcir la question, à agrandir les difficultés, à multiplier les obstacles.

Il est inévitable qu'à la fin la science avoue son insuffisance.

Les comètes, de tout temps, devaient être regardées comme représentant une classe distincte, une espèce par-

ticulière d'objets célestes, non assimilables aux corps célestes observés ou connus.

En ce qui regarde leur nature ou leur substance, les opinions des anciens étaient en général pour la lumière, c'est-à-dire qu'ils étaient naturellement conduits à penser qu'elles ne peuvent être que des phénomènes lumineux ; à vrai dire les conditions de leur visibilité permettent difficilement une autre manière de voir.

Les siècles subséquents se contentent d'enregistrer les positions observées des comètes et ne nous donnent aucun éclaircissement sur les opinions particulières qu'ils pouvaient avoir à propos de leur constitution physique.

Avec le ^{xviii}^e siècle commencent les investigations, les recherches, les observations scientifiques et à leur suite l'application de l'astronomie planétaire aux comètes, et dès ce moment elles sont perdues ; elles cessent d'être des comètes et elles ne peuvent pas devenir des planètes.

Si les comètes étaient arrivées dans leur état primitif jusqu'à notre époque, nous aussi nous aurions pu, à l'instar des anciens, dire tout simplement et avancer qu'elles sont des phénomènes optiques, sauf à nous à rechercher ensuite les causes probables de leurs effets.

Mais les comètes d'aujourd'hui se trouvent enlacées par les opinions, par les idées des plus grands génies, par des hypothèses dont le nombre est légion, par des théorèmes scientifiques et surtout par des calculs de précision. Pour arriver jusqu'à elles, il fallait démolir toute une tour de Babel.

L'ensemble des connaissances professées aujourd'hui

sur les comètes et des opinions diverses émises sur ce phénomène n'est qu'un conglomérat des contradictions, si bien qu'il n'est nullement nécessaire de démolir quoi que ce soit, et que les mêmes forces qui ont contribué à élever l'échafaudage peuvent servir à le détruire.

L'histoire des comètes nous apprend que, quelle que soit la contradiction apparente dans laquelle tombe un génie supérieur, il y a au fond de ses pensées toujours quelque chose de grand et de sublime qui nous aide puissamment dans nos recherches.

Les comètes, par la singularité de leur aspect et plus encore par leur apparition subite et le mode de leur disparition, ont fait plus de peur à l'homme, l'ont plus effrayé, ont répandu chez lui plus de terreur qu'aucun autre phénomène céleste, les éclipses du soleil non exceptées.

La superstition toujours en compagnie de la terreur n'a rien de surprenant, mais, ce qui est curieux, c'est que les comètes aient pu exercer, qu'elles continuent même d'exercer une influence particulière sur les hommes les plus éclairés et qu'elles aient confondu les esprits les plus cultivés au point de bouleverser les vérités et les lois les plus solidement établies, le plus laborieusement acquises.

Pour comprendre ce phénomène moral, il faut en demander la cause à l'histoire des comètes et elle nous dira que c'est :

LA CONSÉQUENCE D'UNE HYPOTHÈSE.

* * *

C'est Tycho qui a décidé du sort des comètes, en annonçant qu'elles sont de véritables corps célestes qui tournent autour du soleil comme les planètes, *mais* qui décrivent des orbites différentes, des ellipses extrêmement allongées ; il fut plus tard ajouté qu'elles font aussi partie du système solaire et obéissent aux mêmes lois qui régissent les autres corps célestes.

Cet énoncé de Tycho a été accepté par tout le monde comme une vérité au-dessus de tout examen, vérité qui n'admet pas même le doute.

L'hypothèse de Tycho ne repose ni sur des études préalables, ni sur des observations, ni sur des calculs. Elle était d'autant plus hardie qu'en ce temps-là on ne savait pas calculer les orbites et qu'on ignorait encore qu'il y eût des comètes périodiques. Tycho connaissait seulement les distances apparentes de quelques comètes, mesurées par lui-même et les éléments des comètes apparues avant lui, enregistrées dans le catalogue.

L'hypothèse de Tycho est la première infraction aux lois à peine établies par son disciple, lois qui assignent aux corps célestes du système, aux planètes et à leurs satellites des orbites presque circulaires.

Le bon Kepler a laissé passer les comètes dans des ellipses très-allongées, peut-être un peu par complaisance pour son maître, et peut-être aussi dans la pensée qu'il reste encore de l'espace entre deux planètes pour une ellipse un peu allongée ; mais il ne pouvait jamais entrer dans sa pensée qu'un corps céleste du système solaire fût capable de traverser ou dépasser l'orbite d'un autre

corps céleste appartenant à ce même système ou à un système quelconque. Et cet homme plein de génie et d'imagination aurait protesté s'il avait pu soupçonner que la comète de Halley se permit non-seulement de traverser et de dépasser les orbites de toutes les planètes à lui connues, les orbites de celles qui furent découvertes plus tard, mais encore de s'élancer et de sortir du système solaire.

Le grand Newton avait autre chose à faire que de s'occuper des comètes, mais en corroborant par ses lois admirables les lois de Kepler, il a consolidé l'hypothèse de Tycho en énonçant que les comètes obéissent aux lois qui régissent le système solaire.

C'est ainsi que les comètes se trouvent rangées parmi les esclaves, forcées de se soumettre aux lois rigoureuses, et condamnées à l'obéissance. Nous verrons comment elles s'exécutent.

Le troisième législateur astronomique, le grand Laplace, a lui-même fortifié par son autorité les lois de ses deux prédécesseurs et l'hypothèse de Tycho; lui aussi a déclaré que les comètes sont assujetties aux lois qui régissent l'univers et par conséquent le système solaire.

Il est donc naturel que tout le monde ait été et demeure convaincu que les comètes décrivent autour du soleil des ellipses extrêmement allongées et que chaque astronome se croie obligé de calculer l'orbite d'une comète aussitôt qu'elle se montre.

Quand la théorie de la perturbation fut établie, on devait soumettre les comètes à cette sorte de calculs, d'au-

tant plus qu'on avait déclaré qu'à cause de la légèreté de leur substance, elles devraient être plus perturbées que ne le sont les masses plus denses.

* * *

La démonstration, on pourrait dire le seul soutien de l'hypothèse de Tycho réside donc aujourd'hui dans les calculs, nous aurons à voir si les calculs ont assez de puissance pour sauver toute ou partie de l'hypothèse.

Si on considère l'ensemble des notions sur les comètes, professées de nos jours, on ne tarde pas à voir qu'il n'a pas d'autre résultat, que de détruire la théorie adoptée et que l'astronomie cométaire a déjà pleinement réussi à la renverser; pour s'en convaincre il suffit de relire attentivement une série quelconque des enseignements répandus dans les livres. Nous en citerons quelques-uns.

On dit que les comètes parcourent le ciel dans toutes les directions et qu'elles nous viennent des régions les plus reculées de l'espace. On veut ainsi dire sans aucun doute que les comètes n'obéissent pas aux lois établies et qu'il n'existe ni ordre ni stabilité dans l'univers; sans cela les comètes devraient certainement rester chez elles.

Selon le grand Kepler, il y a autant de comètes dans les cieux qu'il y a de poissons dans les mers, et selon tout le monde, il nous vient toujours de nouvelles comètes que personne sur la terre n'a jamais aperçues.

Qu'il nous vienne toujours de nouvelles comètes s'explique par ce théorème qui dit : « Les comètes pendant

leur marche sont perturbées et déviées de leur route par la moindre résistance, d'où il suit que la comète change son orbite et qu'elle-même elle se métamorphose de manière à devenir absolument méconnaissable; par cette même cause il est démontré qu'une comète peut se perdre totalement. »

Il était en effet nécessaire de nous faire comprendre, pourquoi nous ne voyons pas une quantité immense de ces *astres*, dont le nombre s'accroît toujours, et de nous expliquer comment les comètes s'en vont et comment elles se perdent.

Les lois de Kepler, de Newton et de Laplace ne peuvent donc empêcher les catastrophes cométaires. Elles — les comètes — doivent tomber tôt ou tard dans n'importe quoi, elles doivent disséminer leur substance et la perdre dans l'espace.

Les comètes s'approchent du soleil autant que possible, quelquefois plus que possible, et s'en vont ensuite se cacher dans des constellations parmi les étoiles le plus éloignées, sans aucun respect pour les lois d'attraction.

D'un côté, elles se sauvent du péril d'une attraction démesurée; d'un autre côté, elles doivent se perdre par cette même attraction. D'une part, elles sont des corps célestes éphémères, périssables; d'autre part, elles reviennent nous voir en pleine santé et plus fortifiées que jamais.

Personne n'a encore vu une comète parcourir une partie considérable, disons un tiers, un quart de son orbite; personne ne peut avoir la moindre idée sur l'orbite d'un corps céleste venant de dehors dans notre système

solaire, et marchant avec rapidité. Mais qui pourrait douter qu'elle ne soit une ellipse extrêmement allongée, ou ce qui, pour les calculs, revient au même, une parabole?

Personne n'a encore vu une comète entrer dans le système solaire ou en sortir; mais est-il possible de s'imaginer autre chose, sinon qu'elles doivent inévitablement entrer et sortir? D'ailleurs la chose n'est-elle pas prouvée jusqu'à l'évidence, et par leurs apparitions subites, et par les calculs?

Les comètes se trouvent dans un état de métamorphose incessant, tout ce qui les compose ou constitue se modifie continuellement, et même l'intensité de leur lumière doit changer.

L'illustre Arago dit qu'il n'y a pas d'astronome qui ne reconnaisse que la cause véritable de la disparition des comètes ne soit dans le changement de l'intensité de leur lumière, attendu qu'il est établi que les comètes s'éteignent aussitôt qu'elles s'approchent de l'orbite de Jupiter, c'est-à-dire, dès qu'elles se trouvent à cette distance du soleil. Mais comment eût-il fallu démontrer l'extinction de la lumière? Par la destruction totale de la comète.

Si nous demandons laquelle de deux suppositions est la plus facile à comprendre, ou que la lumière s'éteigne à la distance de Jupiter, ou que la comète n'aille pas jusqu'à l'orbite de cette planète, on nous répondra que la comète marche dans son ellipse très allongée, que c'est Tycho qui l'a décidé et que les calculs le prouvent, qu'il faut donc que ce soit la lumière qui s'éteigne.

Ainsi il est accepté, adopté que les comètes deviennent invisibles, non pas à cause de leur distance ou de leur éloignement, mais à cause de l'extinction de leur lumière. Nous pouvons demander à notre tour : Comment et où les comètes allument-elles donc leur lumière en revenant ou, en général, en apparaissant subitement ?

Les comètes se trouvent pendant leur visibilité, qui n'est pas de longue durée, dans une position déterminée non-seulement relativement au soleil, mais encore relativement à la terre, l'espace pour leur mouvement pendant ce temps est limité.

Il est donc parfaitement égal de dire ou que les comètes se meuvent dans des limites étroites, assignées par les conditions de leur visibilité, ou qu'elles marchent à l'infini et reviennent de l'infini, parce que nous ne savons ni l'un ni l'autre.

Mais leur apparition, la durée de leur visibilité et leur disparition dans un espace restreint sont des faits qui ne se discutent pas. Si donc nous ne laissons pas sortir les comètes de la sphère de leur visibilité, nous sommes forcés de chercher la cause du phénomène si extraordinaire des apparitions et disparitions, question capitale qui n'a jamais été examinée par aucun grand astronome ; si au contraire les comètes, d'après l'hypothèse, décrivent, bon gré mal gré et contre tout raisonnement des ellipses très allongées ou des paraboles, nous n'avons aucun examen à faire.

* * *

La position occupée par les comètes pendant leur visibilité est appelée leur périhélie. Il pourrait s'établir que c'est leur aphélie, alors ce serait l'hypothèse et non plus la comète qui devrait bientôt sortir du système solaire.

Si les distances sont apparentes, les dimensions et les grandeurs ne peuvent pas être réelles.

Il est généralement admis que les comètes atteignent leur plus grand éclat, leur plus grand développement, en un mot, toute sorte de maxima et de perfection, pendant qu'elles se trouvent dans leur périhélie, c'est-à-dire dans leur moindre distance du soleil.

Dans cette proximité du soleil, on dit qu'elles doivent se dilater, et s'évaporer à cause de la grande chaleur, ce qui n'empêche pas de prétendre que, plus elles s'éloignent du soleil, plus elles s'agrandissent, au point d'arriver rapidement à des dimensions exorbitantes.

C'est Hevelius qui a découvert le premier que les comètes s'agrandissent à raison de leur distance du soleil. Mais il est constaté par d'autres découvertes qu'il y a des comètes qui font précisément le contraire.

Si Hevelius avait pu voir la comète de 1843, quel triomphe pour sa théorie!

En effet, il serait bien difficile d'être mieux en périhélie que n'était cette comète le 28 février, « de surface à surface il n'y avait plus que 13 mille lieues entre elle et le soleil : dans un seul jour cette distance est devenue dix fois plus grande. »

Eh bien, près du soleil la comète était toute petite, sa mince queue était à peine perceptible, mais après vingt

ou vingt-cinq jours de marche, arrivée à une distance au moins trois cent fois plus grande, sa queue avait pris un développement de 60 millions de lieues.

Le triomphe de Hevelius est une défaite pour ceux qui soutiennent que les comètes atteignent le maximum de leur splendeur et grandeur dans leur périhélie.

Nous lisons qu'il est « certain aujourd'hui qu'il existe des comètes de *nature* entièrement diverse et qu'on ne peut pas comparer les unes avec les autres. »

En effet, on n'a pas encore rencontré deux comètes tout à fait semblables; il faut donc autant d'études, de théorèmes et de systèmes spéciaux qu'il y a de comètes de nature différente.

En admettant la diversité des comètes, quant à leur nature, on aggrave la position de l'astronomie cométaire, on multiplie les obstacles; sa tâche principale devrait consister, au contraire, à ramener les comètes non-seulement à la même nature, mais encore à la même classe et au même phénomène. Leur diversité devrait se réduire aux différences de leurs aspects et de leurs grandeurs apparentes.

Les mesures données par les observations indiquent des grandeurs prodigieuses; il y a des nébulosités qui surpassent en diamètre trois fois le soleil; il y a des queues de plus de 60 millions de lieues et qui occupent 104 degrés du ciel étoilé, en partant de l'horizon elles atteignent le zénith, etc., etc.

Mais, pour atteindre le zénith, il suffit d'être une arbre, un peuplier par exemple, d'une modeste hauteur, il faut

seulement être regardé d'un peu de près ; si l'on pouvait étendre le peuplier horizontalement au-dessus de sa tête, il couvrirait une quantité de constellations.

Supposons que le soleil ait une pareille queue de 60 millions de lieues et que, près de se coucher, il la dirige vers Mars en opposition : cette planète sera presque touchée par le bout de la queue qui, de l'horizon à l'horizon, occupera 180 degrés du ciel et décrira un grand demi-cercle lumineux sur le firmament, absolument comme le fait la voie lactée.

* * *
* *

Les phénomènes en connexion avec la position des comètes, avec leur visibilité, leurs changements d'aspect, de grandeur, etc., etc., ont été tacitement, sans discussion, acceptés comme des attributs, comme des propriétés inhérentes aux comètes. Les observations subséquentes ont de plus en plus démontré qu'il n'est pas possible d'assimiler les comètes aux planètes, et qu'elles représentent un phénomène à part, tout à fait spécial.

On peut donc demander pourquoi l'astronomie cométaire ne veut pas se séparer de l'astronomie planétaire : parce que les comètes périodiques ont encore prêté leur appui à l'hypothèse.

Mais s'il y a une seule comète réellement périodique, toutes les comètes doivent être de même périodiques ; et s'il y a des comètes qui décidément ne soient pas périodiques, elles ne seront plus des comètes du tout, elles feront une autre classe de corps célestes qui nécessitera

sinon une autre astronomie, du moins une autre hypothèse.

La réapparition périodique d'un phénomène céleste ne constitue pas *l'orbite* du phénomène, et il pourrait arriver que les orbites calculées des comètes périodiques seraient tout simplement des orbites hypothétiques.

Si, par exemple, la planète Mercure n'était visible à nous que pendant ses passages sur le disque solaire, quelle serait son orbite ? Si l'une des petites planètes que M. Leverrier cherche entre le soleil et Mercure se montrait sur le disque solaire périodiquement, est-ce que ce grand astronome prendrait la période pour l'orbite ?

Les comètes périodiques comme telles et en général les calculs des orbites n'ont jusqu'aujourd'hui contribué absolument en rien à la connaissance de la *nature* cométaire, ou à l'éclaircissement des questions pendantes ; au contraire les calculs, comme le reste des notions tend à contrarier, à empêcher, à écarter même toute solution possible.

Les comètes périodiques contiennent pourtant des enseignements précieux, dont nous devons chercher à découvrir la signification.

Le sentiment que les orbites cométaires ne suffisent pas à la solution est devenu général, et l'on a commencé les investigations sur la constitution physique des comètes. Les travaux sont restés infructueux jusqu'à nos jours, on n'est pas encore arrivé à un seul résultat satisfaisant. La cause en est simplement qu'on a commencé par la fin ; la conclusion a devancé la proposition. Il est à regretter que

tant de nobles intelligences s'usent dans la recherche de l'impossible.

Pour nous, l'énoncé de Tycho « les comètes appartiennent au système solaire » a un grand sens et une haute signification. Il faut seulement qu'à cet énoncé nous ajoutions deux mots, pour que le lecteur puisse clairement voir la marche de notre pensée, c'est que :

« Les comètes sont les *représentants fidèles* de véritables corps célestes qui appartiennent au système solaire, et qu'elles sont par conséquent assujetties aux mêmes lois qui régissent tous les membres de la famille. »

Si nous disons « corps célestes de notre système selon les lois », il s'ensuit rigoureusement, sans la moindre concession, que ces corps doivent subir les conséquences de ces lois, notamment qu'ils doivent marcher absolument comme marche l'ensemble du système ; qu'ils doivent décrire des orbites semblables aux orbites des autres planètes ou des satellites ; si nous ajoutons un *mais*, toute la thèse croulerait aussitôt.

Tycho, en prononçant sur les comètes le « *mais* elles doivent décrire des ellipses extrêmement allongées », a complètement détruit la partie capitale de sa thèse, sa thèse tout entière.

* * *

Les recherches sur la constitution physique des comètes commencent avec Cardan. Ce génie remarquable se prononce pour la lumière ; selon lui, les queues cométaires sont la lumière du soleil.

Son idée est tout d'abord adoptée avec enthousiasme par tous les savants les plus illustres, et ensuite abandonnée.

Pour expliquer ce revirement d'opinion, on est conduit à supposer que l'un de ces grands hommes a pleinement démontré que les comètes ou leurs queues ne peuvent pas être de la lumière, mais qu'elles doivent nécessairement être composées d'une matière telle ou telle. Rien de pareil ne se trouve; l'idée est abandonnée parce qu'elle n'explique pas pourquoi les queues se montrent quelquefois courbées.

Kepler dit seulement que la queue est de la même matière que le reste de l'astre, qu'elle se forme du noyau et qu'elle est contrainte par les rayons solaires à prendre sa figure et sa position.

L'énoncé de Kepler se répand à son tour, et il est aussi généralement adopté, malgré les opinions contraires qui se manifestent plus tard; il est fortifié par l'assentiment de Newton, et il a servi de base à toutes les recherches jusqu'à nos jours.

Maintenant, si l'idée de la répulsion des rayons solaires n'est pas admise par l'un ou l'autre des savants, ce n'est pas parce qu'une pareille action des rayons sur une matière quelconque est impossible, mais uniquement parce que ce mode de formation n'explique pas la multiplicité des queues observée sur quelques-unes des comètes.

Le lecteur voit que la partie essentielle, c'est la queue, que tout ce qui n'est pas queue ne compte absolument pour rien.

Les queues sont appelées aussi des appendices, des traînées lumineuses; par conséquent, elles sont indépendantes, et peuvent à ce titre être examinées séparément. S'il n'y avait pas de queues multiples, de queues courbées, la nature des comètes, leur constitution physique, que dis-je? la comète entière seraient déjà connues depuis longtemps.

La conséquence de l'idée de Kepler serait, dit l'illustre Arago, que le corps de l'astre, le noyau, devrait toujours traîner la queue après lui, ce qui n'est pas ainsi, parce que les observations nous disent que, « dans la seconde portion de son orbite, la comète paraît pousser la queue devant elle ».

En effet, si la queue veut toujours rester à l'opposé du soleil, il faut que le moteur de la queue se mette par derrière dans certaines occasions; ainsi la tête, le noyau, le corps de l'astre ou enfin la comète elle-même de Halley, par exemple, doit pousser la queue cométaire en avant pendant trente-huit ans; arrivée au terme de sa course, après avoir dépassé Neptune, le moteur, le noyau, le corps de l'astre, la comète enfin, doit se trouver un peu embarrassée; dans la courbe de son orbite excessivement allongée, elle doit à la fois pousser et traîner la queue, et en même temps se tourner elle-même sans se tourner.

Ajoutons que les observations nous enseignent que souvent les noyaux se séparent entièrement des queues; il paraît que les expressions *traîner* et *pousser*, si heureusement choisies, ne trouvent pas une application générale.

Le grand Newton a calculé l'orbite de la comète de 1680, distante du soleil de trente mille lieues : l'orbite est une parabole. Newton savait bien qu'il n'y a pas de retour d'une parabole, et il dit pourtant que la comète doit revenir pour tomber dans le Soleil, après avoir fait quelques révolutions. Le fondateur des lois d'attraction devait être bien convaincu qu'une matière légère, diffuse, une vapeur extrêmement rare, selon lui, ne pourrait pas résister à la puissance du soleil. Pourquoi donc a-t-il permis, lui, Newton, que la comète s'en soit allée ? Il aurait pu lui épargner des voyages pénibles et une longue agonie en la faisant tomber tout de suite.

Quand Newton s'est emparé de la lumière avec toute la force de son génie, la lumière l'a emporté. Il ne connaissait plus rien que la lumière, l'univers entier n'était que lumière. Les comètes devaient aller partout refaire la lumière là où elle venait de s'éteindre ; elles devaient porter la chaleur partout où elle manquait.

C'est qu'en définitive, d'après ses idées, les comètes ne peuvent être que lumière et chaleur.

* * *

Après Newton, c'est Euler, un autre puissant génie, qui s'adonne à l'étude de la lumière ; lui aussi se prononce pour elle, et il dit expressément que les comètes, la lumière zodiacale et l'aurore boréale sont de la même nature ; que si l'on parvient à connaître l'une, on doit connaître les autres. Ce grand homme avait compris la

corrélation des phénomènes, il connaissait la signification et la sublimité de la lumière.

Nous trouvons le grand Laplace au milieu de ses travaux immenses; il lui reste peu de temps pour les comètes; les opinions sont d'ailleurs déjà formées, arrêtées, les idées enracinées, l'hypothèse en vigueur.

Laplace s'est prononcé pour la matière; il a conclu contre lui-même.

Pourquoi a-t-il dit que les queues des comètes doivent s'éparpiller? Parce que l'attraction du noyau ne suffit pas pour les maintenir.

Mais est-ce que le soleil lui-même pourrait maintenir une queue cométaire d'une longueur quelconque?

Les nébuleuses, la condensation de la matière contenue dans l'espace étaient le point de départ des idées de Laplace; il était convaincu que la matière éparse ne peut pas subsister. Selon lui, s'il y a attraction, s'il y a un noyau, un centre d'attraction dans ce noyau, la matière doit se grouper alentour, absolument comme, par exemple, l'atmosphère s'est groupée autour de la terre.

Si donc les queues cométaires ne se condensent pas, si elles ne se groupent pas autour du noyau, elles doivent nécessairement s'éparpiller.

Et pourquoi Laplace n'a-t-il pas nettement, catégoriquement, énoncé qu'une queue cométaire matérielle ne peut pas exister, ne peut pas sous cette forme subsister dans l'espace? L'autorité de Laplace était et est assez grande pour frayer un chemin pour sortir du labyrinthe. Craignait-il le raisonnement de l'hypothèse, ce raisonnement si connu?

Les queues des comètes existent, donc elles doivent être de la matière.

A notre tour nous devons remarquer qu'il n'y a pas d'attraction du tout entre les parties d'une comète. 1° Le noyau est, selon l'opinion de tous les savants, de la même substance que toute la comète, il s'évapore pour produire la queue et se condense ensuite, en pensant à sa propre conservation. Il est même possible que le noyau oublie quelquefois de se refaire, parce qu'on a observé beaucoup de comètes sans noyau apparent. 2° Les queues ne s'exposent pas imprudemment à être disséminées; en voyant le danger s'approcher, elles se rétrécissent en peu de jours pour disparaître entièrement; elles se transforment en nébulosité et entourent ainsi le noyau qui les prend sous sa protection; on dit même qu'elles se groupent en sphères. Les queues sont ainsi sauvées pour le moment; mais le danger passé, le beau temps revenu, elles repaissent pour prendre l'air, à peu près comme font les escargots.

* * *

Si les comètes étaient effectivement de véritables corps célestes, décrivant autour du soleil des orbites même très excentriques, tout serait dit et l'on n'en parlerait plus. Mais les opinions, les observations de vingt siècles, les recherches scientifiques des modernes, amènent à ce résultat, que les comètes ne sont pas des corps célestes selon les lois qui régissent le système solaire, et qu'il n'y a pas moyen de vérifier leurs orbites théoriques, orbites supposées.

On peut donc conclure qu'en définitive les comètes ne veulent pas être traitées à la manière des planètes, manière apparemment trop simple pour elles.

En effet, tout est exceptionnel, extraordinaire, dans ce phénomène charmant, incomparable aux autres phénomènes célestes. Les circonstances surprenantes de sa visibilité, ses positions particulières relativement au soleil et à la terre pendant sa visibilité, ses changements continuels étonnants, dont la finesse extrême est devenue perceptible au moyen du perfectionnement des instruments, tout enfin se réunit pour prouver, que non-seulement il faut plus de soin, plus d'attention qu'on n'en a mis jusqu'aujourd'hui, mais encore qu'il est devenu inévitable d'abandonner la méthode adoptée jusqu'à présent et de suivre un autre ordre d'idées.

Laplace a bien dit que la lune ne peut pas avoir d'atmosphère, parce que l'attraction de la terre est plus forte que celle de son satellite.

Supposons qu'à l'origine, la matière atmosphérique ait été également répandue dans l'espace circonscrit par l'étendue du système solaire. Il est concevable que le soleil le premier et après lui les grosses planètes selon leurs masses aient pris leur part de lion dans cette atmosphère, ne laissant rien aux corps plus petits.

Ce qui s'est passé eu égard à l'atmosphère, doit arriver à toute matière, légère ou non, mais éparse et diffuse dans l'espace.

Cette considération nous mène à la question du vide, et l'on peut demander : qu'est-ce que c'est que le vide?

C'est l'expression la plus parfaite et à la fois la plus sublime de la liberté absolue.

Le vide, c'est la garantie fondamentale de la stabilité de l'univers; c'est la condition unique de l'action libre, de l'action plénaire et totale des grandes forces et, par conséquent, de la régularité du mouvement des corps célestes.

Mais le vide ainsi conçu ne peut admettre aucune substance matérielle éparse, quelle que soit sa légèreté; il n'y a donc dans l'espace vide ni nébuleuses, ni brouillards, ni vapeurs, ni gaz, ni matières cosmiques, ni substances inconnues, ni corpuscules, ni molécules telles ou telles, ni milieux ambiants, ni enfin absolument rien de saisissable; d'où il suit que l'idée des substances matérielles cométaires doit nécessairement tomber d'elle-même.

* * *

Les recherches sur la lumière des comètes, faites surtout par des savants modernes, ont considérablement facilité la détermination de la constitution physique des comètes.

La lumière, force éblouissante, immense par ses effets, et dont la nature est incompréhensible pour l'homme, n'a que deux qualités appréciables, perceptibles à nos yeux, son intensité dans des gradations à l'infini et la diversité dans ses couleurs.

La lumière des comètes, principalement celle de leurs queues, comparée avec la lumière des autres phénomènes célestes, nous apprend seulement que toute lumière en

dedans des limites du système solaire, ne peut être que la lumière du soleil, c'est-à-dire qu'il n'existe pas hors du soleil dans le système un seul corps céleste, un seul phénomène lumineux ayant une lumière propre.

La différence des intensités et des couleurs observée, dépend donc de causes qui doivent être l'objet de recherches. Il n'est pas douteux que, pour notre vision, la distance de l'objet lumineux n'influe sur son intensité, et pourtant cette loi ne nous autorise pas à elle seule à tirer une conclusion.

Nous trouvons, par exemple, que la lumière de la voie lactée ressemble plus à la lumière des comètes qu'aucune autre lumière observée. Devons-nous en conclure que la distance de ces deux lumières est la même ? Non, car une lumière plus faible, pour être aussi clairement visible qu'une plus forte, doit se trouver plus rapprochée.

L'examen de la lumière cométaire doit terminer les investigations sur la constitution physique et sur la matérialité, et l'on peut nettement énoncer que l'ensemble des observations a complètement résolu la question capitale sur la nature des comètes.

Supposons que la planète Vénus ait une queue pareille à celle d'une des comètes, opposée au soleil, unique ou multiple, droite ou courbée, n'importe, mais parfaitement diaphane; qu'à travers cette queue on ait vu les plus petites étoiles rehaussées dans leur éclat : qu'est-ce qu'on aurait pensé de cette traînée lumineuse ?

Pendant un certain temps, les opinions diverses se seraient contre-balancées, entrecroisées; on aurait pensé

à tout, depuis l'atmosphère jusqu'aux substances inconnues. Mais si par des recherches profondes, parfaitement scientifiques, par exemple, Herschell avait démontré que la queue n'a aucune masse, c'est-à-dire aucun poids ; si Bessel avait prouvé que la queue ne réfracte pas la lumière ; si enfin l'illustre Arago avait mis en évidence que la lumière de la queue n'est pas la lumière de Vénus, mais la lumière du soleil ; quelle est l'opinion qui se serait formée sur la constitution physique de cette queue ? Croit-on qu'il se serait trouvé beaucoup de gens assez intrépides, pour soutenir la matérialité du phénomène ?

En mettant à la place de Vénus le noyau d'une comète, qu'est-ce qu'il y a de changé ? Au lieu d'un corps pesant et opaque, nous avons un objet sans poids et diaphane, c'est-à-dire la substance même de la queue. Toute la différence consiste donc dans l'intensité et dans la figure.

Qu'est-ce que c'est donc qu'une comète ?

Ne pourrait-on pas dire que l'histoire des comètes nous apprend, entre autres choses, qu'il faut à l'homme vingt, quarante ou soixante siècles pour apercevoir la différence qui existe dans l'espace entre la lumière et la matière ?

* * *

L'idée d'Euler sur l'analogie des comètes avec la lumière zodiacale et avec l'aurore boréale est, sans contredit, la plus importante entre toutes celles qu'on ren-

contre dans l'histoire des comètes. Cet homme de génie a essayé de donner une solution générale des trois phénomènes.

La pensée, quand elle se meut dans de grandes idées, tend toujours à généraliser ; mais les solutions spéciales, l'explication des phénomènes la forcent à descendre aux détails quelquefois les plus minutieux. Alors elle commence à apercevoir la corrélation des forces, et à sentir leur action presque toujours combinée, action dont la recherche présente des difficultés inattendues et telles que, pour les surmonter, les connaissances acquises ne suffisent plus.

Le phénomène le plus simple en apparence résulte de la coopération des forces différentes modifiées à l'infini ; en remontant des effets aux causes, nous devons reconnaître qu'il est impossible de considérer isolément un effet ou une cause quelconque.

Quoi de plus simple que la loi de l'attraction ?

« Les corps s'attirent par leur centre selon leurs masses, et en proportion du carré des distances. »

Quelle facilité, quelle sûreté pour les calculs de perturbation, par exemple !

Seulement il faut que vous connaissiez parfaitement les masses, les distances, les vitesses ; que vous soyez certain qu'il n'existe pas le moindre obstacle à l'action libre de l'attraction qu'il n'y a pas d'autres forces ni d'autres corps inconnus capables d'exercer une action inattendue, etc., etc., etc., après quoi vous pouvez tranquillement vous asseoir et calculer.

Si quelqu'un, par exemple, dit que le soleil est plus rapproché de la terre que nous ne pensons, il faut qu'il commence par prouver que l'orbite terrestre s'est raccourcie, que nos années sont devenues moins longues; mais ce n'est pas tout; le diamètre du soleil a dû s'accroître comme s'est accrue son attraction; l'orbite de la lune est changée, les éclipses seront différentes, peut-être qu'il n'y aura plus d'éclipses totales; les marées ne seront plus les mêmes, sans parler des modifications dans les climats et dans l'organisme; l'attraction de Vénus et de Mercure se fera sentir davantage; Mars et les autres planètes extérieures seront plus éloignées, etc., etc., etc., en un mot c'est l'astronomie tout entière à refaire.

Les trois phénomènes mis en parallèle par Euler n'ont plus rien de commun de nos jours que le mystère profond dont ils sont enveloppés. Cette trinité a engendré plus d'opinions et d'hypothèses de toute forme et de toute couleur que n'en pourrait contenir le Palais de l'industrie si on s'avisait d'en faire l'exposition.

Tous les trois apparaissent comme s'ils étaient de la lumière, mais la couleur de chacun est différente et variable, ils ont aussi leur configuration propre et ils sont de grandeur différente.

Tous les trois sont opposés au soleil, et on observe en eux certains mouvements intérieurs, indépendants de leur mouvement de translation.

En général, tout ce qui se trouve en dehors du soleil lui est opposé; ainsi tout l'univers est opposé au soleil. Mais quand il s'agit de l'opposition d'un phénomène, il

est sous-entendu qu'elle a lieu relativement à la terre, place inévitable de nos observations.

Les comètes manifestent une grande itesse de translation ; on devait dire que cette translation est leur mouvement propre, et elles devaient être classées, parmi les corps célestes marchant autour du soleil.

La lumière zodiacale, en harmonie avec sa dénomination se trouve dans l'équateur solaire ; son mouvement de translation s'effectue dans le sens général du système ; sa connexité avec le soleil est incontestable, elle doit par conséquent, non-seulement appartenir au soleil, mais encore être engendrée par lui.

Tout ce que nous venons de dire de la lumière zodiacale est mot pour mot la vérité pure. Il s'agit seulement de ramener l'idée à sa source, de remonter des effets aux causes.

Citons Arago :

« Euler a donné une théorie qui comprend à la fois
» l'explication des queues des comètes, des aurores
» boréales et de la lumière zodiacale. Suivant lui, l'atmosphère solaire a pris une extension prodigieuse dans ses
» parties correspondantes aux régions équatoriales de cet
» astre. Cette extension doit avoir été le résultat d'une
» impulsion des rayons solaires sur les molécules subtiles
» qui étaient contenues dans l'atmosphère primitive, impulsion dont l'effet diminuerait la pesanteur naturelle
» de ces molécules vers le soleil.

» Laplace a supposé que la matière zodiacale se compose des parties les plus subtiles de la nébulosité primi-

» tive qui, par ses condensations, d'après les idées cosmo-
» goniques du grand géomètre, a donné naissance au
» soleil et aux diverses planètes dont se compose notre
» système. Ces molécules ne s'étant pas unies à l'atmos-
» phère solaire, continuent, dit l'auteur de la *Mécanique*
» *céleste*, à circuler aux distances où elles étaient primor-
» dialement, avec des vitesses inconnues, non déductibles
» de la vitesse de l'atmosphère proprement dite. Ainsi,
» suivant Laplace, la lumière zodiacale serait formée des
» molécules indépendantes les unes des autres et circulant
» autour du soleil avec des vitesses appropriées à leur dis-
» tance de l'astre central et de sa force attractive. »

Arago n'est pas d'accord avec ces théories.

L'aurore boréale enfin se trouve localisée sur la terre; c'est le phénomène le plus grandiose des trois. L'aurore aussi a son mouvement de translation indéterminé jusqu'à nos jours; elle montre des variations dans l'intensité de sa lumière et dans ses couleurs, et surtout un mouvement perpétuel des parties qui la composent. Elle se trouve aux pôles terrestres : donc elle doit émaner de la terre même; donc elle doit être la lumière polaire, représenter la force polaire; donc enfin, elle ne peut être que la lumière électro-magnétique.

L'aurore boréale est quelquefois très étendue et d'une grande hauteur; on peut la voir dans certaines occasions même à Paris; à son propos on a fait en France une curieuse observation : la dernière fois qu'elle a été aperçue, toutes les petites cloches des stations et bureaux télégraphiques se sont mises à sonner, sur toute la ligne des

chemins de fer. On ne sait pas encore si c'est le plaisir ou la frayeur qui les a fait sonner, si c'est l'allégresse ou la terreur ! Gare les étoiles filantes ! Oh ! petites cloches, gare surtout les éclairs ; ces deux démons parcourent l'atmosphère jour et nuit incessamment, ils pourraient bien vous forcer à sonner quelquefois avant que vos pauvres yeux opaques ne vous aient averties.

* * *

Devant les comètes toutes les idées sont égales.

Si l'on dit simplement que les comètes ne sont que la lumière produite par les rayons solaires, réfléchie ou visible de telle ou telle manière, ainsi que le pensait l'antiquité, cette idée vaut juste autant qu'une autre quelconque, bizarre ou comique, juste ou fausse.

La comète, c'est la vapeur sortant de la cheminée d'une locomotive ; l'étincelle qui vient après c'est le noyau.

Les comètes, ce sont des aérostats naviguant dans l'espace ; la queue c'est le ballon, le noyau c'est la corbeille du voyageur.

La comète, c'est le nuage terrestre emporté par la répulsion de l'atmosphère solaire, dit l'homme déjà érudit.

Même en disant que les comètes sont de la lumière et en appuyant cette idée sur les recherches scientifiques, on n'a encore qu'une sorte d'hypothèse incapable à elle seule de nous donner l'explication des phénomènes. Cependant, en acceptant comme résultat inévitable de l'ensemble

des connaissances acquises cet énoncé, que les comètes sont des phénomènes lumineux, on peut supposer que les imaginations ardentes se calmeront un peu, et qu'on pourra marcher avec un point de départ, une impulsion et une direction. Arriverons-nous? C'est une autre question.

En entrant dans le domaine de la lumière, puissance sans bornes, la faiblesse humaine apparaît dans tout son jour.

On croit apercevoir d'abord que la lumière n'a rien à faire avec l'attraction, quoiqu'on sente que ces forces doivent nécessairement être dans une relation intime, et on est enclin à penser plutôt à la répulsion, parce qu'on croit connaître et la vitesse prodigieuse de la lumière et la source dont elle émane.

L'idée de la répulsion n'est pas nouvelle, dans tous les temps a on compris qu'une force pareille doit exister dans la nature; d'ailleurs d'autres forces qu'on est convenu d'appeler des forces polaires, la démontrent. L'application des forces répulsives dans les recherches scientifiques acquiert de jour en jour plus d'importance, quoiqu'il n'y ait pas encore une théorie définitive ni de lois établies. Pour faire ces lois, les études doivent se continuer, et il est plus que probable qu'elles amèneront pour résultat que l'attraction et la répulsion ne sont qu'une seule et même force, à l'instar de toutes les grandes forces qui se manifestent séparément et qui au fond se résument en une force unique.

C'est que nous aussi, comme tout le reste, nous mar-

chons malgré toute divergence, malgré toute division, malgré toute répulsion — vers l'unité.

* * *

Les idées des hommes ressemblent beaucoup aux comètes. Elles diffèrent essentiellement entre elles, elles sont changeantes, elles apparaissent subitement, restent pendant quelque temps et disparaissent par extinction; elles sont périodiques.

Une idée ébranlée, les idées se meuvent dans toutes les directions, quelquefois elles se laissent ramener à une seule, l'idée mère.

Les observations, les recherches, les investigations sont dirigées par nos idées, elles sont limitées par nos facultés, qui elles-mêmes sont très restreintes. Si les résultats obtenus par des recherches — en général fatigantes, — nous contentent, nous nous arrêtons et nous croyons que nous sommes tombés dans le vrai. Des recherches ultérieures sur le même objet mènent à d'autres résultats souvent diamétralement opposés, et nous croyons encore être tombés dans le vrai.

Les observations se trouvent en harmonie avec la théorie émise, basée sur des raisonnements dont la justesse se prouve par les calculs : que veut-on de plus? La même chose arrive à la théorie subséquente, et ainsi de suite.

L'histoire des sciences, comme leur état actuel, nous apprend qu'il y a eu à toutes les époques et qu'il y a en-

core aujourd'hui certaines opinions, certains théorèmes qui, même sans reposer sur des recherches et des preuves scientifiques ordinairement requises, sont adoptés, acceptés, et se maintiennent pendant des périodes considérables de temps, surtout quand ils émanent d'une célébrité : on ne songe pas à les soumettre à un examen attentif, quoique le progrès et le développement de la science dépendent d'un pareil examen.

Si ce phénomène fait honneur à la nature humaine à un certain point de vue, il constitue d'autre part un grand obstacle au progrès ; car, en admettant et en acceptant aveuglément ce qui est avancé ou énoncé par des intelligences reconnues comme supérieures, on abdique sa propre raison et en outre on condamne son esprit à la paresse.

Or, agir suivant sa raison, c'est l'expression complète de la dignité humaine et de l'égalité parfaite. Il ne s'ensuit pas — bien entendu — que tous les hommes doivent être des Newton par le seul fait qu'ils existent.

Une chose pourtant nous semble être certaine, c'est que tout être humain dans l'état normal de ses facultés peut discerner l'intensité de l'esprit.

Il y a et il y aura toujours une quantité de choses inconnues, de questions non résolues par la science ; mais, d'un autre côté il y a aussi une quantité considérable d'objets très bien connus et de questions très bien décidées qu'on peut accepter dans toute la tranquillité de son âme.

Est-ce que la géométrie peut s'opposer à la recherche de la quadrature du cercle ? est-ce que la mécanique peut

empêcher qu'on n'essaye de construire le mouvement perpétuel? Non, parce qu'en apparence le cercle se laisse transformer en un carré; non, parce que les grandes forces agissent incessamment.

La première impression, le phénomène isolé, la cause unique suffisent pour une certaine sorte d'intelligences, le reste ne les regarde pas.

La recherche de l'impossible se renouvelle donc; c'est la pérégrination de l'idée. Un illustre secrétaire de l'Académie, dont la mémoire nous restera toujours chère, a donné l'explication de ce phénomène; il l'a attribué aux modifications de l'atmosphère, mais principalement à certaines positions de la terre dans son orbite; le phénomène, selon lui, est tout à fait indépendant de la situation géographique.

Ah! si nous pouvions toujours discerner ce qui peut être résolu de ce qui ne peut pas l'être; savoir ce qui est déjà trouvé et ce qui ne l'est pas!

Mais quand nous sommes entichés de nos chères, de nos grandes idées que nous croyons fermement être les nôtres, quand nous les prenons pour notre lumière propre, ce qui arrive souvent, ce qui d'ailleurs est toujours innocent, nous n'avons plus ni le loisir ni le temps de demander : « de quoi s'agit-il? »

* * *

S'il y a quelque chose de frappant, de vraiment grand parmi les connaissances humaines, c'est assurément l'éton-

nante théorie de l'attraction universelle. Pour ne pas reconnaître, pour ne pas sentir l'immense force de l'attraction et ses effets prodigieux, il faudrait ne pas vivre du tout. Si l'attraction n'existait pas, on devrait l'inventer.

Eh bien, l'attraction doit être supprimée, abandonnée, démolie ; elle doit être remplacée par des forces imaginaires récemment inventées ; du moins c'est le but d'une certaine école spéciale, descendante directe d'Érosstrate.

Les phénomènes célestes, en ouvrant à l'homme l'espace infini, se font connaître à lui jusqu'à un certain point ; quant aux causes finales, la science ne les atteindra jamais.

Le système solaire, considéré comme une case spéciale séparée, une portion de l'univers détachée, donne déjà un problème insoluble, précisément parce que rien dans l'univers ne se laisse séparer ni détacher.

Par exemple, si l'on commence par rechercher quelle a été la première impulsion, quelle a été la source de la direction du mouvement, etc., etc, on tombe partout dans les comment et dans les pourquoi. Il y a des différences entre les distances des planètes ; leurs orbites ont des inclinaisons et des excentricités différentes ; le sens de mouvement unique pour les planètes a ses exceptions dans quelques satellites ; la vitesse de rotation de ces corps célestes n'est pas la même ; ils diffèrent essentiellement en volume, en masse, en substance, en intensité ; il y a enfin un foule d'éléments divers capables de fournir le matériel

pour la composition d'une pièce de cosmogonie, pièce d'occasion, de circonstance, qui ne se relatara qu'à un point imperceptible du grand tout.

La théorie de l'attraction n'est pas de la cosmogonie, et cela explique le mécontentement des grands penseurs.

Un chaud partisan de la répulsion est saisi de l'idée que ce n'est pas l'attraction, mais la répulsion qui régit l'univers et fait sa stabilité; il établit en conséquence sa théorie de la gravitation universelle, et il prouve que c'est la répulsion qui tient ensemble les innombrables corps célestes.

En appliquant sa théorie au système solaire il dit qu'il n'y a ni force centripète, ni force centrifuge, ni attraction, ni rien de semblable, mais qu'il y a une tendance générale, innée, inhérente à tous les corps célestes, à toute matière et par conséquent à toute planète à se rapprocher toujours; que d'après cette loi universelle les planètes s'efforcent incessamment de se réunir dans le soleil, et que c'est la répulsion de l'astre central qui les tient dans leurs distances respectives et qui détermine ainsi et leurs orbites et le temps de leur révolution.

Que manque-t-il à cette théorie parfaitement calculée? Rien. La théorie inverse de l'attraction explique tout, rend compte de tout, mais ce qu'elle explique le plus mieux, c'est que l'attraction prise inversement ne cesse pas d'être l'attraction.

La théorie de l'impulsion est un peu plus bizarre, mais non moins simple. Ici c'est l'éther, le *fra fa tutto* de l'école; l'éther parfaitement inerte qui pousse les corps célestes.

Pour que le lecteur puisse concevoir toute la sublimité de cette théorie, il faut qu'il s'imagine un vaisseau sans voiles et sans avirons au beau milieu d'un grand océan parfaitement tranquille, parfaitement en repos, composé d'une eau parfaitement inerte. Que le lecteur ne demande pas comment le navire pourra bouger ! Il court très vite dans un chemin circulaire connu de lui ; que fait l'eau ? L'eau est poussée en avant, puis déplacée, puis refoulée de deux côtés, les masses d'eau ainsi mises en mouvement se ressemblent tout alentour, puis se joignent à la masse restée par derrière et elles poussent à leur tour le navire, dont la marche perpétuelle est ainsi assurée. N'est-ce pas ingénieux ?

Les planètes sont donc poussées par l'éther inerte si elles marchent ; mais si elles ne marchent pas, l'éther ne dit mot et les laisse faire.

Le lecteur pourra s'expliquer maintenant un phénomène extraordinaire qui se montre quelquefois sur la terre. Une mouche effrontée vous tourmente et vous la chassez, elle part : vous croyez qu'elle vole avec ses ailes ? du tout ; le vide se forme dans l'espace qu'elle occupait auparavant et l'atmosphère qui entre dans ce vide avec impétuosité la pousse par derrière.

C'est cette théorie sublime qui doit « affranchir la » science de cette vague hypothèse d'attraction considérée » tacitement depuis Newton comme une qualité propre à » la matière (1) ».

(1) *Dictionnaire d'astronomie*, ATTRACTION.

Pour que cette théorie ressemble à la théorie des chemins de fer atmosphériques, il ne lui manque qu'une machine fixe. En effet on y a pensé; on a trouvé un pivot, un corps central de volume immense, dans un des coins de l'infini, « qui tourne sur lui-même avec une immense rapidité ». Le lecteur comprend bien que, sans cette immense rapidité, l'éther ne pousserait pas les corps en mouvement.

En voulant abolir l'attraction, on tombe dedans plus vite que jamais.

Cette théorie incomparable explique tout ce qui peut s'imaginer, et elle fournit sur tout des preuves irrécusables, des formules certaines, des « preuves mathématiques » (sic).

Attribuez donc du pouvoir aux nombres et aux calculs! La théorie de l'impulsion donne par conséquent la solution parfaite des comètes. Rien n'est plus simple.

Elle dit « que les comètes ne reconnaissent pas la troisième loi de Kepler, et que, plus elles s'approchent du soleil, plus elles sont attirées par lui, ce qui explique leur facile perturbation et le raccourcissement continu de leur orbite; *mais* qu'il y a une condition mathématique qui dérive du grand volume de ces astres et à la fois de leur origine lointaine. »

Pour mieux comprendre encore l'origine lointaine des comètes, nous attendons tranquillement la théorie de l'*expulsion*, qui ne peut plus tarder d'arriver.

N'est-ce pas ici l'occasion de demander si la science elle-même ne peut pas tomber dans la spéculation, et

nous montrer la répétition du spectacle pitoyable de la philosophie scolastique?

La floraison des hypothèses est le signe certain de la décadence des sciences, et si les hypothèses parviennent à mûrir dans le reste de notre siècle, celui-ci léguera en héritage à son successeur le plus prosaïque de tous les travaux d'Hercule.

Nous mettons notre espoir dans le bon sens, mais si le progrès ne vient que de l'inspiration, nous pouvons bientôt nous remettre à quatre pieds.

Ardua sed vitæ carior veritas.

* * *

Quel que soit le phénomène que nous regardions, de près ou de loin, nous ne pouvons pas empêcher que la lumière ne s'y mêle. Elle veut nécessairement être *primo loco*.

Si nous parlons de la nature de la lumière, nous ne pouvons pas entendre autre chose que les qualités ou propriétés perceptibles à nous, concevables, quant à sa nature, elle ne deviendra pas l'objet des recherches humaines.

Plus nous avançons dans la connaissance des *phénomènes* de la lumière, plus nous nous éloignons de la connaissance de sa *nature*; c'est-à-dire plus nous cherchons à connaître la lumière, plus elle devient impénétrable pour nous.

C'est en vain qu'on regarde la lumière seule et isolée, c'est en vain qu'on s'efforce de la croire indépendante; elle n'est jamais seule, elle est toujours accompagnée et de l'électricité et de la chaleur, et il n'y a pas de puissance capable de la séparer de ses compagnes.

Reste à savoir si ces trois éléments, presque toujours perceptibles dans leur réunion, suffisent à eux seuls pour représenter l'unité d'une grande force tellement distincte qu'on puisse la regarder comme indépendante.

Nos connaissances actuelles sur la lumière, sur l'électricité et sur la chaleur nous permettent de penser que ni l'une ni l'autre ne sont une force à part; de la lumière en particulier on peut dire qu'elle est un produit et que, pour être, elle doit être faite, que par conséquent il lui manque la première condition nécessaire à une force première, celle d'exister par elle-même.

Le grand Newton a puisé sa théorie colossale dans l'impression faite sur lui par la lune gravitant sans soutien dans l'espace. Si plus tard ce génie extraordinaire avait continué à regarder plus attentivement encore la lune par son télescope, quatre ou cinq jours de suite après sa conjonction, il aurait été surpris de voir comment cette sphère suspendue dans les ténèbres s'éclaire peu à peu par les rayons invisibles du soleil, et comment elle présente graduellement ses parties aux rayons qui traversent l'espace; comment les aspérités et les concavités de sa surface s'éclairent alternativement; comment le travail incessant, le mouvement perpétuel des rayons est perceptible et saisissable même pour les yeux les moins

exercés, et comment enfin par ce mouvement perpétuel les rayons deviennent lumière et la lumière flamme!

En voyant cet effet prodigieux, Newton se serait écrié :
« LA LUMIÈRE SE FAIT SUR LA LUNE, » et aujourd'hui tout le monde serait de son avis.

CONSIDÉRATIONS SUR LES COMÈTES

RÉSUMÉ DES NOTIONS SUR LES COMÈTES (1).

Pour avoir constamment sous les yeux les notions établies sur les comètes, nous les rassemblons dans quatre divisions ou classes.

Ces notions sont la conséquence ou les résultats des observations faites sur les phénomènes présentés par les comètes. Les diverses opinions qui ne reposent pas sur les observations sont exclues de ce résumé.

Les quatre classes comprennent la visibilité, l'aspect, la lumière et le mouvement des comètes.

Visibilité.

Les comètes sont visibles donc, elles existent. Elles sont réellement visibles, donc leur existence est réelle. En tant que phénomènes célestes, l'existence des comètes n'est donc pas discutable.

(1) Il y a dans l'*Astronomie populaire* de F. Arago un chapitre sur les comètes ; le lecteur y trouvera toutes les notions de ce phénomène écrites avec une clarté dont l'illustre savant seul avait le secret. Quand on a de pareils livres, on peut se passer de bibliothèque.

Elles ne sont visibles de la terre que pendant qu'elles se trouvent dans leur périhélie, leur moindre distance du soleil, un peu auparavant et un peu après. Cette position nous donne la première condition de leur visibilité.

Leur apparition en général est subite, c'est-à-dire qu'elles deviennent tout à coup visibles, d'invisibles qu'elles étaient auparavant.

Leur disparition est quelquefois subite aussi, mais, en général, elles disparaissent lentement, par l'affaiblissement graduel de leur lumière; elles s'effacent, elles s'éteignent.

La durée de leur visibilité, en général courte, varie énormément; elle s'étend depuis quelques jours jusqu'à cent jours et plus; on a même vu une comète pendant plus de 500 jours de suite.

Les autres corps célestes ne montrent pas des conditions de visibilité semblables; les comètes se trouvent donc isolées par cette particularité, que leur visibilité est enfermée dans des limites très serrées de temps et d'espace.

La cause ou les causes de ces limites sont inconnues, l'astronomie cométaire n'en donne aucune explication; quant au mode de leur disparition, on en a cherché la raison dans la nature de leur lumière.

Aspect.

Les comètes nous montrent trois parties distinctes qui les constituent censément :

1° Le noyau, partie principale, la plus intense.

2° La queue, traînée lumineuse, ou appendice plus ou moins éclairé.

3° La nébulosité ou la chevelure, moins lumineuse que la queue.

On a observé des comètes sans queue et sans noyau apparent, mais on n'a jamais observé une comète sans nébulosité.

Le noyau est presque toujours entouré d'une espèce d'auréole lumineuse, de vapeurs lumineuses qu'on appelle aussi nébulosité.

La dénomination tête de la comète, corps de la comète, est différemment appliquée ; tantôt on nomme tête de l'astre le noyau entouré d'une petite nébulosité, tantôt on appelle nébulosité le corps ou la tête avec ou sans noyau apparent.

La comète est essentiellement transparente, parfaitement diaphane dans toutes ses parties ; les étoiles les plus faibles en lumière sont visibles à travers.

L'opinion qu'il y peut avoir des noyaux opaques, n'est appuyée sur aucune observation.

La substance des comètes ne réfracte pas la lumière.

La différence entre les grandeurs, tant des comètes entières que de leurs parties, est énorme. Les noyaux seuls n'ont pas montré entre eux de différences très grandes.

Les grandeurs apparentes ou réelles des trois parties prises séparément sont soumises à des variations incessantes.

Les queues et les nébulosités changent d'aspect sans relâche, on pourrait dire de moment en moment.

Les queues se transforment en nébulosité, et les nébu-

losités en queues ; avec le développement parfait de l'une de ces parties l'autre disparaît.

Les noyaux aussi changent de forme, de grandeur et d'éclat.

L'idée que les noyaux s'évaporent pour former les queues, ne repose pas sur les observations.

Les queues quelquefois sont divisées en deux, en trois ou en un plus grand nombre de portions, on en a vu jusqu'à sept. Le partage se fait par des lignes obscures.

On a vu deux ou trois comètes avec deux queues, opposées l'une à l'autre, l'une des queues, la plus courte, dirigée vers le soleil : les deux queues ne formaient pas une ligne droite, mais elles étaient inclinées entre elles.

Les queues sont ordinairement tournées à l'opposé du soleil ; on a pourtant observé des exceptions à cette règle.

Les bords des queues sont généralement plus éclairés que le reste ; quelquefois cependant c'est le milieu qui est le plus lumineux.

Les queues présentent parfois des courbures plus ou moins grandes, on a vu des queues en forme de demi-cercle.

Les nébulosités, quand elles sont circulaires ou presque circulaires montrent souvent des anneaux concentriques, alternativement lumineux et obscurs, des aigrettes, des secteurs lumineux, etc., etc.

Les noyaux ont quelquefois l'aspect d'une espèce de conflagration, ils semblent être incendiés ; on distingue un mouvement de la matière lumineuse.

Les queues aussi semblent quelquefois comme agitées par le vent.

La comète de Gambart s'est dédoublée.

Pas un seul de ces phénomènes n'est expliqué, leur raison d'être est absolument inconnue.

Lumière.

L'intensité de la lumière des comètes est variable.

C'est le noyau qui est la partie la plus lumineuse.

Les comètes vues dans la proximité du soleil, égalaient en intensité le soleil lui-même, si elles ne le surpassaient.

En comparant le noyau avec les corps célestes on a trouvé des comètes qui avaient l'éclat de Vénus ; chez les comètes différentes l'intensité varie et descend jusqu'à celle des étoiles de cinquième ou sixième grandeur.

Dans beaucoup de comètes le noyau est à peine perceptible, il manque tout à fait dans d'autres. Dans ce cas, la comète consiste dans une nébulosité mal définie, mal éclairée.

La lumière des comètes s'affaiblit graduellement, à mesure qu'elles s'éloignent du soleil, et elles s'éteignent complètement quand elles arrivent à la distance de l'orbite de Jupiter.

La lumière des comètes n'est pas une lumière propre, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas lumineuses par elles-mêmes; elle n'est pas non plus la lumière du soleil réfléchie par les comètes, comme elle est réfléchie par les planètes; c'est la lumière empruntée du soleil faiblement polarisée.

Les phénomènes de la lumière des comètes ne sont pas expliqués non plus.

Mouvement.

Le mouvement des comètes en général est rapide.

La direction ou le sens de leur mouvement est ou direct ou rétrograde. Il y a autant de comètes directes qu'il y en a de rétrogrades.

Les comètes marchent autour du soleil et décrivent des ellipses extrêmement allongées dont l'un des foyers est occupé par le soleil. Les orbites cométaires ne sont pas la conséquence directe des observations. Pour la plupart des comètes la science donne des courbes paraboliques.

Les comètes, pendant la courte durée de leur visibilité décrivent des portions de lignes plus ou moins courbes, des parties d'arc d'après lesquelles les calculs doivent s'effectuer.

Pour limites des positions des comètes l'astronomie donne :

L'inclinaison des orbites entre 0 et 90 degrés;

La longitude des nœuds ascendants entre 0° et 360 degrés;

La longitude de périhélie de même entre 0° et 360 degrés;

La distance de périhélie selon les observations se trouve entre 0,006 et 4 et même un peu plus, la distance moyenne de la terre au soleil étant prise pour l'unité.

La durée de révolution des comètes est très diverse. Elle commence avec la comète d'Encke, comète de courte période, trois ans et un tiers, et elle s'étend au delà de mille siècles.

Ajoutons que, d'après les observations, les comètes n'ont pas de masse appréciable, c'est-à-dire n'ont pas de masse du tout.

Les données numériques de l'astronomie cométaire, conséquences des observations et des mesures prises sur les diamètres des noyaux, des queues et des nébulosités, sur leurs distances réelles ou apparentes du soleil et de la terre, sur leurs vitesses, etc., etc., complètent cette classe de notions.

Nous avons vu que les trois premières classes ne contiennent aucune réponse aux questions, aucune explication des phénomènes et que, par conséquent, les notions de ces trois premières classes ne pourraient pas prouver directement ou indirectement que les comètes sont de véritables corps célestes, mais qu'au contraire ces notions, prises ensemble ou séparément, ne serviraient qu'à la démonstration d'un résultat inévitablement négatif.

Il faut donc que la quatrième classe donne à elle seule la solution tout entière.

Admettons pour le moment que les données de l'astronomie cométaire, données numériques, sont d'une exactitude incontestable, qu'elles sont en entier conformes aux phénomènes, c'est-à-dire qu'elles sont l'expression de la vérité ; dans cette condition peuvent-elles suffire à la preuve que les comètes sont de véritables corps célestes ?

Toute projection, toute image d'un objet en mouvement emprunte exactement le mouvement de cet objet ; seulement la vitesse apparente de l'image augmente avec la distance du corps dont elle émane, et encore avec

l'agrandissement de l'image elle-même. Si la figure ou orbe décrite par le corps en mouvement est un cercle, l'image décrira un cercle; mais ce cercle peut s'incliner et montrer en perspective toutes les ellipses possibles, jusqu'à ce que la circonférence se confonde en une ligne droite dans le diamètre du cercle; l'image reproduira toutes ces phases.

Il est donc évident que les notions de la quatrième classe ne peuvent donner la preuve de la réalité d'un corps qui ne nous montre que des phénomènes apparents, comme sont les phénomènes observés des comètes.

Ajoutons, si l'on veut, à cette quatrième classe une ou deux des autres classes déjà examinées, et supposons que les questions contenues dans trois classes réunies sont parfaitement résolues, pourrait-on admettre qu'il sera ainsi prouvé avec évidence que les comètes sont de véritables corps célestes? Non, car il s'agit de l'ensemble, et tant qu'un seul phénomène capital ne sera pas compris et expliqué, tant qu'une seule question importante restera en suspens, le problème des comètes demeurera irrésolu.

Pour arriver à une conclusion indirecte, nous proposons les trois questions suivantes :

1° Les comètes, telles qu'elles se présentent à notre vision, montrent une forme, une figure tout exceptionnelle, que l'on n'a pas encore rencontrée parmi les corps célestes accessibles à la vision de l'homme.

Est-il vraisemblable, est-il possible qu'une matière quelconque dans l'espace puisse assumer ou prendre une figure pareille à la figure d'une comète?

Est-il concevable, est-il possible qu'un corps céleste soumis aux lois générales puisse conserver une forme semblable à la forme d'une comète?

2° Les comètes changent d'aspect perpétuellement, incessamment, brusquement; elles changent de volume et de grandeur.

Est-il vraisemblable, est-il possible qu'une matière quelconque, constituée en corps céleste, puisse subir des changements pareils?

Est-il concevable, est-il possible, qu'un corps céleste soumis aux lois de la mécanique et aux lois de la physique, soit doué d'une certaine force intérieure, inhérente, qui détermine les changements observés sur les comètes, c'est-à-dire une comète peut-elle se changer par sa volonté propre, par une force à elle, indépendante des forces extérieures?

Est-il concevable, est-il possible qu'il y ait des forces différentes répandues dans l'espace qui agissent toujours dans le sens, dans les directions et avec l'intensité voulues pour changer les comètes partout où elles se trouvent?

3° Les apparitions et disparitions des comètes sont exceptionnelles, ainsi que la durée de leur visibilité. Leur lumière est différente de la lumière réfléchie par les planètes, et cette lumière est sujette à des variations d'intensité qui ne se montrent pas sur les corps célestes en général, sur les planètes en particulier.

Est-il vraisemblable, est-il possible qu'un corps céleste se tournant autour du soleil selon les lois connues puisse

manifestar de telles modifications dans ses conditions de visibilité ?

Est-il possible que les comètes puissent se soustraire aux lois qui régissent la visibilité des corps célestes, et leur lumière peut-elle subir d'autres modifications que celles qui sont connues par les phénomènes généraux et les principes de la science ?

Nos considérations seront dirigées dans le sens de ces trois questions, qui doivent enfin décider la question fondamentale posée sur la nature des comètes. Nous nous tiendrons strictement aux lois établies ; nous resterons dans le cercle de nos connaissances actuelles, sans nous écarter ni des unes ni des autres.

Le lecteur sentira qu'il ne s'agit pas ici d'émettre des théories sublimes ; les lois les plus claires, les plus simples, les notions les plus élémentaires doivent suffire, et, si elles ne suffisent pas, ni l'imagination ni la fantaisie ne nous tireront d'affaire.

Toutefois, quand il est question de l'univers, de l'infini, de l'espace peuplé par des corps célestes, etc., etc., on attend des merveilles, et en s'élançant dans des sphères visibles, on croit déjà connaître, on croit déjà savoir. L'imagination engendre une force qui pousse à la contradiction.

Buffon, le plus grand naturaliste des temps modernes, a très lestement construit le système solaire par l'intervention d'une comète. Si vous aviez demandé à cet éminent savant de vous donner l'explication scientifique du comment et du pourquoi le ver à soie se métamorphose

si souvent; du comment et du pourquoi il transforme en fils soyeux les feuilles de mûrier; du pourquoi et du comment il construit sa jolie maison, et pour si peu de temps encore, croyez-vous que les explications de l'illustre savant vous auraient contenté?

C'est qu'il est moins difficile de savoir ce qui se passe dans l'infini des régions célestes que de connaître les merveilles que vous montre le ver à soie pendant les quelques jours de son existence.

Plus votre imagination s'étend, plus vos vues sont élevées, — moralement élevées; — plus votre langage est pur, plus vous contentez votre auditoire. L'univers vous offre assez d'espace, tandis que le ver à soie restreint considérablement l'orbite de votre fantaisie.

Le pourquoi se trouve souvent à une distance énorme du comment. La science est positive, et elle finit là où l'imagination commence.

Vous direz que pourtant l'imagination et la fantaisie ont déjà contribué à connaître et à savoir, et qu'elles ont puissamment aidé la science elle-même. C'est vrai, mais n'oublions pas que toutes les fois que pareille chose arrive, la nébuleuse se trouve déjà dans l'attraction solaire, et que la direction et le mouvement ont été donnés par la science à l'imagination et à la fantaisie.

La science a souvent besoin d'une hypothèse qui lui serve de pierre de touche; si elle ne peut pas supporter la force de l'analyse, elle est rejetée.

Il y a des hypothèses pour des choses qui se trouvent hors de la portée de notre entendement : passe pour

celle-ci; mais il y a aussi des hypothèses d'une nature énormément coriace, qui se traitent depuis longtemps sans qu'elles puissent arriver à aucune signification; celles-là sont faites, non pas pour éclaircir des doutes, non pas pour fortifier la science, mais pour multiplier les doutes et pour soutenir l'ignorance; elles sont créées et mises au monde pour en chasser la raison.

LES LOIS SCIENTIFIQUES.

On est convenu d'appeler certaines lois déduites des investigations scientifiques « les lois de la nature ».

L'expression est impropre, parce que la nature ne connaît pas de lois; la nature *est*.

L'idée de la nature pour l'homme est du même ordre, porte le même caractère que l'idée de l'infini. Comme on dit que, hors l'univers, hors de l'espace infini, il ne peut rien exister, de même on dit que, hors de la nature, il n'y a rien; cela veut dire que même les élucubrations les plus extravagantes de l'imagination malade sont dans la nature, et qu'il n'existe rien hors nature, rien d'innaturel.

En abordant notre sujet, il faut restreindre l'idée trop générale de la nature et parler de la nature des choses; par ce moyen, nous établissons l'objet des recherches scientifiques, l'objet des connaissances humaines.

Quant aux lois, elles sont l'œuvre de l'homme; elles sont faites par et pour lui.

Mais, direz-vous, les lois humaines sont variables,

changeables par leur nature ; elles peuvent être prorogées, suspendues, même abolies ; ce qu'un homme a fait, l'autre peut le défaire.

L'idée des lois nous rappelle la société, le monde moral. Les lois scientifiques sont d'un caractère entièrement opposé, et si l'on est convenu de les nommer *lois*, c'est qu'on n'a pas cherché un autre mot pour les désigner.

Toutes les lois scientifiques s'établissent d'une seule et même manière. On remarque d'abord que la chose est ainsi ; les observations réitérées, nombreuses, combinées avec les expériences, établissent que la chose est ainsi et pas autrement ; en s'assurant de la constance, de la permanence de cet état de la chose, on en cherche la cause, et l'on parvient à démontrer exactement et à prouver avec évidence que la chose doit être ainsi, qu'elle ne peut pas être autrement. La loi est prononcée ; c'est la transition naturelle des observations sur les phénomènes de la nature à la nature des choses.

Pour élucider par un exemple la marche de l'établissement d'une loi scientifique, prenons, comme tout le monde le fait, un simple triangle.

On trouve que les trois angles d'un triangle pris au hasard font ensemble deux angles droits, c'est-à-dire que leur somme est égale à 180 degrés ; on prend plusieurs triangles d'aspect différent, et l'on trouve de même 180 degrés pour les trois angles ; on voit enfin qu'il n'existe pas un triangle, quelle que soit la proportion entre les trois angles pris deux à deux, qui ne donne le même résultat. Ce n'est pas encore une loi ; le triangle

est ainsi. Mais on parvient à démontrer par la synthèse, par l'analyse, par cent manières différentes, que le triangle doit nécessairement réunir 180 degrés dans ses trois angles, ni plus ni moins, et qu'il est absolument impossible qu'il en soit autrement. La loi est établie. La science appelle cette loi simplement une des propriétés du triangle, parce que les triangles montrent encore d'autres propriétés qui sont autant de lois.

La science mathématique en entier, dans toutes ses classes ou branches, n'est qu'une collection de pareilles lois, circonstance qui peut expliquer pourquoi les mathématiques servent si puissamment à l'établissement des lois d'une autre science quelconque.

Le caractère essentiel des lois scientifiques est l'immuabilité. Ces lois n'admettent pas, ne reconnaissent pas l'exception; elles ne transigent pas; elles ne sont pas diplomatiques. La moindre modification, la moindre faiblesse ou déviation les anéantit complètement.

Si vous parvenez à prouver que la somme des trois angles d'un triangle quelconque est d'une seconde plus petite ou plus grande que 180 degrés, la loi tombe et s'évanouit.

Mais si vous me dites que vous venez de trouver un triangle qui donne une somme inférieure ou supérieure à 180 degrés, vous me permettrez d'en douter et de vous dire que probablement vous n'avez pas bien mesuré les angles; mais si vous insistez, il ne me reste plus qu'à vous faire remarquer que le triangle que vous avez trouvé n'est pas un triangle du tout.

Supposons qu'un de nos chers frères d'une profondeur appréciable trouve par hasard une figure géométrique nouvelle, et qui lui présente des qualités extrêmement bizarres. Longtemps il ne sait qu'en faire, ni comment ni où la classer; il se décide enfin à déclarer que c'est un triangle. En vain ses anciens amis l'avertissent de ne pas se fier à cette construction fantasmagorique, qui pourrait bien n'être qu'une variété de l'hyperbole; il ne se laisse pas confondre. Il commence à comparer sa figure avec toute sorte de triangles; il ne trouve pas, il est vrai, la moindre similitude, la moindre coïncidence, pas même la moindre analogie; mais il ne se décourage pas, et il continue à mesurer exactement les angles l'un après l'autre séparément; il les additionne; il trouve à chaque épreuve un autre résultat; tantôt la somme des angles donne à peine quelques secondes, tantôt elle surpasse plusieurs circonférences, mais jamais elle n'arrive à 180 degrés; il reste imperturbable; ça doit être un triangle. Que dites-vous de ce savant? En donnant une preuve étonnante d'une ténacité épouvantable, il a foulé tout simplement aux pieds la première loi des triangles.

C'est précisément ce qui est arrivé pour les comètes; c'est leur histoire.

Nous supposons que le lecteur a déjà pleine conscience de la signification du mot « preuve scientifique ».

L'optique aussi a ses lois.

La lumière montre des propriétés qui sont constamment les mêmes; elles sont invariables. D'après les observations et les expériences, on a prononcé :

1° Que l'intensité de la lumière d'un point lumineux décroît en raison du carré de la distance ;

2° Qu'une surface lumineuse doit paraître à l'œil avoir la même intensité à toutes les distances imaginables, tant qu'elle sous-tend un angle sensible ;

3° Que la lumière réfléchie reste constante, tant que l'angle sous-tendu par le corps réfléchissant conserve une valeur sensible.

Les comètes, particulièrement leurs noyaux, montrent une lumière éclatante. On a vu des comètes dans la proximité du soleil briller avec plus d'éclat que le soleil lui-même. On voit les comètes, pendant qu'elles se trouvent dans leur périhélie, briller d'une lumière très vive. Elles conservent leur lumière pendant leur marche en s'éloignant du soleil ; mais, dès qu'elles atteignent une distance égale à la distance de l'orbite de Jupiter, elles cessent d'être visibles, elles s'éteignent.

Que les comètes, la plupart du moins, disparaissent de cette manière, c'est-à-dire que leur lumière s'affaiblisse quand elles s'éloignent du soleil, et s'éteignent complètement en arrivant à la distance de l'orbite de Jupiter, c'est un fait ; les observations disent que c'est ainsi.

Il reste seulement à prouver que les comètes s'en vont réellement jusqu'à la distance de l'orbite jovienne, pour que du coup les lois de l'optique, telles que nous les avons énoncées, soient détruites et mises au rebut.

Aussi l'astronomie cométaire ne s'est pas tenue aux lois connues, parfaitement insuffisantes, et elle a été obligée d'imaginer d'autres lois qui ne sont pas des lois de l'op-

tique ni d'une science quelconque, pour donner sur les phénomènes lumineux des comètes des explications qui n'en sont pas.

La mécanique a ses définitions et ses lois. Suivant ses définitions, l'atome est absolument inséparable; les molécules et particules sont composées d'atomes. Entre les lois nous trouvons :

1° Qu'un atome de matière ne peut ni se donner le mouvement ni altérer celui qu'il a reçu ;

2° Que trois choses caractérisent l'inertie :

a. La nécessité d'une force pour donner le mouvement ;

b. La permanence du mouvement quand la force a cessé d'agir ;

c. La nécessité d'une force nouvelle pour changer le mouvement déjà reçu.

3° Que les forces centrifuges sont proportionnelles aux rayons, la vitesse étant la même ;

4° Que la masse d'un corps, la quantité de matière est proportionnelle à son poids ;

5° Que les masses s'attirent mutuellement ;

6° Que l'attraction d'une sphère s'exerce par son centre ;

7° Que l'attraction est proportionnelle à la masse ;

8° Que l'attraction diminue en proportion du carré des distances, etc., etc., etc.

Les comètes, ces protéés, ces caméléons des cieux, changent sans relâche non-seulement d'aspect et de lumière, mais encore de grandeur, de volume et de figure.

Si bien qu'on pourrait dire que c'est leur métier de changer, de ne rien faire que de changer, et encore de changer brusquement.

On peut concevoir combien ce travail incessant doit engendrer pour la pauvre comète de fatigue et d'ennui.

D'un moment à l'autre, pendant que vous la regardez, elle a déjà changé quelque chose sur elle ou dans elle ; elle change en s'éloignant dans son orbite, pendant des siècles et des siècles, et, chose mirobolante, elle change en revenant pour se remontrer à nous telle qu'elle était primitivement. Il faut qu'elle soit de la meilleure santé du monde pour faire de semblables tours de force.

Tantôt c'est la queue qui construit la nébulosité, tantôt c'est la nébulosité qui engendre la queue dans des dimensions et des formes toujours différentes ; d'après certaines théories, c'est d'abord le noyau qui se trouve en condensation de deux ou de plusieurs degrés, aux dépens de la queue ou de la nébulosité ; c'est ensuite ce noyau qui s'évapore et engendre soit la nébulosité, soit la queue.

On voit que la condescendance des trois parties constitutives de la comète est réciproque et qu'elles ont au même degré le goût de la métamorphose ; mais on remarque en même temps que leur travail est parfaitement inutile, puisque les résultats ne sont autres que de ramener les affaires à leur premier état.

Qu'on cherche les lois applicables à ces phénomènes ! car parmi les existantes on n'en trouve point.

On a appliqué tour à tour la chaleur, les rayons solaires, l'attraction des rayons et leur répulsion, l'atmosphère ou

le photosphère solaire, le soleil vrai, le soleil apparent, les forces polaires, forces électriques et magnétiques, positives et négatives, les corpuscules, l'éther, les molécules, etc., etc., etc., mais le phénomène persiste à se montrer à l'envers des analyses; il y a grandissement, élongation aujourd'hui, décroissance, raccourcissement demain; l'un des astres s'élargit en s'éloignant, l'autre fait absolument le contraire.

Alors il a fallu chercher deux forces, l'une pour dilater, l'autre pour condenser, et leur faire venir en aide une infinité de moyens pour effectuer les pirouettes extravagantes, auxquelles se livrent avec une trop grande facilité les comètes.

Il est évident que ces forces qui agissent diversement, qui agissent dans tous les sens, doivent agir toujours de la même manière, et qu'une fois en action, elles ne doivent pas s'arrêter, encore moins se transformer l'une dans l'autre, ce qui serait pourtant indispensable pour répondre aux variations infinies qu'on dit être leur ouvrage.

C'étaient donc des forces intelligentes qu'il fallait inventer, forces d'une complaisance parfaite selon les désirs de la comète, et coordonnées à la manière des doigts humains, qui savent si bien manier un morceau de cire.

Toutefois, nous devons remarquer que, parmi les opinions et les théorèmes divers, on trouve pourtant des propositions déjà un peu modérées; nous lisons, par exemple, dans le charmant livre sur la physique de M. Pouillet :

« Il me parait donc certain que nous connaissons mal
» la forme des comètes, et que les changements d'aspect

» qu'elles nous présentent doivent s'expliquer plutôt par
» des conditions particulières de visibilité que par des
» actions mécaniques violentes, qui arrangeraient incés-
» samment, d'une autre façon, la matière si raréfiée dont
» elles se composent. » Voilà les expressions d'un savant distingué.

Il est fait souvent mention des molécules de la matière cométaire; d'après les lois que nous connaissons, la substance des comètes, matière composée de molécules, les molécules composées d'atomes, etc., etc., se rangent nécessairement parmi les corps matériels pondérables, ayant masse, pesanteur, etc., etc.

Si vous parvenez à prouver qu'il existe un corps consistant en une matière quelconque dans l'espace, qui puisse changer de forme et de grandeur réelles, à la manière des comètes, changer continuellement, brusquement, et revenir ensuite aux proportions antérieures; si vous prouvez une petite partie seulement de ces changements de la matière ou même une seule, ou, ce qui revient au même, si vous prouvez que les comètes sont de véritables corps célestes, dès ce moment vous avez démoli l'ensemble de lois sur l'inertie, sur les forces et sur le mouvement.

Selon l'une des lois de Kepler, les planètes décrivent en marchant autour du soleil des ellipses peu excentriques, peu allongées, presque des cercles, l'un des foyers de l'orbite ou de l'ellipse étant occupé par le soleil.

D'après ce que nous avons dit de l'exigence des lois scientifiques, l'énoncé de Kepler ne dit pas autre chose,

sinon que les planètes se meuvent ainsi et pas autrement : par conséquent il manque quelque chose pour que cette loi de Kepler devienne une loi scientifique véritable. C'est la théorie de la gravitation et de l'attraction universelles de Newton appliquée à l'énoncé de Kepler qui la constitue en loi, qui la fait loi, en prouvant que les planètes doivent nécessairement décrire des orbes presque circulaires, des ellipses très peu allongées, et qu'il est absolument impossible qu'elles décrivent une autre courbe.

Rappelons-nous que c'est l'action constante, permanente de l'attraction solaire qui maintient une planète dans son orbite, que c'est l'uniformité de cette action, c'est-à-dire la quantité invariable de force attractive qui décide la forme de l'orbite, le balancement exact ou l'équilibre parfait des deux forces centripète et centrifuge.

Rappelons-nous que l'attraction agit comme le carré des distances. L'expression est générale; nous pouvons la spécialiser en disant que pour les corps qui s'éloignent cette force diminue, que pour ceux qui s'approchent elle s'accroît dans la proportion énoncée.

Les corps célestes gravitant autour du soleil s'écartent peu d'une distance moyenne, autrement dit, la différence entre leur distance périhélie et leur distance aphélie est peu considérable, par conséquent l'attraction solaire diminue peu dans leur plus grande distance, s'accroît peu dans leur plus petite; cette différence d'attraction produit la différence de vitesse d'une planète dans ses deux positions ou points extrêmes de son orbite.

Il s'ensuit que les corps célestes en mouvement les uns autour des autres doivent nécessairement décrire des orbes selon la loi de Kepler et les lois de l'attraction, que la figure des orbes est l'ellipse peu allongée, et que l'orbe une fois établie, le mouvement une fois réglé, un corps céleste ne peut plus s'écarter de ses limites.

« La pesanteur universelle suffit à la conservation du » système solaire; elle maintient les formes et les inclinaisons des orbites planétaires dans un état moyen, » autour duquel les variations sont légères. La variété » n'entraîne pas le désordre. »

La loi doit être générale pour tous les corps célestes en mouvement; si pour un corps céleste un mouvement existe, il est réglé par l'attraction d'un autre corps; c'est toujours le plus petit en masse qui se tourne autour du plus grand.

Nous appelons système solaire ou système planétaire l'ensemble des corps célestes qui sont compris dans un espace définissable, et qui sont, pour ainsi dire, liés les uns aux autres par les lois qui régissent leurs mouvements. Notre système solaire, par exemple, s'étend, selon nos connaissances d'aujourd'hui, jusqu'à Neptune, et tous les corps célestes qui se montrent ou se montreront à notre vision dans cet espace doivent être regardés comme appartenant à notre système solaire.

On doit pourtant remarquer que cette dénomination de système pourrait ne pas exprimer ou dénoter avec assez de précision les combinaisons diverses des corps célestes. Nous pouvons très bien appeler système jovien ou sys-

tème saturnien, uranien, etc., l'ensemble formé par l'une ou l'autre de ces planètes avec leurs satellites. Pour ces satellites, les grosses planètes sont des soleils, et les satellites deviennent leurs planètes. Ce sont donc des systèmes à part selon les lois établies; les chefs de famille font partie du système solaire directement, leurs satellites indirectement. Ce que nous disons des planètes à plusieurs satellites s'applique parfaitement à la terre, qui n'en a qu'un seul, la terre aussi représente un système à elle.

Nous avons donc l'idée du système des systèmes, et, en la généralisant, d'un système composé d'une infinité de systèmes, c'est-à-dire de l'univers établi de la même manière et d'après les mêmes lois que le système solaire accessible à nos recherches.

L'astronomie cométaire professe que la plupart des comètes nous viennent du dehors du système solaire, qu'il nous en vient toujours des nouvelles qui n'ont été ni observées, ni vues par personne avant leur arrivée; on a même émis l'idée que toutes les comètes sont ainsi venues l'une après l'autre de bien loin au delà de l'espace occupé par notre système, et que la plupart de ces mêmes comètes s'en vont de ce système comme elles y étaient entrées: ce sont les comètes à longue période et les comètes paraboliques; il y a des comètes qui sont restées locataires du système, et qui ont acquis le droit de cité: ce sont quelques petites comètes télescopiques à courte période. Leur race est représentée par la comète d'Encke, ayant une période de trois ans et un tiers, la plus courte qu'on con-

naissent aux comètes. On dit que son orbite est contenue dans celle de Jupiter.

Quand les comètes deviennent visibles de la terre, elles sont déjà arrivées au terme de leur voyage; elles ne sont visibles que dans leur périhélie, un peu au delà; mais jamais on n'a vu une comète à une distance du soleil égale à celle de l'orbite de Jupiter.

La comète de Halley, la plus ancienne, le prototype des comètes périodiques, se montre après soixante-seize ans à la même place. Ce temps de sa période de réapparition est pris pour le temps de sa révolution dans son orbite autour du soleil.

La figure de l'orbite de la comète de Halley est une ellipse extrêmement allongée; elle s'étend au delà de l'orbite de Neptune. Sa distance périhélie est 0,58, le grand axe de son orbite est de 35,9, par conséquent sa distance aphélie est 35,3.

Il suit de ces déterminations et évaluations numériques que la comète à son aphélie est 60 fois plus éloignée du soleil qu'elle ne l'est à son périhélie, c'est-à-dire que l'attraction solaire est 3600 fois plus grande ou plus petite dans les deux positions ou distances extrêmes de la comète.

La comète de 1843 s'est plus rapprochée du soleil qu'aucune autre observée jusque-là : « de surface à surface il y avait au plus 13 000 lieues entre les deux astres. » La comète de 1680, qui, d'après Newton, doit tomber tôt ou tard dans le soleil, était à 53 000 lieues du disque solaire.

Le grand axe de la comète de 1843 est, selon M. Hubbard, de 108 fois la distance de la terre au soleil; la durée de sa révolution est de 376 ans.

La comète de 1680, suivant les calculs de M. Encke, a une distance aphélie de 855,28 et une durée de révolution de 8813 ans. Pour cette comète, dont la distance périhélie est de 0,006, la différence entre la plus petite et la plus grande distance du soleil est de près de 142 100 fois.

L'attraction du soleil, exercée sur cette comète, — à son périhélie — étant prise pour unité, devient dans son aphélie 20 192 410 000 fois plus petite, ou la 0,000 000 000 005^e partie de l'unité : ou ce qui revient au même, l'attraction de l'aphélie étant prise pour unité, devient au périhélie 20 192 millions de fois plus grande.

La comète de 1844 calculée par M. Plantamour, a une révolution de mille siècles. Cette comète est allée se plonger dans l'espace à une distance plus éloignée de la terre que n'est l' α Lyræ, Sirius, Arctur, etc., etc., c'est-à-dire les étoiles les plus brillantes, censées être les plus rapprochées du soleil et de la terre.

On pourrait dire en général que l'attraction du soleil, comme l'attraction de chaque corps ayant une masse, existe toujours, et que, quelle que soit la distance d'un autre corps sur lequel elle agit, elle ne peut jamais devenir zéro. Mais si cette attraction peut avoir encore une valeur numérique quoique infiniment petite, il ne s'ensuit pas que l'effet de l'action puisse être regardé comme ayant

quelque valeur dans des distances hors proportion avec les masses.

Aucun astronome n'a encore soutenu que le soleil exerçât une action suivie d'effet sur Sirius, Arctur ou sur une étoile quelconque.

Nous avons donc le droit de dire que l'effet de l'attraction solaire sur les corps célestes devient absolument nul, si ces corps atteignent la distance des étoiles, qu'en conséquence les comètes, qui sont allées se plonger dans l'espace parmi ou entre les étoiles, se sont complètement soustraites à l'influence solaire ; il est probable qu'elles sont allées chercher une attraction plus agréable. Sirius et Arctur seraient-ils capables de séduction ?

Le lecteur comprendra maintenant le mythe d'une comète en pérégrination qui, étant bien loin de l'attraction solaire, mais ayant la fantaisie de parcourir les espaces, s'est mise à courir directement au disque solaire pour le regarder en face et s'en aller ensuite d'où elle était venue, ou ailleurs.

Nous concluons que les lois de Kepler, les lois d'attraction et les lois de gravitation universelle sont abolies à tout jamais, si quelqu'un, philosophe, savant, astronome n'importe, parvient à prouver non pas l'ensemble, mais une seule des propositions suivantes :

Qu'une comète quelconque nous arrive de dehors du système solaire ; ou,

Qu'une comète quelconque n'est pas tombée dans le soleil en s'approchant réellement, ainsi que l'a fait celle de 1843, du moins en apparence ; ou,

Qu'une comète quelconque peut sortir de notre système et se soustraire à l'action solaire ; ou,

Qu'une comète quelconque peut dépasser Neptune, Uranus ou Saturne ou l'orbite d'une planète quelle qu'elle soit, et la traverser véritablement ; ou enfin,

Qu'une comète quelconque décrit effectivement une ellipse très allongée.

LES ORBITES DES COMÈTES.

Comment Tycho est-il arrivé à la conclusion que les comètes décrivent autour du soleil des ellipses extrêmement allongées ?

Comment Newton a-t-il pu énoncer que les comètes décrivent des paraboles et des hyperboles, tandis que les planètes décrivent des ellipses, leurs satellites des cercles ?

Comment tout le monde est-il encore de leur avis ? comment enfin a-t-on pu émettre l'idée que les corps célestes du système solaire peuvent marcher dans toute sorte de sections coniques ?

Parce qu'on ne peut pas empêcher que l'imagination ne se mêle aux travaux de la raison.

Les comètes ne peuvent pas être assimilées aux planètes et à leurs satellites, donc elles doivent décrire des orbites différentes : les éléments qu'elles donnent à l'observation pendant leur visibilité, laissent un choix libre entre les courbes ; donc elles peuvent décrire toute espèce de sections coniques.

On s'est plu dans l'idée de la diversité des corps célestes, on les a classés selon leurs aspects, et on en a conclu que les orbites doivent se modifier selon la classification.

En sortant des limites du positif, on s'affranchit de la gêne imposée par les lois, et on est libre de marcher où l'on veut.

Si les comètes peuvent décrire toute sorte de sections coniques, elles peuvent décrire aussi des triangles ou un seul côté d'un triangle. De nos jours, une orbite rectiligne autour du soleil ne pourrait avoir rien de surprenant, nous avons des forces adéquates à notre disposition, et nos calculs ne manqueraient par de prouver l'évidence.

En effet, allongez un peu l'orbite de la comète de Halley, et vous êtes arrivé à la ligne droite.

Que le lecteur ne prenne pas cette orbite rectiligne pour une plaisanterie; les paraboles, courbes ouvertes, que la plupart des comètes décrivent ou doivent décrire, s'étendent déjà dans la ligne droite à l'infini. Si donc les comètes ont du bon sens, elles doivent, — ayant le choix, — prendre la ligne droite pure, qui au moins a l'avantage d'être le chemin le plus court.

Selon l'astronomie cométaire on commence par déterminer la distance périhélie de la comète, élément qui dépend de la vue de l'observateur, puis on fait les trois observations.

L'illustre Arago dit : « Les comètes ne se voient guère » de la terre que pendant qu'elles sont voisines de leur » périhélie; mais une ellipse très allongée et une parabole » de même sommet et de même foyer ne commencent à

» se séparer sensiblement qu'à une assez grande distance
» de leur sommet commun. Pour représenter les diverses
» positions que prend une comète pendant la courte durée
» de son apparition, on pourra donc, en général, substi-
» tuer sans inconvénient la parabole à l'ellipse. Si, par
» hasard, on reconnaît qu'il n'y a pas lieu d'assimilation
» d'une courbe à l'autre, tout ce qu'il faudra en conclure
» c'est que, par exception, l'orbite elliptique de la comète
» n'est pas très allongée. »

Ensuite on calcule l'orbite parabolique ou elliptique et on attend le retour de la comète. Le temps qu'elle met pour revenir à sa position, c'est le temps de sa révolution; connaissant déjà son périhélie, la figure et grandeur de son orbite sont données par la troisième loi de Kepler, et l'affaire est finie.

De l'opinion généralement adoptée que les comètes, en règle générale, doivent nécessairement décrire des ellipses très allongées, il suit que les comètes de courte période, celles dont le retour a été prédit et calculé, ne sont que l'exception.

Les lois de Kepler, de Newton et de Laplace, comme l'astronomie entière, comme toute science positive, sont la conséquence des observations de vingt à trente siècles. Ce temps assez considérable pour l'homme ne compte pas pour les phénomènes célestes en général; mais la régularité constante des mouvements, la réapparition exacte des phénomènes présentés par les planètes et leurs satellites pendant ce temps d'observations, permettent à la science de supposer que l'ordre et la régularité resteront

constants, et en conséquence de prédire et de calculer les phénomènes déjà connus.

Newton n'aurait pas achevé sa théorie admirable, si Picard ne lui avait donné la mesure plus exacte de la terre.

Pour faire de bonnes observations on doit avoir déjà reçu un certain cadeau de la nature charitable.

De ces circonstances nous pouvons déduire :

1° Que ce n'est pas à l'homme ou à ses calculs d'assigner aux comètes leurs orbites, mais que c'est aux comètes à lui montrer comment elles marchent. Les lois qui régissent les corps célestes ne se font pas selon nos idées, elles existent par elles-mêmes et s'imposent; à nous de les étudier.

2° Que, si les corps célestes du système solaire peuvent décrire des orbites différentes de celles des planètes et des satellites, les lois établies ne suffisent pas pour expliquer leur marche, parce que les mêmes forces ne peuvent pas agir différemment; que par conséquent,

3° Si les comètes décrivent réellement des ellipses très allongées, l'un des deux : ou les lois établies sont une exception et non pas une règle, ou les comètes ne sont pas des corps célestes selon ces lois.

Si les orbites des satellites sont plus circulaires et celles des planètes plus allongées, ce n'est pas parce que ces deux sortes de corps sont différents, mais parce que l'action des forces se modifie selon leurs positions. Si l'on veut étendre les recherches à cette question, il faut s'adresser à la marche du soleil que Newton ne connaissait pas.

Jusqu'à nos jours, les comètes n'ont pas ébranlé le moins du monde ni les lois établies ni les autres connaissances sur les forces et sur leur action, elles n'ont donné aucune raison pour faire abandonner les anciennes théories et pour en introduire de nouvelles, elles sont en un mot absolument innocentes; si donc elles causent de la confusion dans les idées, il faut s'en prendre aux idées elles-mêmes qui n'ont pas assez de cohérence et trop de fragilité.

Si les comètes décrivent autour du soleil des ellipses pareilles, par exemple, à celle de la comète de Halley, tout ce que nous savons sur l'attraction devient nul, et nous devons abandonner nos idées sur la stabilité de l'univers et nous livrer à la recherche de l'impossible.

Que les corps célestes, en traversant respectivement leurs orbites, doivent se rencontrer, c'est connu de tout le monde, et le moment de ce choc inévitable ne tombe pas dans le calcul des probabilités, mais il est précis et déterminable à la minute, connaissant les orbites des corps en question. Si l'on objecte que le temps d'un choc pareil n'est pas précisément assignable pour les comètes, à cause de leur facile perturbation et à cause du changement de leur orbite qui en résulte, on prouve tout simplement que l'orbite d'une comète n'est pas connue.

Avec la théorie des orbites cométaires on a établi en même temps la théorie de leur destruction et aussi de la destruction inévitable du système solaire tout entier.

Il faut seulement se rappeler les volumes et les dimensions exorbitantes qu'on donne aux comètes; il faut se

rappeler l'effet prodigieux que Buffon leur a attribué.

On sait aujourd'hui que les comètes n'ont point de masse; cette connaissance doit être suffisante à elle seule pour qu'on abandonne enfin la mythologie traditionnelle.

PERTURBATIONS DES COMÈTES.

Dans le chapitre VI du livre sur les comètes d'Arago, on lit, à propos de l'orbite de la comète de Halley :

« Après l'apparition de la comète 1682, Halley se ha-
» sarda à prédire son retour en 1758 ou 1759. Cette pré-
» diction, en se vérifiant, devait amener une aire nouvelle
» dans l'astronomie cométaire. Halley devait se renfermer
» dans le vague, parce que, à son temps, il eût été impos-
» sible de déterminer avec exactitude la valeur des per-
» turbations. C'est ce problème si difficile que notre
» compatriote Clairaut résolut. Il trouva qu'à raison du ra-
» lentissement que l'attraction des planètes apporterait
» dans sa marche, la comète emploierait à revenir au pé-
» rihélie 618 jours de plus que dans la révolution précé-
» dente, savoir 100 jours par l'effet de Saturne, 518 jours
» par l'action de Jupiter.

» Clairaut avertit toutefois que, pressé par le temps, il
» avait négligé dans son calcul de petits termes qui, ac-
» cumulés, pourraient s'élever en plus ou en moins de
» 30 jours sur les 76 ans.

» L'événement justifia toutes ces annonces, la comète

» se montra dans des constellations indiquées d'avance,
 » elle passa au périhélie le 12 mars 1759.

• Aucun doute n'était plus permis sur la périodicité de
 » la comète de 1759; il a fallu calculer la date de son re-
 » tour en 1835. Damoiseau n'a pas reculé devant cet im-
 » mense travail; il a poussé les approximations beaucoup
 » plus loin que son devancier, en outre il a tenu compte et de
 » l'action troublante de la planète Uranus dont l'existence
 » n'était pas connue du temps de Clairaut, et de celle de
 » la terre. Son résultat définitif était que la comète, en
 » 1835, devait passer au périhélie le 4 novembre. Un autre
 » astronome, M. de Pontecoulant, ayant fait de son côté
 » les mêmes laborieux calculs, avait fixé dans un premier
 » travail le moment de passage au 7 novembre. Un calcul
 » plus complet de l'action de la terre, surtout la substi-
 » tution d'un nombre plus exact pour la masse de Jupiter,
 » amena M. de Pontecoulant à ajouter 6 jours entiers
 » à l'ancienne détermination. Ces légères différences de
 » quelques jours sur plus de 76 ans et demi s'expliquent
 » très facilement quand on sait, comme nous le montre-
 » rons plus tard, l'influence des masses des planètes per-
 » turbatrices sur les mouvements des comètes. »

Arago continue à décrire les éléments paraboliques de la comète et ses positions selon l'*Annuaire du bureau de 1834*, et poursuit :

« Personne n'avait la hardiesse d'annoncer quel jour
 » la comète reviendrait visible en 1835. L'état du ciel,
 » l'intensité de la lumière crépusculaire, la force des in-
 » struments, la bonté de la vue des observateurs, la pos-

» sibilité que l'astre eût disséminé une portion sensible de
» sa substance le long de l'orbite immense qu'il avait dû
» parcourir depuis 1759, étaient autant d'éléments inap-
» préciables qui commandaient la plus grande réserve.

» Le 5 août, la comète, d'une faiblesse extrême, était
» aperçue à Rome.

» Aux yeux du public, la véritable pierre de touche des
» théories astronomiques réside dans le calcul de retour
» des comètes, c'est-à-dire dans la détermination du temps
» qu'elles emploient à décrire leurs orbites, etc., etc.

» Les apparitions constatées de la comète de Halley
» sont de 1378 à 1456, 77 ans 7 mois.

» La période moyenne est de 76 ans 1 mois. Les per-
» turbations qui ont diminué la période d'un an deux
» mois de 1607 à 1682, ont augmenté d'un an six mois
» celle de 1378 à 1456. Les révolutions de la comète de
» Halley ne sont donc pas, comme on le croyait, alterna-
» tivement de 76 et de 75 ans. Ainsi, sans la théorie des
» perturbations, on n'aurait pas pu prédire le retour de
» la comète en 1835 avec exactitude.

» En comparant la durée de la révolution moyenne de
» la comète de Halley à la durée de la révolution de la
» terre autour du soleil, on trouve, au moyen de la troi-
» sième loi de Kepler, que le grand axe de son orbite
» elliptique est égal à 35,9, etc., etc.; l'orbite de la co-
» mète s'étend un peu au delà de l'orbite de Neptune. »

Dans l'exposé de l'illustre savant il n'est pas fait men-
tion que les calculs aient été faits dans la supposition
que l'orbite de la comète est une ellipse ; les observations

antérieures à l'an 1835 donnent encore des éléments paraboliques. Il n'est pas dit non plus si Clairaut avait déjà déterminé l'orbite elliptique de la comète, ou si ses calculs se trouvaient dans les limites d'une parabole. De l'exposé qui précède, on devrait conclure que la détermination exacte de l'orbite de cette comète n'a eu lieu qu'en 1835.

Les calculs prochains sur le retour de la comète de Halley doivent aussi contenir les perturbations effectuées par Neptune et les 70 et quelques Astéroïdes qui n'existaient pas encore dans le temps de Clairaut.

Dans le chapitre XI des comètes, nous lisons à propos de la comète de Lexell :

« Lexell trouva que la comète de 1770 avait paru couru autour du soleil une ellipse dont le grand axe était égal seulement à trois fois le diamètre de l'orbite terrestre, et qui correspondait à une révolution de cinq ans et demi. La comète était entièrement différente des comètes observées jusqu'à ce temps, et elle est restée toujours invisible depuis.

» Je laisse à deviner tout ce que la comète perdue fit naître de sarcasmes, bons ou mauvais, contre ces pauvres astronomes qui s'étaient tant vantés d'avoir trouvé définitivement la clef des mouvements cométaires. Il y avait néanmoins, on doit l'avouer dans cette mystérieuse disparition, une véritable question à résoudre, car la vive lumière dont brillait la comète de 1770 ne permettait pas de supposer qu'elle fût revenue plusieurs fois sans être remarquée. Aujourd'hui tout est

» éclairci et les lois de l'attraction universelle ont puisé
» dans une épreuve qui, au premier aperçu, semblait
» devoir les ébranler, une force, une évidence nouvelles.

» Pourquoi n'avait-on pas vu la comète tous les
» 5 ans et demi avant 1770? Par la raison que son orbite
» était alors totalement différente de celle qu'elle a parcourue postérieurement.

» Pourquoi la comète n'a-t-elle pas été aperçue depuis
» 1770? Par la raison que son passage au périhélie de
» 1776 s'effectua de jour et qu'avant le retour suivant,
» la forme de l'orbite fut tellement altérée par l'attraction planétaire que, si la comète avait été visible de la terre, on ne l'aurait pas reconnue. »

Dans le IV^e volume, l'*Astronomie polaire*, page 27, nous lisons :

« La marche des comètes est affectée par l'éther d'une manière sensible, les comètes peuvent être notablement affectées dans leur marche.

» La comète, dès qu'elle éprouve quelque résistance, change de route.

» Quelque singulier que cela paraisse, nous sommes donc pleinement autorisé à dire de la comète de Lexell, qu'en 1770 l'action de Jupiter nous la donna, et que la même action, produisant un effet inverse, nous la déroba en 1776. »

Laplace dit : « Mais il fallait démontrer la possibilité de ces deux effets de l'attraction de Jupiter en faisant voir que les éléments de l'ellipse décrite de la comète

» pouvaient y satisfaire. C'est ce que j'ai fait, en soumettant cet objet à l'analyse; par ce moyen, l'explication précédente est devenue vraisemblable. »

Il est impossible d'argumenter sur tout ce que nous venons de lire sur la comète de Lexell, quoique ce soit très instructif. Une circonstance pourtant ne peut pas échapper au lecteur, circonstance résultant de l'accident survenu à cette comète : c'est que, si les calculs de Lexell sont exacts, — les assertions semblent l'affirmer, — les calculs d'aujourd'hui basés sur la théorie des perturbations doivent nous apprendre quelle était l'orbite de la comète de Lexell avant 1770, et ce qu'elle est devenue depuis ce temps ; c'est-à-dire que les calculs astronomiques sur les perturbations doivent nécessairement donner la place d'une comète quelconque, dans un temps donné, dont l'orbite est une fois déterminée, si cette comète est un corps céleste, selon les lois de Kepler et selon les lois de l'attraction; du moins jusqu'à nos jours aucune planète ne s'est laissé égarer par l'action d'une autre planète.

Le temps de la révolution de la comète d'Encke change aussi depuis quelque temps, elle revient toujours un peu plutôt dans son périhélie; son orbite diminue.

Les calculs du célèbre Clairaut vérifiés par l'événement, sont vraiment éblouissants. La coïncidence de la réalité avec les calculs de Clairaut et avec ceux des deux illustres savants cités, relatifs à la réapparition de la comète de Halley en 1835 est si frappante, si grandiose, qu'on en est comme stupéfait.

Ces résultats étonnants doivent donc prouver avec toute la certitude que nous devons accorder aux calculs astronomiques, que la comète de Halley, en décrivant son orbite elliptique autour du soleil traverse toutes les orbites planétaires de notre système, excepté peut-être celle de Mercure, — qu'elle se trouve toujours entre les planètes, qu'elle s'en approche plus ou moins, et que par conséquent elle en est plus ou moins perturbée.

Par la figure d'une telle orbite, la comète peut se trouver dans deux positions différentes relativement à chacune des planètes, en deçà de chaque planète en marchant vers son aphélie, au delà de chaque planète en venant à son périhélie : ces deux positions se renouvellent en sens inverse pendant chaque traversée ; il y aura donc quatre perturbations, deux dans un sens et deux dans l'autre. Nous connaissons huit grosses planètes, avec vingt-deux satellites déjà découverts, disons qu'il n'y a encore que soixante-dix astéroïdes et ne comptons pas une quantité de corps célestes qu'on découvrira plus tard, nous avons le nombre rond de 100 forces perturbatrices visibles et connues : il y aura donc 200 attractions qui travailleront à raccourcir et 200 autres qui s'efforceront à élargir l'orbite de la comète ; sa marche sera donc autant de fois accélérée que retardée.

Il faudrait calculer encore l'attraction du soleil, différente pour chaque distance ; la résistance simple ou double, mais constante de l'éther ; il faudrait y ajouter l'attraction des innombrables comètes entre elles, et leur perturbation mutuelle, pendant qu'elles parcourent l'es-

pace dans toutes les directions. Croyez-vous que le calcul soit fini ? Oh que non ! il y a l'attraction et la répulsion des rayons solaires, l'attraction et la répulsion des atmosphères différentes qui se rencontrent ; il y a la compression et la dilatation ; il y a des forces polaires qui agissent positivement et négativement ; il y a des corpuscules, des forces et des matières inconnues, et une quantité d'autres choses perturbatrices !

Le lecteur sentira les difficultés à surmonter, et il ne s'étonnera pas que la comète de Lexell se soit perdue.

Si nous disions que les comètes, qui deviennent invisibles quand elles approchent de l'orbite de Jupiter ou la dépassent, ne vont pas plus loin ; si nous prétendions qu'on ne peut pas prouver qu'elles s'approchent effectivement des planètes perturbatrices, nous n'aurions pas bien raisonné, parce que, une fois l'orbite d'une comète connue, les positions des planètes dans leurs orbites également connues, chacun peut vérifier les calculs et se convaincre de leur exactitude.

Mais il y a les lois établies, qui ne veulent pas encore être anéanties par amour des comètes, et il nous faut opter entre elles et les calculs de perturbation, calculs inattaquables quand il s'agit de l'astronomie planétaire, mais qui, en face des comètes, ne peuvent pas être regardés comme tout à fait consolidés, vu le petit nombre de cas dans lesquels ils peuvent être appliqués et vu le grand nombre de comètes qui leur échappent.

En comparant entre elles les comètes de Halley et de Lexell, ne pourrait-on pas demander quelle est en réalité

leur différence, pour avoir produit des effets si dissimilables? Est-ce que la comète de Lexell est d'une autre substance, est-ce que sa vitesse est moindre ou plus grande, est-ce qu'elle s'est démesurément approchée des grosses planètes, est-ce que sa masse était plus grande ou plus petite? Peut-être que la catastrophe a une autre cause; il serait bon de la faire connaître, pour que les autres comètes puissent l'éviter. La comète de Halley est toujours heureusement échappée, mais pourra-t-elle longtemps résister, et ne finira-t-elle pas par tomber de Charibde en Scylla?

Nous avons remarqué qu'un corps céleste, selon les lois de Kepler et selon les lois d'attraction, ne peut pas dépasser ou traverser l'orbite d'un autre corps céleste. Il s'ensuit que, s'il est prouvé par les calculs de perturbation que la comète de Halley traverse réellement l'orbite de toutes les planètes et qu'elle appartienne au système, on a tout simplement prouvé que les comètes ne sont pas des corps célestes, selon les lois connues.

La loi de l'attraction se relate aux masses, masses agissant mutuellement les unes sur les autres; la loi est faite pour les masses qui s'entr'attirent et elle dit que l'attraction s'exerce par le centre. La loi n'est donc pas pour les corps n'ayant ni masse ni centre.

Ainsi, pour prouver qu'une comète est réellement perturbée par les planètes, il faut démontrer que la comète a une masse et qu'elle a un centre, deux choses qui n'existent pas dans la comète, autrement on doit démontrer qu'un rien aussi peut être perturbé.

Avant le grand Laplace on craignait de perdre les deux magnifiques planètes Saturne et Jupiter, la première s'approchait du soleil, la seconde s'en éloignait ; l'attraction mutuelle des deux planètes en est la cause, la perturbation simultanée est renfermée dans une période de neuf cents ans.

Il y a des variations séculaires de l'excentricité et de l'inclinaison ; il y a des mouvements sidéraux séculaires du périhélie et du nœud.

« Le beau problème de la stabilité du système planétaire a été résolu par Laplace de la manière la plus heureuse, et avec un admirable génie. Laplace a démontré que les ellipses planétaires sont perpétuellement variables ; que les extrémités de leur grand axe parcourent le ciel, qu'indépendamment d'un mouvement oscillatoire, les plans des orbites éprouvent un déplacement en vertu duquel les lignes des nœuds, c'est-à-dire, les traces des orbites planétaires sur le plan de l'orbite terrestre sont chaque année dirigées vers les étoiles différentes. Mais au milieu de ce chaos apparent, il est une chose qui reste constante, ou qui n'est sujette qu'à de petits changements périodiques, c'est la longueur du grand axe de chaque orbite et conséquemment la durée de la révolution de chaque planète. »

Les résultats obtenus par les calculs de perturbation pourraient donc s'énoncer comme il suit :

Les planètes sont perturbées, les comètes sont perturbées, mais, tandis que les orbites et les temps de révolution des planètes restent constants, les orbites et les temps de

révolution des comètes changent quelquefois considérablement.

Selon nos considérations les comètes ne sont pas perturbées du tout.

Clairaut n'a pas pu assister au combat livré de nos jours entre deux théorèmes de force égale, l'un disant que les comètes sont perturbées et l'autre qu'elles n'ont pas de masse, attendu que le dernier n'était pas formulé de son temps : donc il pouvait calculer. Mais le lecteur va demander s'il ne connaissait pas la masse de la comète, comment pouvait-il en déterminer la perturbation ? A quoi nous répondrons que c'est un mystère qui ne peut s'expliquer que par une espèce d'axiome psychologique cométaire qui dit que la matière qui pense est modifiée par les comètes à la manière dont celle qui ne pense pas l'est elle-même par la coupe d'un chiffon ou la couleur d'un morceau de ruban.

518 jours pour Jupiter, 100 jours pour Saturne !

Halley savait que la comète aperçue dans son périhélie le 14 septembre 1682 avait été déjà vue et que ses éléments paraboliques avaient été calculés pour le 26 octobre 1607 et pour le 25 août 1531. La différence de temps entre les deux premières apparitions est de 344 jours, entre les deux dernières, de — 459 jours.

Halley, il semble, ne pouvait des éléments paraboliques passer aux éléments elliptiques de la comète, mais il était moralement convaincu que ni l'un ni l'autre des deux temps observés n'étaient le temps véritable de la révolution ; il a dit que la comète apparaîtrait vers la fin de

1758 ou au commencement de 1759; c'est-à-dire il a présumé que la comète cette fois mettrait soixante-dix-sept ans un quart pour revenir : deux ans quatre mois de plus qu'elle n'avait mis pour arriver de 1607 à 1682.

Peut-on éviter de penser que Clairaut ne se trouvât sous la pression de ces deux ans quatre mois, lui qui savait déjà que la même comète avait mis soixante-dix-sept ans sept mois entre 1378 et 1456 pour réapparaître? Ne fallait-il pas chercher un temps moyen? Clairaut a laissé une latitude de trente jours sur soixante-seize ans. Pour une comète ce n'est rien; nous trouvons parmi les révolutions cométaires calculées, la comète de 1769 « qui a été soumise à un examen très approfondi par Bessel, lequel a trouvé que sa période la plus probable était de 2090 ans, mais qu'on pourrait l'étendre jusqu'à 2670 ans ou la diminuer jusqu'à 1692 ans, nombres extrêmes qui diffèrent entre eux de près de 1000 ans : telle est la conséquence de l'examen approfondi.

On lit dans Arago : « Nous avons dit que les divers » calculs effectués par MM. Damoiseau et de Pontecou- » lant avaient fixé le 4, le 7 et le 13 novembre 1835 pour » l'époque du dernier passage de la comète de Halley par » son périhélie. Postérieurement l'observation a donné » le 16, c'est-à-dire trois jours seulement de différence » avec la détermination du calcul regardé comme le plus » exact, et douze jours de différence avec celle du calcul » considéré comme le plus éloigné de la vérité. »

Il ne faut pas oublier que la détermination de la dis-

tance périhélie, selon l'illustre Arago, dépend malheureusement de la vue de l'observateur.

Les conjonctions de Vénus se renouvellent de quatre à huit ans; mais pour qu'un passage de Vénus sur le disque solaire soit visible de la terre, il faut quelquefois attendre cent vingt ans, et plus encore. Les éclipses du soleil par la lune se calculent pour des siècles à venir; croyez-vous qu'en donnant leurs calculs sur les éclipses par Vénus ou la lune, pour autant de siècles à venir que vous voudrez, MM. Damoiseau et de Pontecoulant commettraient l'erreur d'une seule minute sur, par exemple, dix siècles? Non.

Le calcul de perturbation des comètes pourtant n'est autre chose que le calcul des éclipses solaires, et nous sommes convaincu que l'astronomie parviendra à prédire avec exactitude non-seulement le temps d'apparition d'une comète, mais encore la durée de sa visibilité, et en gros, aussi l'aspect général qu'elle doit montrer, les changements qu'elle doit subir.

Il nous reste à considérer si l'idée de l'éther, idée ou conception très en vogue aujourd'hui appliquée, aux comètes, peut, dans l'état actuel de nos connaissances, nous mener à quelques résultats.

Il semble que la comète d'Encke est la première qu'on ait prétendue perturbée par la résistance de l'éther; on a trouvé que la résistance éthérienne s'est changée en impulsion, la retardation de la comète en accélération.

On peut demander à la science : a-t-on jamais observé sur un corps céleste quelconque en mouvement dans le

système solaire, la moindre action, la moindre influence de l'éther numériquement exprimable?

A-t-on jamais observé et constaté l'influence de l'éther sur une comète quelconque?

Si, selon l'hypothèse, l'éther oppose une résistance aux mouvements des corps célestes, cette résistance doit exercer sur les comètes, qui sont des exhalaisons, des matières cosmiques, des substances inconnues, une influence extraordinaire.

La nébulosité de la comète de Halley, par exemple, a un diamètre de 142 800 lieues; ce diamètre s'accroît, comme nous le verrons plus tard, avec son éloignement du soleil, et il devient d'une énormité inconcevable, quand elle arrive jusqu'à Jupiter ou Saturne. Il est clair que la comète n'a besoin ni de Jupiter ni de Saturne pour être perturbée, l'éther avec sa densité normale suffit à lui seul pour l'arrêter tout net. Cependant, si l'éther est seize fois plus dense que la comète, alors nul doute qu'elle ne puisse marcher commodément.

Si l'éther résiste aux mouvements planétaires, sa résistance doit être permanente, et, quel que soit le degré de force ou de faiblesse de cette résistance, pourvu qu'elle soit réelle, elle doit amener un repos éternel dans notre système. Il est vrai qu'on peut lui assigner à temps un effet contraire ou négatif, et tout est sauvé.

Voilà deux puissances homogènes pour les calculs; deux hypothèses de même valeur très subtiles: l'éther et la substance inconnue des comètes. *Par simile fratrum.*

Nous avons le droit d'espérer que le lecteur ne se méprend pas sur le sens de nos paroles.

Nous avons dit que le calcul astronomique est l'instrument le plus parfait que l'esprit humain ait inventé, mais si un instrument s'avise d'avoir une pensée, une opinion à lui, il ne sert plus à rien.

De même qu'un chronomètre d'une marche constamment égale ne vous dit pas l'heure qu'il est, — l'arrangement des aiguilles étant votre affaire, — de même le résultat d'un calcul ne vous dit pas si vos éléments sont bons ou s'ils sont mauvais ; si vos suppositions sont vraies ou si elles sont fausses, il vous répond dans le même sens que vous l'avez interrogé.

Le lecteur doit voir que les calculs ne peuvent pas donner la preuve que les perturbations des comètes par les planètes, par l'éther ou par une hypothèse quelconque, soient une réalité.

Il est généralement admis que c'est à cause de la légèreté extrême de leur substance que les comètes sont si facilement perturbées. Cette idée n'est pas correcte.

L'attraction est proportionnelle aux masses, elle s'exerce par les masses sur les masses, elle est réciproque.

Avec l'amoindrissement de la masse l'attraction s'affaiblit, si l'une devient zéro l'autre le devient aussi.

L'action restant en proportion avec la masse diminue et devient zéro avec elle, et si un corps n'attire pas l'autre, il ne peut pas être attiré non plus.

Il s'ensuit que, si un corps céleste n'exerce pas d'attraction, il ne peut pas non plus en subir.

Cette proposition n'est pas un sophisme, elle est la conséquence inévitable des lois de la gravitation, et nous sommes convaincu que ce ne sont pas les comètes qui peuvent la détruire.

LA SUBSTANCE DES COMÈTES.

En parcourant les opinions diverses sur la substance des comètes, nous devons commencer par celle du grand Laplace, qui dit tantôt que les comètes sont de petites nébuleuses errantes déviées de leur route par l'attraction solaire, et tantôt qu'elles sont des amas de vapeurs.

Laplace était un de ces rares mortels dont l'esprit reste toujours concentré; une idée mère se trouve dans le centre d'attraction, et toutes les pensées se meuvent autour d'elle dans des orbes réguliers : c'est son génie, c'est le système du monde, c'est la mécanique céleste.

Les pensées, les idées de ce grand homme étaient toujours dirigées dans le même sens : aussi ses œuvres sont-elles d'un seul jet, et les résultats de ses travaux immenses font-ils l'étonnement du monde.

L'esprit de l'homme peut être comparé aux rayons solaires. Réunis dans le foyer, les rayons solaires sont au maximum de leur intensité lumineuse et de leur chaleur; les rayons divergents sont d'une lumière faible, ils sont sans chaleur.

Cette concentration d'esprit nous sert à concevoir comment et pourquoi Laplace n'aimait pas les comètes, pour-

quoi les comètes n'étaient pas, pour ainsi dire, dans l'ordre de ses idées. Il ne les a pas comprises dans sa cosmogonie; il ne trouvait pas même une petite place pour elles dans l'espace infini. Il est aussi probable que les comètes échappaient à ses investigations, et qu'elles ne se rangeaient pas sous ses lois, lois pourtant d'une finesse extrême.

On est tenté de s'imaginer que l'illustre savant a émis une opinion sur la substance et la nature des comètes pour se débarrasser d'elles une fois pour toutes.

Quand on parle d'un objet quelconque dans une certaine préoccupation de l'esprit, on ne pense presque jamais que l'expression dont on se sert puisse ne pas être en harmonie avec l'ensemble de ses idées en général, encore moins qu'elle puisse se trouver en contradiction flagrante avec ses convictions les plus profondes, les plus intimes.

Quelque chose d'analogue se montre dans l'opinion émise par Laplace; mais, pour nous, cette opinion est d'une importance énorme; en l'admettant sans examen, il ne s'agit de rien moins que d'abandonner à la fois toutes nos notions acquises sur la nature des choses, notions qu'on peut regarder comme le résultat des travaux de l'esprit humain depuis le moment que l'homme s'est reconnu jusqu'à nos jours, et après avoir tout abandonné, de retomber dans les ténèbres sans la moindre perspective d'en pouvoir sortir.

En considérant comment un amas de vapeurs ou une nébuleuse errante peut devenir une comète, une espèce

de palingénésie cosmique, nous ne rencontrons que l'impossible, et pas un pli dans l'espace pour y pouvoir déposer une seule des lois scientifiques.

Laplace était grand partisan de l'hypothèse des nébuleuses, et il en a donné la preuve dans sa cosmogonie, grande conception sans doute bien appuyée par une science profonde ; l'idée ou l'hypothèse de l'engendrement du système solaire par une nébuleuse devait pourtant reposer sur une autre hypothèse antérieure ; la grande nébuleuse de Laplace devait avoir sa rotation déjà existante, le même mouvement et la même direction de translation que le système solaire manifeste aujourd'hui, et cette circonstance implique que, dès l'origine, la nébuleuse de Laplace faisait partie d'un système céleste, auquel appartient notre système actuel, transformation de la nébuleuse.

Grande ou petite, une nébuleuse dans l'espace doit être dans les mêmes conditions ; les lois de l'univers ne font aucune distinction entre les grandeurs.

La supposition tacite qu'une nébuleuse doit être en mouvement, qu'elle marche dans une direction quelconque mais inconnue, semble vouloir exclure toute question sur la nature de la force qui lui a donné son impulsion, assigné sa direction, toute discussion sur la manière dont peut s'exercer une force sur une matière diffuse dans l'espace et n'ayant ni cohésion ni centre de gravité.

Nous aussi nous devons laisser en repos l'hypothèse antérieure et commencer par l'autre.

La nébuleuse existe ; elle doit même exister dans la

forme particulière d'une comète, parce qu'il nous manque les forces nécessaires pour opérer la transformation ; la nébuleuse marche.

L'idée d'une nébuleuse *errante* ne peut pas être mise d'accord avec l'idée sur la gravitation universelle. La nébuleuse ne peut pas être errante, mais elle doit avoir pour sa marche une direction déterminée par la force agissante sur elle ; et si cette marche est censée se diriger vers le système solaire, elle ne peut être orientée que vers le soleil lui-même ; sans cette direction primitive, la nébuleuse ne pourrait pas arriver à l'attraction solaire.

Il s'ensuit qu'une nébuleuse ne peut pas être *déviée* de sa route par le soleil , mais qu'elle doit nécessairement marcher vers lui pour arriver jusqu'à son attraction.

De ces considérations il résulte que les comètes en général étant dans les mêmes conditions, si on ne les regarde pas comme appartenant au système solaire dans le sens restreint du mot, toujours est-il qu'elles doivent faire partie d'un système céleste en rapport avec le nôtre. C'est la déduction la plus rigoureuse de l'idée de Laplace.

Nous pouvons maintenant demander quelles sont les conditions nécessaires pour qu'une nébuleuse, arrivée dans l'attraction solaire, puisse devenir membre véritable du système.

Dès le moment que la nébuleuse se trouve sous l'attraction solaire, elle n'en peut plus sortir sans l'intervention d'une force nouvelle plus grande que n'est l'attraction solaire, force dont l'astronomie cométaire ne fait pas mention, quand elle laisse sortir la comète.

Quel peut être l'effet inévitable de l'attraction solaire sur un amas de vapeurs ou une matière diffuse sans cohésion, sans centre de gravité? La portion de la matière la plus rapprochée du soleil étant attirée, la première s'effile et marche vers cet astre; les autres parties ou particules suivent jusqu'à ce que l'ensemble soit arrivé. Un phénomène semblable se voit sur la terre; un nuage, à l'approche de la pluie, se transforme en eau; la partie la plus rapprochée du sol se détache en un fil; les autres la suivent jusqu'à ce que toute la masse tombe.

Mais il faut que, pour devenir comète, la nébuleuse se fasse une orbite qui n'existe pas encore. Il faut donc que la matière reste ensemble et qu'elle conserve dans toutes ses molécules une vitesse égale, proportionnelle à l'attraction solaire.

Deux forces commencent à agir : l'attraction solaire comme force centripète, la vitesse de la comète comme force centrifuge. Pour constituer un orbe, nous savons que l'équilibre de deux forces est indispensable; la vitesse de la substance ou de la nébuleuse dans sa direction primitive doit donc paralyser l'effort constant de l'attraction solaire.

Nous avons vu que la direction du mouvement de la nébuleuse était vers le soleil; il devient donc absolument impossible qu'une orbite se fasse; la nébuleuse marche avec une vitesse accélérée par l'attraction croissante, et elle doit nécessairement tomber dans le soleil.

Mais il nous faut une comète à tout prix. En quel endroit de l'espace la voulez-vous?

La nébuleuse se trouve dans l'attraction solaire, disons à 40 ou 50 rayons de l'orbite terrestre au delà de Neptune. N'est-ce pas la chose la plus naturelle que l'orbite se fasse à cet endroit?

Une comète, dites-vous, n'est pas comète pour nous, si elle ne se fait pas voir; et comme elle ne devient visible qu'après avoir dépassé l'orbite de Jupiter, il ne nous reste pas de choix; la nébuleuse doit traverser l'espace immense qui la sépare de Jupiter; elle doit se rapprocher, selon notre supposition, de 65 à 75 fois le rayon de l'orbite terrestre. Eh bien! pendant cette marche rectiligne, l'attraction du soleil s'est accrue dans des proportions gigantesques, et il est devenu inévitable que la nébuleuse tombe dans le soleil, et elle y doit tomber en ligne droite, sans pouvoir décrire une spirale qui suppose déjà une circulation antérieure.

Pour constituer à la nébuleuse une orbite entre Jupiter et Mars, ou enfin entre Jupiter et le soleil, il faudrait donc un miracle, et encore ce miracle ne pourrait empêcher que l'orbite ne fût une ellipse peu allongée, presque un cercle; il ne pourrait pas faire que la comète, ayant une fois une orbite, ne fût pas visible dans chaque point de cette orbite, comme les planètes.

Le résumé de ces considérations est qu'une nébuleuse errante, déviée de sa route par l'attraction solaire, ne peut jamais devenir une comète, mais que, si elle parvient à se faire une orbite, elle doit nécessairement devenir une planète, parce que, encore une fois, les comètes ne reconnaissent pas les lois qui régissent l'univers.

Le lecteur comprendra maintenant une des contradictions les plus flagrantes des dogmes cométaires.

Les comètes ont une substance d'une finesse, d'une délicatesse, d'une rareté, d'un légèreté, etc., etc., telles, qu'elles sont inévitablement toujours perturbées, déviées de leur route, dès qu'elles s'approchent d'une planète, même à une grande distance, et que l'éther lui-même les dévie, les perturbe; mais, chose inouïe, mirobolante, elles sont insensibles à l'attraction solaire, la plus grande puissance de notre petit univers; elles s'approchent du soleil à treize mille lieues et s'en vont !

Si quelqu'un posait en système que la plupart des vapeurs, nébuleuses ou comètes, se condensent en arrivant à l'orbite de Jupiter, et qu'elles deviennent ainsi des planètes; que les astéroïdes entre Jupiter et Mars ne peuvent être que des comètes ainsi condensées, et s'il donnait comme preuve à l'appui, le nombre toujours croissant de ces petites planètes en rapport avec celui des comètes qui s'éloignent, croyez-vous que cette théorie sublime ne trouverait pas des adeptes? Il n'existe pas une idée qui ne soit admise par l'un ou par l'autre.

Les savants, les philosophes, en cherchant pour les comètes des substances adéquates, diverses, ne se sont pas occupés du comment se fait une comète. La comète pour la plupart d'entre eux, c'était un fait accompli, ils la prenaient telle quelle et la soumettaient à leurs vues et à leurs raisonnements. Voilà pourquoi leur position est devenue difficile et même intenable.

Quel que soit le nom d'une matière diffuse, matière plus

ou moins agglomérée dans l'espace, la question reste toujours comment cette matière ou amas de matière peut se maintenir et quel peut être son sort définitif.

D'après les idées en cours, — erronées ou vraies n'importe, — les transitions sont, que les atomes deviennent des molécules ou particules, et les particules des corps liquides ou solides. Il s'agit donc de savoir comment, selon nos idées, la matière gazeuse devient un corps solide, ou, restant gazeuse, comment elle peut se tenir dans l'espace et sous quelle forme.

Les gaz, comme toutes sortes de vapeurs connues sur la terre, ne peuvent que se disséminer, se dilater à l'infini, être absorbés ou se condenser.

La température de l'espace d'après les calculs de la physique va au delà de 140 degrés au-dessous de zéro, en aucun cas les vapeurs ne pourraient résister à cette température.

L'hypothèse qu'il y a des nébuleuses dans l'espace et que ces nébuleuses se condensent pour former les corps célestes, est admise par beaucoup de savants. L'hypothèse suppose une marche extrêmement lente de l'opération et même des degrés successifs de condensation ; cette idée terrestre nous rappelle la maturation des produits organiques, et un peu la transmutation des substances, la pétrification par exemple. Il serait peut-être plus conforme à la grandeur du laboratoire céleste de penser aux transitions instantanées.

Enfin, nous nous imaginons qu'un amas de matière commence à se faire un centre ; autour de ce centre se

groupent les atomes devenus molécules, l'un près de l'autre, l'un sur l'autre jusqu'à ce qu'ils se trouvent tous rassemblés.

La forme du corps ainsi construit est nécessairement sphérique, forme inévitable, forme chérie de la nature.

Même sur la terre, malgré l'atmosphère, malgré l'attraction du centre, les substances douées de la faculté de choisir une forme prennent toujours la forme de la sphère, — les phénomènes de la cristallisation n'entrent pas dans nos considérations ; — le mercure, l'eau et jusqu'à votre souffle enfermé dans la bulle de savon affectent la forme sphérique. Regardez la goutte d'eau déposée sur une feuille par la rosée du matin, avec quel plaisir elle sert de miroir au soleil, et comme le soleil à son tour la pare de ses couleurs éblouissantes ; n'est-ce pas une jolie image d'un corps céleste sphérique, diaphane ?

De sa grande nébuleuse Laplace n'a produit que des sphères ; pour nous, le ciel est une sphère, l'univers et l'infini sont des sphères.

Les comètes ne sont pas des sphères ; il fallait donc chercher des substances qui ni ne se condensent en sphères, ni ne se perdent par dilatation à l'infini, mais qui conservent la figure exceptionnelle de la comète ; c'était tout simplement chercher l'impossible.

On a pensé à tout ce qui est connu sur la terre, même aux combinaisons chimiques ; l'atmosphère aussi devait avoir ses protecteurs ; l'atmosphère a de bonnes qualités pour une comète, — jusqu'à un certain point, — elle est

diaphane, elle réfléchit, dit-on, la lumière, elle se dilate, croit-on, à l'infini, elle se laisse comprimer, pense-t-on, jusqu'à la densité du platine et plus encore, etc., etc.; mais elle est trop lourde pour une comète, peut-être aussi qu'elle ne voudrait pas librement se condenser pour former un noyau opaque, mais ce qui est plus grave, elle réfracte la lumière, ce que les comètes ne font pas.

En cherchant un matériel convenable, on dit qu'il doit y avoir dans la grande nature des substances qui ne se rencontrent pas sur la terre. C'est d'autant plus probable que ni le soleil, ni les planètes, ni les étoiles ne s'y trouvent; mais connaît-on bien même tout ce qui existe sur et dans la terre ?

Des philosophes ont déjà soutenu qu'il n'y a qu'une seule matière dans l'univers, le reste n'étant que modification. Il a existé des savants qui ont démontré que l'or n'est que le rayon solaire condensé, etc., etc., etc.

C'est M. de Humboldt qui a dit que les comètes étaient d'une substance inconnue. Cela ne veut pas dire assurément que tout ce qui les regarde doive être également inconnu.

Par l'idée d'inconnu on se dispensait de rechercher les explications des phénomènes surprenants montrés par les comètes, et c'est précisément la difficulté des explications qui a causé et cause encore la recherche de l'inconnu.

Mais ni l'imaginaire ni l'inconnu n'échappent aux lois établies quand il s'agit de la matière; quelle que soit la substance de la comète, elle doit se plier devant les lois

du mouvement et de l'action des forces quant aux changements d'aspect et de forme ; devant les lois de l'optique, quant aux changements d'intensité de la lumière.

Il pourrait résulter de ces considérations qu'il n'existe pas une matière dans l'espace qui puisse assumer la forme de la comète, ni montrer ou subir les changements divers d'aspect, de figure et d'intensité auxquels elle est soumise ; il pourrait en résulter également ,

Que les comètes ne sont pas de véritables corps célestes ;

Que la substance des comètes ne peut pas être matière pondérable.

Que les comètes ne sont pas des corps du tout.

L'ASPECT DES COMÈTES.

Les formes diverses sous lesquelles les comètes se montrent et leurs changements ont suffisamment établi que nous ne savons pas au juste quelle est la figure véritable et primitive de la comète.

Aussi on ne s'est pas donné beaucoup de peine pour chercher la comète type, la comète modèle, on s'est contenté de les classer selon leurs aspects et de considérer séparément les trois parties dont elles se composent.

L'illustre Arago dit : « Chez les anciens tout astre che-
» velu qui se déplaçait, qui traversait successivement
» diverses constellations, était désigné par le nom de
» comète. Les astronomes modernes, malgré l'étymologie
» du mot, appelleraient de même comète un astre qui

» pourrait n'avoir ni queue ni chevelure. A leurs yeux le s
» comètes ont pour caractères distinctifs : 1° d'être douées
» d'un mouvement propre ; 2° de parcourir des courbes
» excessivement allongées, c'est-à-dire de se transporter
» dans certaines parties de leur course, à de si grandes
» distances de la terre, qu'elles cessent alors d'être
» visibles.

» Après avoir établi par des observations nombreuses
» que le noyau proprement dit est en général diaphane,
» il serait superflu de prouver que le centre de la nébulo-
» sité jouit aussi de cette propriété. Les comètes sans
» noyau sont les plus nombreuses. Herschel dit : Sur les
» seize comètes télescopiques que j'ai examinées (1807)
» quatorze n'offraient rien de remarquable à leur centre.

» On n'a jamais aperçu de comètes depuis qu'on les
» observe attentivement avec des télescopes, qui ne pré-
» sentassent pas cette espèce de nébulosité, ce brouillard,
» que les anciens appelaient la chevelure. »

Quand on parle de la lumière d'une comète, quand on la compare à celle de Vénus ou à celle des étoiles de différentes grandeurs, on entend toujours le noyau, parce que la queue, qu'on appelle aussi traînée lumineuse, et la nébulosité proprement dite sont comparativement moins brillantes.

On n'a pas prétendu qu'on ait jamais observé un noyau seul, sans accompagnement d'une chevelure ou d'une queue.

Quand la comète se présente en nébulosité plus ou moins circulaire, le centre du disque montre la plus

grande intensité; on ne dit pas que ce centre lumineux soit le noyau de la comète, quoique les observations sur les transitions ou transformations des nébulosités en queues, ou des queues en nébulosités, démontrent suffisamment que le centre lumineux ne saurait être autre que le noyau. Nous verrons plus tard comment il se trouve quelquefois couvert ou caché par la nébulosité.

Nous devons supposer que les comètes ne diffèrent pas entre elles quant à leur type originaire, qui doit être un pour toutes. On pourrait objecter que, par exemple, Saturne se distingue des autres planètes par ses anneaux; mais il n'y a pas de comparaison possible à établir, car pendant que les diverses parties des comètes se transforment les unes dans les autres, les relations de la planète avec ses anneaux restent constantes.

Nous avons donc le choix entre deux formes : nébulosité seule avec plus ou moins de lumière dans le centre, ou noyau avec queue.

Si la nébulosité était tout à fait circulaire, si elle avait toujours un noyau brillant dans son centre, nous pourrions peut-être hésiter; mais le plus grand éclat du noyau se montre quand il se trouve sans nébulosité proprement dite et avec une queue largement développée.

Ainsi nous pouvons énoncer que la forme inhérente de la comète doit être le noyau pourvu de sa queue;

Que les noyaux, même dans leur plus grand éclat, soient toujours entourés d'une espèce d'auréole lumineuse ou d'une certaine nébulosité, est un fait qui doit s'expliquer.

L'intensité du noyau doit nécessairement s'affaiblir en proportion qu'il est couvert par une masse nébuleuse plus ou moins grande.

La nébulosité et la queue sont composées de la même substance ; pour le noyau, on dit qu'il peut être dans un état de condensation de plusieurs degrés, qu'il peut être solide et même opaque. Cette dernière opinion est contraire aux faits, et aux observations les plus exactes. Mais d'après les dogmes, le noyau s'évapore dans la proximité du soleil pour engendrer la queue, de même qu'il se reforme en se condensant aux dépens de la queue ; il s'ensuit que le noyau aussi et par conséquent les trois parties constitutives de la comète sont de la même substance, et que s'il y a des modifications, elles doivent être assignables.

Les recherches des savants ont été en général dirigées vers les parties de la comète considérées séparément les unes des autres, et presque jamais vers la comète entière. La partie la plus intéressante mais aussi la plus capricieuse était pour eux la queue. Il a fallu des siècles pour faire l'importante découverte que les queues cométaires se trouvent à l'opposé du soleil, et cette particularité du phénomène a occupé les plus grands génies. Plus tard, en trouvant par les observations qu'il y a des exceptions à cette règle d'ailleurs reconnue comme générale, on a été dérouteré.

« Kepler dit que les queues sont formées d'une matière partie intrinsèque du corps de la comète, que les rayons solaires transportent par leur impulsion dans la région opposée du soleil. »

Cette théorie fut presque généralement adoptée, notamment par Riccioli, Newton, Euler, Biot, Gregory, Pingré, Laplace et Delambre; les derniers, d'après Newton, ont ajouté à l'effet des rayons solaires l'effet de la chaleur. Les explications sont différentes.

Les queues des comètes se divisent quelquefois en deux ou en plusieurs parties, ayant des longueurs différentes. La comète de 1858, celle de Donati, a montré une portion de queue allongée, et donné lieu à des investigations analytiques qu'on lira avec intérêt.

*Mémoire sur la seconde queue de la comète de Donati,
par M. Faye (1).*

« Vers le milieu de septembre dernier, M. Winnecke, de l'observatoire de Poulkowa, a remarqué que la comète de Donati avait une seconde queue très faible, presque droite, se confondant à l'origine avec la première, comme une tangente qui lui aurait été menée par le noyau. Plus tard le docteur Listing (de Göttingue) a fait la même découverte, confirmée en outre par M. Auwers. Cette seconde queue m'a complètement échappé, sans doute parce que je regardais les queues multiples comme un phénomène exceptionnel et que mon attention n'était pas dirigée de ce côté. Ces observations ont été publiées dans les *Astronomische Nachrichten* de M. Peters, mais sans figures. Une publication toute récente de M. Bond (ob-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 28 février 1859.

servatoire de Cambridge, États-Unis), accompagnée de dessins admirables, a mis pour moi en pleine lumière la découverte des astronomes de Russie, d'Allemagne et des États-Unis.

» Cette seconde queue a été vue depuis le milieu de septembre jusqu'au 10 octobre. Le 5 octobre, elle était beaucoup plus longue que la queue brillante, car M. Bond leur assigne respectivement 55 et 35 degrés de longueur, évaluations qui répondent à des longueurs réelles de 24 millions et de 14 millions de lieues de 4 kilomètres (1).

» L'explication de ce merveilleux phénomène résulte clairement de la théorie que j'ai exposée à l'Académie. « Les queues multiples, disais-je, p. 1046 du t. XLVII » des *Comptes rendus*, sont dues à la coexistence, dans » l'émission nucléale, de molécules de diverses densités » dont les radiations solaires opèrent en quelque sorte le » triage, en les faisant marcher, suivant leurs densités » respectives, dans les orbites ci-dessus indiquées. » La composante radiale ayant pour expression $k^2 - H\theta$, et le coefficient H variant en raison inverse de la densité des molécules, il suffit que celles de la deuxième queue aient été une dizaine de fois plus légères que celles de la queue brillante pour rendre compte du phénomène. Lorsque j'écrivais cette expression de l'action totale du soleil dans la direction du rayon vecteur (t. XLVII, p. 943 et 944) et que je l'éprouvais par les nombres relatifs aux comètes

(1) M. Bond a noté une troisième queue analogue à la seconde.

d'Encke et de Donati, je m'inquiétais de voir combien un changement de densité assez faible, relativement aux variations énormes que le volume des comètes subit sous l'action de la chaleur solaire, avait d'influence sur la vitesse due à la répulsion solaire. C'est qu'alors je tenais les queues multiples pour des faits d'exception, tandis qu'en rapprochant aujourd'hui la comète de Donati de celles de 1843, de 1811, de 1744, etc., j'incline à croire que la multiplicité des queues pourrait bien être, au contraire, la règle ordinaire.

» Le faible éclat de cette seconde queue s'explique tout naturellement si l'on se représente les hyperboles très peu évasées que les molécules parcourent avec l'énorme vitesse que leur communique alors la répulsion solaire. On voit, en effet, que les hyperboles successives s'écartent beaucoup plus l'une de l'autre, dans la région de la queue, que les orbites elliptiques de mêmes dates correspondantes à la queue principale. Les mêmes considérations, basées sur la loi des aires, montrent encore que la courbure de la queue secondaire doit être de beaucoup la plus faible, et que cette queue doit affecter, à l'origine, comme la première, la direction du rayon vecteur.

» On pourrait appliquer ici, sans grande erreur, la construction donnée par Newton pour déterminer le temps employé à la formation de cette énorme queue de 21 millions de lieues, car les hyperboles génératrices (1) dont

(1) Je m'empresse de restituer à Olbers l'idée première de ces hyperboles; elle se trouve dans son admirable petit écrit sur la comète de 1811, que je viens de lire pour la première fois. Olbers a remarqué, en effet,

elle est la développante géométrique (sous la condition de l'égalité des aires, non des arcs) se rapprochent assez de simples lignes droites. On obtiendrait ainsi une vitesse bien supérieure à celle que l'observation m'a donnée pour la queue brillante.

» Je ne terminerai pas cette première Note sans faire remarquer à l'Académie combien le phénomène que je viens de signaler, d'après les témoignages irrécusables d'observateurs habiles et placés dans les régions les plus différentes du globe, est significatif. On peut différer sur la nature de la force solaire qui l'a produit, mais on ne saurait lui dénier le caractère répulsif sans lequel de tels faits seraient absolument incompréhensibles. Dans la Note suivante, je me propose de discuter les théories diverses sur les comètes, en m'appuyant sur ces nouveaux faits, et de mentionner un important travail que M. Pape a publié, il y a peu de temps, sur la comète de Donati, en suivant pas à pas la théorie de Bessel. »

que les orbites absolues des molécules libres des comètes devaient être des branches d'hyperboles convexes vers le soleil. Mais il abandonne aussitôt cette idée, qui ne paraît pas avoir attiré non plus l'attention de Brandes et de Bessel dont les recherches analytiques sur la courbe des queues se bornent à représenter l'ordonnée de cette courbe par une série des trois premières puissances de l'abscisse ou de la racine carrée de l'abscisse. Il est essentiel de remarquer ici que les orbites absolues des molécules de la queue ne sont pas toujours des hyperboles; elles se réduisent à des ellipses lorsque la composante radiale de la répulsion est moindre que l'attraction solaire (p. 1046 du t. XLVII), et c'est précisément le cas de la queue brillante de la comète de Donati. De plus, les sections coniques ne sont ici qu'une première approximation; car il ne faut pas perdre de vue la composante tangentielle Hv dont l'influence est beaucoup plus forte sur les molécules de la queue que sur le noyau, et qui doit modifier plus ou moins la forme de leurs trajectoires et l'inclinaison de la queue.

*Sur les théories relatives à la figure des comètes,
par M. Faye.*

« Le fait capital qui domine ces théories, c'est la répulsion solaire dont la seconde queue de la comète de Donati nous offre une preuve si frappante. Cette force est-elle réelle ou apparente ? Si elle est réelle, quelle en est la nature ? est-ce une force polaire comme l'électricité et le magnétisme ; est-ce une force simple comme la pesanteur ? Si elle est apparente, résulte-t-elle de la différence des attractions solaires sur les diverses parties des comètes, ou de la différence de ces attractions sur la comète et sur l'éther, ce qui est à peu de chose près l'idée de Newton ? Il y a là quatre systèmes en présence, deux pour la répulsion apparente, deux pour la répulsion réelle.

» *Répulsion apparente, premier système.* — Il consiste à assimiler le phénomène des comètes à celui des marées, pris sur une grande échelle. Cette idée, séduisante de prime abord, ne tient pas contre les faits : 1° toute comète aurait deux queues opposées à l'origine ; 2° les molécules de la queue ne font pas corps avec le noyau. Ce système a été reproduit dernièrement par l'éminent directeur de l'observatoire du Collège Romain, mais je lui opposerai la discussion complète qui vient d'en être faite, par M. le professeur Roche, dans le journal *le Cosmos* (18 février).

» *Répulsion apparente, deuxième système.* — C'est l'idée de Newton, qui paraît y avoir attaché de l'importance. Les molécules de l'éther, suréchauffées à cause de la pré-

sence de la comète qui absorbe les rayons solaires et en transmet la chaleur à l'éther ambiant, deviennent plus légères que les couches supérieures dudit éther, et s'élèvent rapidement, en vertu de leur légèreté spécifique, en entraînant avec elles une partie des molécules de la comète. Quand un génie pareil émet de telles idées (plus cartésiennes que newtoniennes), il y faut chercher un intérêt scientifique. Je le trouve dans la nécessité de ne pas altérer la simplicité, la pureté de la belle conception de la gravité universelle. Si l'on songe aux répugnances qui l'ont accueillie sur le continent, on sentira combien il est heureux qu'elle n'ait pas été compliquée, dès son apparition, par l'immixtion d'une force répulsive dont on n'aurait pu alors apprécier sainement le rôle dans le système du monde.

» *Répulsion vraie, premier système.* — Olbers et Bessel; électricité ou magnétisme; forces polaires. Le petit *Traité d'Olbers sur la comète de 1811* contient des vues d'une grande portée. Olbers insiste sur trois points: une force répulsive dans le soleil; une force répulsive dans la comète elle-même; la spécificité de l'action solaire attestée par l'existence simultanée de plusieurs queues. Pour lui, l'agent répulsif est l'électricité. Bessel a donné le développement mathématique des idées d'Olbers, en les dégageant habilement des difficultés propres au problème des trois corps qui paraissent avoir entravé d'autres astronomes. Il a substitué des forces polaires aux deux répulsions d'Olbers, mais son système physique ne me semble pas avoir obtenu l'assentiment général.

» *Répulsion vraie, deuxième système.* — Kepler et Euler

attribuent à la lumière du soleil la propriété d'entraîner les molécules les plus légères des comètes. Il n'y a là qu'un aperçu, mais cet aperçu, dégagé de toute considération sur la lumière qui n'est pas ici essentiellement en cause, et réduit à l'idée d'une répulsion solaire, contient, à mon avis, le germe de la vérité.

» Telles sont, en résumé, les quatre théories qu'il s'agit de comparer.

» Souvent, dans le travail de tête qui aboutit à la création des hypothèses, tout dépend du fait qui a attiré le plus vivement l'attention de l'auteur. Frappé de la formation régulière des secteurs lumineux de la comète de 1841, Olbers a prononcé, sans hésiter, que l'idée de Kepler et d'Euler était fausse, puisque la répulsion solaire ne saurait expliquer l'émission dirigée du noyau vers le soleil sous forme de secteur. Il a donc doté la comète et le soleil à la fois de forces répulsives, dont il entrevoit la cause commune dans l'électricité développée en raison de la proximité des deux astres. Il bannit ainsi de la question l'action calorifique du soleil, introduite par Newton, en se fondant sur des raisons dont la justesse m'échappe. Bessel, frappé du balancement plus ou moins périodique du secteur lumineux de la comète de Halley (1835), y voit l'indice d'une force polaire développée dans le noyau par le soleil, et subordonne tout à cette polarité. Quant à moi, si j'ose me citer après les plus grands noms de l'astronomie, j'étais surtout préoccupé de l'accélération de la comète d'Encke, et j'ai cherché comment la répulsion solaire, dont la figure des comètes nous prouve l'existence,

pourrait donner naissance à la composante tangentielle exigée par cette accélération. Or il suffit pour cela d'attribuer à cette répulsion, quelle qu'en soit l'essence, un mode de propagation, non pas instantané comme celui de l'attraction, mais successif comme celui de toutes les radiations solaires. Alors, en effet, pour un corps en mouvement, la répulsion émanera du soleil *apparent*, tandis que l'attraction émane du soleil *vrai*. La différence de ces deux directions constitue l'aberration commune aux radiations de toute espèce, chimiques, mécaniques, calorifiques ou lumineuses, et elle permet aussitôt de décomposer l'action répulsive suivant le rayon vecteur et la tangente à l'orbite, la première composante déterminant la figure des comètes, la seconde produisant l'accélération séculaire de leurs mouvements et les inégalités périodiques que j'ai indiquées (p. 1047 et 1048). La force nouvelle se rapprochant déjà des radiations solaires par son mode de propagation, on est conduit à lui en attribuer les principaux caractères mécaniques : 1° l'intensité variera en raison inverse du carré de la distance; 2° elle sera relative à la surface du mobile, non à sa masse; 3° de même elle ne dépendra pas directement de la masse du soleil, comme l'attraction, mais de sa surface et de son état physique. De là l'expression analytique de ses deux composantes radiale et tangentielle, et l'explication la plus simple, la plus naturelle de l'étrange spécificité qu'Olbers a reconnue, et que Bessel a dû introduire dans son analyse en donnant à l'action μ du soleil autant de valeurs diverses qu'il y a d'espèces de matières dans la nature. Par là aussi

disparaît l'espèce de contradiction métaphysique contre laquelle on se buterait si on attribuait à la fois, à la même matière, une force répulsive et une force attractive de même nature, de même direction et de même loi, sauf la spécificité qui distinguerait la première de l'universalité de la deuxième. Enfin les théories de l'émission et des ondulations, applicables à la lumière, restent en dehors de la question.

» Mais une hypothèse n'est pas tenue seulement de répondre aux faits qui l'ont directement provoquée : il faut encore qu'elle se plie à ceux qui ont suggéré d'autres idées à d'autres auteurs, par exemple à ces émissions nucléales où Bessel voit l'effet d'une force polaire. La forme et la vitesse de ces émissions impliquent-elles nécessairement l'existence d'une force électrique ou d'une polarité propre au noyau ? En aucune façon. Dans un travail important que j'ai déjà cité (p. 839 et 840 du t. XLVII) sur les atmosphères des corps célestes, M. Roche a montré que cette forme répond géométriquement à la disposition des couches de niveau dans l'atmosphère immédiate du noyau, lorsqu'on détermine ces couches par la seule considération des forces attractives du soleil et de la comète. L'analyse de M. Roche n'est pas complète, puisqu'il y a d'autres forces en jeu, aussi a-t-il obtenu pour ces couches un centre ou un plan de symétrie qui n'existent pas ; mais il vient de nous apprendre lui-même (*Cosmos* du 25 février) qu'en introduisant dans cette même analyse une répulsion solaire $\frac{\mu}{r^2}$, analogue à sa composante radiale

$\frac{H\gamma}{r^2}$, cette symétrie disparaît, en sorte que la figure des couches de niveau et de la surface limite de l'atmosphère propre du noyau se rapproche encore plus des faits observés. La chaleur solaire, jointe au rétrécissement progressif fort remarquable que le savant professeur de Montpellier a signalé dans la surface limite des couches propres au noyau, rendent donc inutiles l'électricité d'Olbers et la polarité de Bessel.

» Rien de plus compliqué d'ailleurs que l'artifice imaginé par le grand astronome de Kœnigsberg. Sous l'influence solaire, dit-il (1), le noyau se polarise et lance vers le soleil des particules électrisées *négativement*, si le soleil exerce du côté de la comète une action *positive*. Mais il faut expliquer comment il se fait que ces molécules cessent d'être attirées par le soleil, et finissent même par être énergiquement repoussées par lui pour aller en arrière former la queue. Bessel suppose alors qu'en vertu d'une action antérieure du soleil (à de grandes distances, avant le développement de la polarité) la nébulosité au sein de laquelle se fait l'émission a été formée de matière électrisée dans le même sens que le soleil lui-même. Dès lors il y a neutralisation des deux électricités contraires, ou plutôt les particules émises par le noyau perdent d'autant plus de leur polarité négative, et revêtent d'autant plus la polarité positive, qu'elles se meuvent plus longtemps dans cette atmosphère positive et qu'elles se trouvent plus éloi-

(1) *Connaissance des temps pour 1840*, p. 117.

gnées du noyau. A une certaine distance du noyau, il n'y a plus que de la matière positive comme le soleil, et alors cette matière est repoussée et va former la queue. L'intensité de la répulsion solaire varierait d'ailleurs avec la nature de ces molécules, en sorte que, par exemple, les molécules de la comète de Halley étaient repoussées par le soleil, en 1835, avec une force 2,8 (celle de l'attraction solaire étant prise pour unité), la comète de Donati avec une force 0,38 pour la première queue, et 6,32 (1) pour la queue secondaire, objet de la Note précédente.

» M. Pape, qui a fait avec beaucoup de soin et d'habileté le calcul de ces deux dernières forces, d'après la théorie de Bessel, paraît s'être inquiété de trouver ainsi que le soleil a dû agir sur les molécules de la deuxième queue seize ou même trente-deux fois plus énergiquement que sur celles de la première. « Si l'on ne veut pas admettre, dit-il (*Astron. Nachr.*, n° 1174, p. 346), que le soleil ait pu exercer des forces si différentes sur ces diverses particules, il faut recourir à une autre explication, et supposer qu'il y avait dans la comète des parties de poids spécifiques très divers, mais plus légères que l'éther gravitant vers le soleil, et que ces parties s'élevaient dans cet éther avec des vitesses très différentes. »

» C'est revenir pleinement à l'idée de Newton que Bessel rappelle en passant dans son mémoire (2), et que M. Roche, dans une publication toute récente (*Cosmos* du 25 février),

(1) Les observations du 1^{er} et du 4 octobre, citées par M. Pape, donnaient 13 et 11.

(2) La critique précédente ne saurait en rien porter atteinte à la haute

semble aussi reprendre pour son propre compte. L'Académie voit que le débat tend à se concentrer désormais entre cette théorie et la mienne, entre une force franchement répulsive et une répulsion apparente due à ce que l'éther serait plus dense et plus pesant que les queues de comètes. Bien plus, il y a lieu de remarquer, avec M. Roche, que, d'après cette manière de voir, le résultat que j'ai poursuivi moi-même se trouverait atteint, puisque la figure des comètes se rattacherait également dans les deux théories à l'accélération de leurs mouvements (1).

» Certainement quand une force se manifeste sous la forme $k^2 - H\theta$, il est toujours permis de l'écrire avec d'autres symboles, tels que $\frac{d-d'}{d}$, pourvu que $\frac{d'}{d}$ suive les variations de H . Mais si l'on veut changer d'hypothèse et dire que d' exprime la densité de l'éther et d celle de la queue d'une comète plongée dans cet éther gravitant, alors il faut accepter les conséquences de la formule nouvelle.

Or, de l'expression $\frac{d-d'}{d}$ de la force accélératrice appliquée aux molécules de la queue, il résulte : 1° que l'éther ne doit pas offrir de résistance provenant du frottement des molécules de la comète contre celles du milieu ; 2° que

valeur du beau travail de Bessel, au point de vue de l'analyse et de la discussion profonde des observations.

(1) Cette identité n'est pas complète, au point de vue mathématique, car les inégalités périodiques produites par la résistance de l'éther ne se confondent pas avec celles de la répulsion, et c'est là un point sur lequel l'observation et le calcul pourront décider. (Voir, dans les *Comptes rendus*, M. Encke, p. 1051, et M. Faye, p. 1048.

les molécules de la comète traversent l'éther sans en déplacer la moindre partie ; 3° que l'éther est immobile, bien qu'il gravite vers le soleil. Voilà pour sa constitution mécanique. Quant à sa constitution physique, le phénomène de la nuit exige que cet éther soit parfaitement transparent ; car son épaisseur est énorme relativement à celle de la deuxième queue de la comète de Donati, et il faut lui attribuer, d'après la nouvelle formule une densité seize fois plus forte que celle des molécules de cette même queue.

» Il est difficile d'échapper à cette dernière conséquence. Quant aux trois conditions mécaniques, elles impliquent contradiction avec l'idée même de la matière. Veut-on s'éloigner moins de la nature en modifiant la formule de la force $\frac{d-d'}{d}$, on se trouvera conduit à lui donner la forme $\frac{d-d'}{d+md'}$, comme Bessel l'a montré par des expériences célèbres et comme Poisson l'a établi ensuite par sa belle analyse des mouvements d'un pendule dans un milieu résistant. Mais alors cette formule cesse de répondre au problème des comètes pour s'adapter à d'autres questions, telles que le mouvement de la fumée d'une locomotive, l'ascension d'un ballon dans l'air ou d'un corps léger plongé dans l'eau, etc., cas où l'on sait qu'au bout d'un temps déterminé (très court si la différence des densités est grande) la vitesse verticale atteint un maximum, à partir duquel le mouvement devient uniforme, tandis que le mouvement horizontal ne dépend plus que

de celui du milieu. A ces conditions-là, la formation des queues des comètes, telles que nous les voyons, est impossible. En outre, pour obtenir les forces de répulsion indiquées par certaines queues, il faudrait attribuer au coefficient m des valeurs diamétralement opposées aux résultats de l'expérience ou à ceux de l'analyse (1). Mais ce n'est pas tout. Si l'on considère qu'un milieu gravitant vers le soleil ne saurait rester en repos, on sera conduit à le faire circuler autour du soleil. Or les queues de comètes exigeraient aussitôt que cette circulation se fît dans tous les plans passant par le centre du soleil, ce qui est impossible. D'ailleurs la formule elle-même subsisterait-elle dans un fluide circulant à la manière des planètes, et dont les couches ne presseraient sans doute pas les unes sur les autres à la manière des couches atmosphériques prises ici pour type ? C'est ce dont il est permis de douter. On le voit, cette transformation de formules, dont la légitimité est fort douteuse au point de vue purement mathématique, présente une foule d'impossibilités au point de vue physique ou mécanique.

» Malgré la concision que je me suis imposée, je crois avoir donné une idée exacte de ces diverses théories dont a comparaison se montre si favorable à l'hypothèse de la force répulsive que j'ai formulée. L'étude de cette force ouvrirait à la science un champ dont l'étendue ne serait pas à dédaigner, car on aurait à en suivre les traces dans l'astronomie cométaire d'abord, où elle joue un rôle si con-

(1) *Connaissance des temps pour 1840*, p. 101.

sidérable, puis dans celle des nébuleuses, des amas d'étoiles, ou même des étoiles multiples; enfin il ne serait pas impossible de la poursuivre jusque dans l'influence que la répulsion solaire exerce sur l'atmosphère terrestre, action qui doit varier d'ailleurs avec l'état de la surface du soleil lui-même. »

Dans les mêmes comptes rendus M. Roche analyse l'attraction solaire sur l'atmosphère des comètes et il trouve que, dans sa supposition, la figure de la comète serait trop symétrique et qu'elle devrait avoir deux queues opposées l'une à l'autre. Il ajoute :

« Il reste donc à trouver la cause qui empêche cette » symétrie, la force qu'il faut joindre à la gravité pour » mettre d'accord la théorie avec l'observation.

» J'ai cherché si la supposition d'une force répulsive éma-
» nant du soleil et réciproque au carré des distances,
» telle que l'admettent Bessel et M. Faye, permettrait de
» représenter plus exactement la constitution physique
» des comètes. Par l'introduction de cette force répulsive,
» la figure des comètes de niveau dans l'atmosphère comé-
» taire est profondément modifiée, sa surface limitée, au
» lieu de deux points saillants, n'en présente plus qu'un
» à l'opposé du soleil; les surfaces de niveau extérieures
» fermées du côté du soleil s'ouvrent de l'autre côté, et
» c'est seulement par cette ouverture que s'échappe sous
» forme de queue le fluide cométaire.

» La figure des surfaces de niveau présente encore
» certains détails intéressants, tels qu'un aplatissement
» du côté du soleil et une inflexion très caractéristique,

» tout à fait analogue à celle que l'on remarque dans les
» dessins de la comète de Donati publiés par N.-G. Bond.

» Je signalerai aussi une disposition particulière de ces
» surfaces comme paraissant se rattacher au phénomène
» du secteur de la raie obscure, si remarquable dans la
» comète de Donati.

» La répulsion qui se manifeste si énergiquement dans
» la production des queues, pourrait être attribuée con-
» formément aux idées de Newton à l'existence d'un mi-
» lieu pesant, et très peu résistant que la comète tra-
» verse. Cette hypothèse rend compte, au moins dans un
» premier aperçu, des principaux phénomènes; en serait-
» il de même si l'on pousse jusqu'à ses dernières con-
» séquences? Pour m'en assurer j'ai repris le problème de
» la figure des comètes atmosphériques en ayant égard
» actuellement, non plus à la forme régulière, mais à l'ac-
» tion d'un milieu pesant.

» Les nouvelles formules sont un peu différentes.
» Cependant elles expliquent encore l'absence de la
» symétrie de la comète et l'existence d'une queue unique
» opposée au soleil. Mais elles conduisent à un résultat
» inadmissible dès qu'on suppose, la densité de la matière
» égale ou supérieure à celle des molécules atmosphéri-
» ques; on ne trouve plus de figure d'équilibre pour les
» couches de niveau, qui ne pourraient plus dès lors,
» sous aucune forme, se maintenir autour du noyau.

» Les calculs de Bessel sur la comète de Halley lui ont
» donné pour les particules de la queue une densité deux
» fois moindre que celle du milieu ambiant, et c'est pré-

» cisément vers le périhélie lorsque l'accroissement rapide
 » de la queue dénote une très grande valeur de la répul-
 » sion apparente, c'est alors que la forme régulière paraît
 » nette et plus persistante. Il y a dans ce désaccord une
 » objection à la supposition d'un milieu interplanétaire.

» Si au contraire on compare les figures théoriques, qui
 » résultent de l'hypothèse de la force répulsive, avec les
 » dessins de la comète de Donati, on y trouve des analo-
 » gies frappantes.

» L'étude analytique de la figure des comètes amène-
 » rait donc à préférer pour l'explication des phénomènes
 » cométaires, l'hypothèse de la force répulsive quelle qu'en
 » soit d'ailleurs la cause réelle, à l'hypothèse du milieu
 » pesant. »

Le lecteur voit que c'est le soleil seul qui décide sur le sort des comètes, quel que soit le côté par lequel on les attaque. Du reste les idées en général sont restées depuis Newton et Laplace presque constantes, les travaux se continuent dans le même sens.

Laplace dit : « La nébulosité dont les comètes sont
 » presque toujours environnées, paraît être formée de
 » vapeurs que la chaleur solaire élève de leur surface. On
 » conçoit en effet que la grande chaleur qu'elles éprou-
 » vent vers leur périhélie doit raréfier les matières con-
 » densées par le froid qu'elles éprouvaient à leur aphélie.

» Cette chaleur est excessive pour les comètes dont la
 » distance périhélie est très petite. La comète de 1680 fut
 » dans son périhélie 166 fois plus près du soleil que la
 » terre, et par conséquent elle dut en éprouver une chaleur

» 27,500 fois plus grande que celle qu'il communique à la terre, si, comme tout porte à le penser, sa chaleur est proportionnelle à l'intensité de sa lumière.

» Cette grande chaleur fort supérieure à celle que nous pouvons produire, volatiliserait, selon tout apparence la plupart des substances terrestres. »

On voit que le grand Laplace fait raréfier les vapeurs dont les comètes consistent, mais il fait volatiliser la matière terrestre. Nous continuons à citer Laplace.

» Ce qu'on nomme leur noyau est, selon tout apparence, formé en grande partie des couches les plus denses de la nébulosité qui les environne.

» Les queues sont les molécules les plus volatiles, dont la position est donnée par l'impulsion des rayons solaires. »

Sur l'observation de Pingré (comète de 1769) qui a vu passer en peu d'instant une étoile par la queue de la comète, Laplace observe :

» On ne peut pas attribuer aux molécules des vapeurs dont ces queues sont formées des oscillations aussi rapides dont l'étendue surpasserait un million de myriamètres.

» Les substances évaporables d'une comète diminuent à chacun de ses retours au périhélie; elles doivent après plusieurs retours se disperser entièrement dans l'espace, et la comète ne doit plus alors présenter qu'un noyau fixe, ce qui doit arriver plus promptement pour les comètes dont la révolution est plus courte. La comète de Halley s'approche de cet état de fixité.

» Si le noyau est trop petit pour être aperçu, ou si les
» substances évaporables qui restent à sa surface sont en
» trop petite quantité pour former, par leur coopération,
» une tête de comète sensible, l'astre deviendra pour tou-
» jours invisible. Peut-être est-ce une des causes qui ren-
» dent si rare l'apparition des comètes, peut-être encore
» cette cause a-t-elle fait disparaître pour nous la comète
» de 1770 qui, pendant son apparition, a décrit une
» ellipse. Peut-être enfin est-ce par la même cause que
» plusieurs comètes, dont on pouvait suivre la trace dans
» le ciel au moyen des éléments de leurs orbites, ont dis-
» paru plutôt qu'on ne devait s'y attendre. »

Dans sa cosmogonie Laplace dit :

» Si quelques comètes ont pénétré dans les atmosphères
» du soleil et des planètes, au temps de leur formation,
» elles ont dû en décrivant des spirales tomber sur ces
» corps et par leur chute écarter les plans des orbites et des
» équateurs des planètes, du plan de l'équateur solaire. »

Laplace finit ses idées cosmogoniques en pensant à la lumière zodiacale, et il dit :

« Si, dans les zones abandonnées par l'atmosphère du
» soleil, il s'est trouvé des molécules trop volatiles pour
» s'unir entre elles ou aux planètes, elles doivent en con-
» tinuant de circuler autour de cet astre, offrir toutes les
» apparences de la lumière zodiacale, sans opposer de ré-
» sistance sensible aux divers corps du système planétaire,
» soit à cause de leur extrême rareté, soit parce que leur
» mouvement est à fort peu près le même que celui des
» planètes qu'elles rencontrent. »

L'action des rayons solaires sur la matière légère d'une comète semble naturelle et le grand Kepler sentait quelle force doit exercer une masse de rayons d'une vitesse incomparable.

Cette idée de la force des rayons a été partout et toujours répandue, et il n'est pas démontrable que cette force n'existe pas; il s'agit seulement de préciser de quelle manière elle agit et de quelle nature doivent être les matières sur lesquelles cette force peut exercer une action réelle, une action suivie d'un résultat quelconque. Nous savons, par exemple, que la lumière pénètre non-seulement les corps diaphanes comme l'eau, le verre, etc., mais aussi les corps opaques d'une densité considérable; sans l'idée d'une force inhérente aux rayons ce phénomène resterait incompris.

Arago dit : « Des expériences très imparfaites de Homberg avaient fait croire, un certain temps, à la réalité de l'impulsion causée par les rayons solaires, mais les expériences de Bennet, conduites avec toutes les précautions que commande une recherche aussi délicate ont montré que, même en réunissant un très grand nombre des rayons lumineux sur un même point à l'aide d'une lentille à très large ouverture, on ne parvient jamais à obtenir un mouvement qui puisse être attribué au choc de ces rayons. L'idée fondamentale de l'impulsion due aux rayons solaires n'est donc qu'une hypothèse sans valeur réelle. »

Nous devons remarquer que, si les expériences de Homberg étaient très imparfaites, celles de Bennet ne démon-

trent absolument rien. La pensée qu'un très grand nombre de rayons peut donner un meilleur résultat qu'un nombre plus petit, est au moins singulière. La nature des rayons reste la même comme leur effet ; par les expériences de Bennet les rayons solaires déjà réfractés par l'atmosphère, subissent une seconde réfraction par la lentille ; ils sont forcés de converger et de se réunir dans le foyer ; chacune de ces quatre modifications a contribué à ralentir la vitesse des rayons, laquelle s'est complètement éteinte dans le foyer. Pour faire une bonne expérience, il fallait se mettre en dehors de l'atmosphère terrestre et emprunter à l'une des comètes un morceau de sa queue.

Les queues des comètes sont d'une diaphanéité par excellence, et de même que les autres parties, elles ne réfractent pas la lumière, la preuve en est donnée par les observations astronomiques de l'illustre Bessel. Ces deux propriétés des comètes doivent suffire pour répondre à la question de l'impulsion des rayons.

La masse des rayons solaires parallèles marche en ligne droite ; en rencontrant la queue d'une comète, elle la traverse avec sa vitesse primitive, inaltérée, et la queue ne s'en aperçoit même pas, quel que soit l'angle qu'elle fasse avec la direction des rayons.

Supposons que la matière cométaire ne soit pas tout à fait diaphane, qu'elle réfracte les rayons et qu'elle manifeste ainsi une certaine résistance tout en conservant néanmoins sa légèreté. Dans cette hypothèse la queue cométaire, faisant un angle avec la direction des

rayons sera au moment du contact totalement anéantie.

Nous connaissons un phénomène analogue sur la terre ; les nuages légers sont dispersés par l'action des rayons solaires aidés par la chaleur. De cette supposition il suit encore que la largeur d'une queue cométaire ne peut jamais dépasser le diamètre du noyau et que la nébulosité ne peut exister.

Le troisième cas serait celui où la queue de la comète opposerait une résistance réelle aux rayons ; ce sont alors les rayons qui se brisent et la réflexion qui se fait. D'où on peut conclure que dans aucun cas la queue d'une comète ne saurait tourner sous l'influence des rayons solaires, comme, par exemple, la girouette tourne sous l'action du vent.

Parmi les idées sur la formation des queues la plus intéressante et à la fois la plus importante est celle de Cardan. Selon lui, le noyau de la comète est un corps sphérique diaphane, la queue est la lumière solaire réfractée, qui devient visible en se réfléchissant sur les molécules de l'éther.

Cette explication fut adoptée par Tycho et son disciple Kepler avec enthousiasme et ensuite abandonnée, parce qu'elle ne rendait pas compte des changements des queues. Néanmoins elle a conservé des adhérents parmi les penseurs et les savants jusqu'à nos jours.

La queue des comètes c'est la lumière du soleil réfractée ! Il n'existe pas un seul bon observateur qui ne soit forcé, sinon d'admettre la lumière solaire, au moins de parler de l'effet des rayons, quand il regarde attentive-

ment ce qui se passe sur et dans les comètes pendant leurs changements d'aspect.

Plusieurs écrivains ont construit la queue des comètes à la manière de Cardan, sans penser aux nébulosités; il en est qui pensent que la tête de la comète est une sphère d'eau et que la queue représente les rayons réfractés divergents.

Une circonstance remarquable est échappée à Cardan et à tous ceux qui ont suivi ou combattu sa théorie depuis Tycho jusque aujourd'hui, tous ils ont oublié qu'en produisant la queue on doit nécessairement produire en même temps le noyau, c'est-à-dire la comète entière. Qu'autrement, en supposant un noyau préexistant réfractant les rayons, on a un second noyau dans le foyer de ces rayons convergents et ensuite la queue.

C'est à tort qu'on a abandonné cette idée charmante; elle n'expliquait pas les phénomènes! La faute n'en est pas à elle, mais à la manière de procéder par fragments, morceaux et parties détachées. Pourquoi n'a-t-on pas considéré la comète entière dans son ensemble? Parce qu'on regardait comme une vérité hors de doute, l'existence des comètes sans queue et que dès lors l'idée de Cardan, de générale qu'elle devait être, devenait spéciale.

Il est curieux, en suivant la marche de l'astronomie cométaire, de voir comment les idées diverses se sont combattues et quel mal on s'est donné pour ériger à grand-peine des échafaudages plus tôt écroulés que construits.

Cette espèce de psychologie astronomique apparaît d'une manière saisissante dans la question de l'agrandissement des nébulosités. Nous citons Arago.

« Tout occupés de l'étude des mouvements, fascinés
» aussi peut-être par des vues théoriques, les astronomes
» modernes avaient négligé une observation extrêmement
» remarquable sur la manière dont les nébulosités des co-
» mètes varient de grandeur. Hevelius, qu'aucun système
» n'embarrassait, annonça nettement que le diamètre réel
» de ces nébulosités augmente à mesure que les comètes
» s'éloignent du soleil. Newton admit ce singulier résul-
» tat, il en donne même une raison physique. Suivant
» lui, les têtes des comètes doivent s'appauvrir ou di-
» minuer de volume en s'approchant du soleil, puisque,
» dit-il, c'est à leur dépense que s'engendrent les queues.
» Réciproquement, lorsque, après le passage au périhélie,
» les nébulosités n'ont plus à pourvoir à la formation des
» queues déjà parvenues à leur maximum d'étendue, elles
» grandissent nécessairement. Ceci implique la supposition
» que la matière qui s'était primitivement détachée de
» l'atmosphère cométaire, peut y revenir par un mouvement
» rétrograde, en parcourant de nouveau les millions de
» lieues qu'elle avait d'abord franchies sous l'action d'une
» puissance répulsive.

» Malgré l'assentiment donné par Newton, à la décou-
» verte de Hevelius, aucun astronome, jusqu'à ces derniers
» temps, ne paraissait y croire : à vrai dire, en présence
» d'observations un peu difficiles, il pouvait être permis
» de douter qu'une masse gazeuse se dilatât à mesure
» qu'elle était transportée loin du soleil ou dans les régions
» plus froides. Mais, grâce à la comète d'Encke, ou à
» courte période, nous pouvons, pour la généralité des

- » cas, ranger l'importante remarque de Hevelius au nom-
- » bre des vérités de la science les mieux établies. »

L'agrandissement de la nébulosité de la comète d'Encke, est raconté par Arago.

- » Les comètes de 1618 et de 1807 ont présenté des
- » phénomènes tout à fait semblables à ceux qu'on constate
- » dans la comète à courte période.

- » M. Valz explique le phénomène en supposant que la
- » matière éthérée forme autour du soleil une véritable
- » atmosphère ; que les couches basses y sont d'autant plus
- » denses, comme l'atmosphère terrestre nous le montre
- » pour l'air ordinaire, qu'elles se trouvent chargées d'un
- » plus grand nombre de couches élevées. Il imagine en-
- » suite, qu'en traversant ces couches, la comète doit
- » éprouver une pression proportionnelle à leur densité.
- » Il n'y aurait ici aucune difficulté, si l'on pouvait ad-
- » mettre que l'enveloppe extérieure de la nébulosité n'est
- » pas perméable à l'éther supposé répandu dans tout
- » l'univers. Tout le monde sait, en effet, qu'une vessie
- » remplie d'air au pied d'une montagne se gonfle de plus
- » en plus à mesure qu'on monte, qu'elle finit même par
- » se rompre, quand elle est transportée à une hauteur
- » suffisante. Mais où trouver autour de la matière nébu-
- » leuse, cette pellicule qui nous permettrait de l'assimiler
- » à une vessie ; qui empêcherait l'éther de la pénétrer en
- » tous sens, de l'envahir dans ses plus petites ramifica-
- » tions ? Cette difficulté, pour le moment, paraît insur-
- » montable et on doit vivement le regretter, car l'ingé-
- » nieuse hypothèse de M. Valz lui a donné la loi des

» variations de volume de la nébulosité, tant pour la comète à courte période, que pour celle de 1618, avec une exactitude vraiment extraordinaire.

» Nous devons dire que des observations également certaines ont conduit, pour certaines comètes, à des changements de volume en sens inverse de ceux que nous venons de signaler. »

Eh bien ! ce qui est si glorieusement démontré pour les comètes, est démenti par les comètes. La vérité de la science est mise au néant en nous servant de l'expression de l'illustre Arago.

Ajoutons que les astronomes, dans leurs préoccupations scientifiques, oublient parfois qu'ils sont locataires de la terre.

Il n'est pas impossible que certaines comètes, en s'éloignant du soleil, approchent de la terre, et que d'autres fassent tout le contraire.

Les objets se grandissent en s'approchant de nous ou de nos yeux ; les lois des angles sous-tendus sont connues. Mais nous pouvons opposer à cette loi même sur la terre un phénomène contraire.

Tandis que, par exemple, Vénus nous montre un diamètre six fois moindre dans son apogée que dans son périégée, la lune en opposition, vue à l'horizon, nous semble avoir un diamètre double de celui qu'elle montre pendant son passage au méridien, quoique dans cette position horizontale, la lune soit pour nous dans sa plus grande distance possible. On a différemment expliqué ce phénomène simple, et l'on dit souvent qu'il est produit par

la réfraction atmosphérique; mais l'effet de cette réfraction ne donne que la déviation angulaire de l'objet, il faut donc admettre à l'atmosphère un pouvoir de grandissement. Il est possible que ce grandissement soit proportionnel à la réfraction, et que les mêmes nombres puissent servir à leur expression simultanée.

Il s'ensuit que la distance de la comète, relativement, soit au soleil, soit à la terre, ne décide pas seule la question de l'agrandissement des nébulosités, et qu'il faut tenir compte de la position exacte, relativement à l'horizon terrestre. De l'agrandissement des queues on n'en parle pas, mais il est clair qu'elles doivent suivre la même loi.

Plus on s'occupe de ces phénomènes, plus on examine les changements de grandeur et de forme, plus on se fortifie dans la conviction qu'ils ne peuvent être que des effets d'optique et de perspective, et que toute autre manière de les envisager mène infailliblement aux hypothèses.

Ces sortes d'effets lumineux, soit sur la terre, soit dans l'espace, sont nécessairement soumis à des variations dans leur aspect, liées à leurs positions et à leur rapprochement.

La forme d'un phénomène optique change avec la position du corps qui le produit, change avec la position de la terre relativement au soleil, change avec la rotation de la terre, change enfin avec la position géographique de l'observateur.

Dans l'hypothèse que les comètes sont de véritables

corps célestes, il est absolument impossible de faire un seul pas en avant, de trouver une seule explication satisfaisante.

Les changements d'aspect sont une preuve évidente de l'instabilité de l'hypothèse, ils contiennent la démonstration directe que les comètes ne peuvent pas être composées d'une matière ou d'une substance pondérable; d'où la nécessité de chercher leur étoffe parmi les impondérables.

LA LUMIÈRE DES COMÈTES.

Arago a soumis la question de la lumière cométaire à un examen rigoureux. L'illustre savant se tient sur la réserve pendant toute la discussion; il dit seulement que la lumière des comètes est empruntée au soleil.

Il ne manque plus que la suppression du mot « empruntée ». En effet, s'il est démontré que les comètes ne réfléchissent pas la lumière directe du soleil, c'est-à-dire que leur lumière n'est pas une lumière réfléchie, et que cette lumière vienne pourtant du soleil, la question est déjà décidée. Cette lumière n'est plus ni une lumière empruntée ni une lumière propre de la comète, excitée ou engendrée par l'action des rayons solaires, mais elle est la lumière du soleil lui-même, quoique modifiée.

La lumière des comètes est la lumière blanche. Il est à regretter que les observations n'établissent pas la diffé-

rence entre la lumière des noyaux et celle des queues ou des nébulosités ; il nous semble que les recherches se relatent plus particulièrement aux queues ou aux chevelures.

La comparaison de la comète de 1843 avec la lumière zodiacale donne de grandes différences entre ces deux lumières ; malheureusement, nous ne savons pas ce qu'est la lumière zodiacale, qui est teintée en rouge tirant sur le jaune, tandis que la lumière de la comète est blanche ; prise dans la région moyenne, la lumière zodiacale est plus brillante que la queue de la comète. Doit-on en conclure que les deux lumières ne viennent pas de la même modification des rayons solaires ?

La lumière des comètes est faiblement polarisée. Le fait est suffisamment établi ; les observations faites sur la comète de 1861 le confirment.

La lumière des comètes, en général, les noyaux toujours exceptés, est très faible. La lumière, réfléchie par l'atmosphère, comme dit Arago, est très fortement polarisée. En effet, la lumière est polarisée par réfraction et par réflexion ; la lumière réfractée et ensuite réfléchie doit donc montrer la plus forte polarisation.

Ainsi, la lumière des comètes est une lumière réfractée, mais non réfléchie. Nous pouvons ajouter que, selon les observations de Bessel, les queues des comètes, et par conséquent les comètes entières, ne réfractent pas la lumière.

Est-ce qu'il nous reste autre chose que la lumière même du soleil, lumière réfractée ?

La comète de 1843 était visible dans la proximité du soleil. Les étoiles brillant de leur lumière propre ne sont pas visibles dans le jour, à plus forte raison dans la proximité du soleil; les planètes en réfléchissant la lumière solaire ne sont pas visibles non plus pendant le jour, même à une distance considérable du soleil. Où faut-il donc classer la lumière des comètes, si elle n'est ni lumière propre ni lumière empruntée? Eh bien! dans la proximité du soleil, il ne peut y avoir de visible que la lumière même du soleil, lumière égale ou supérieure en intensité à sa lumière ordinaire.

Où sommes-nous donc arrivés?

Sans avoir émis une seule idée sur la nature de la substance cométaire, sans avoir eu besoin d'une hypothèse, les comètes elles-mêmes se présentent à nous comme étant composées des rayons solaires!

Ce résultat devait arriver du moment que la lumière se mêlait à la question. Dès que la lumière retrouve son empire, elle doit régner seule!

La question de la substance cométaire peut être regardée comme définitivement et sans appel tranchée par la lumière.

Les considérations qui nous restent à faire serviront seulement à mieux comprendre la signification de cette décision suprême.

Le mode de disparition des comètes étant tout à fait incompatible avec les notions sur la lumière des corps célestes, il a nécessité des suppositions, il devait amener des hypothèses. On a observé que la lumière des comètes s'aff-

faiblissait graduellement jusqu'à s'éteindre complètement et à disparaître.

Si les comètes se concentraient, c'est-à-dire s'il y avait condensation de leur substance en s'éloignant du soleil, l'intensité de leur lumière devrait s'accroître, mais l'intensité diminue, le changement est inexplicable sans la dilatation cométaire; c'était donc la dispersion ou éparpillement de la matière qui devait amener l'affaiblissement de la lumière et même sa disparition totale.

L'observation qui donne des comètes dont le diamètre s'accroît avec leur distance du soleil, devait servir de point de départ, mais nous avons vu qu'il y a des comètes qui sont dans une condition diamétralement contraire; la supposition ou la base d'argumentation n'était donc pas générale.

Nous trouvons dans cette circonstance une preuve très curieuse de la fausse position de l'astronomie cométaire et de la nécessité qui la force de recourir aux hypothèses.

Pour expliquer le phénomène de la disparition des comètes, M. Valz a donné la loi de l'éparpillement.

M. Valz est un astronome distingué, par ses travaux incessants, il a bien mérité de la science, mais il ne pouvait pas échapper au sort général. D'après sa théorie, les comètes se dilatent à mesure et en proportion qu'elles arrivent de leur périhélie jusqu'à l'orbite de Jupiter.

Les nombres de M. Valz, en une série progressive, s'agrandissent avec le diamètre de la comète, jusqu'à devenir dans la distance de l'orbite jovienne deux cent

soixante-dix-huit fois plus grands qu'ils n'étaient dans le périhélie, par exemple, entre Mercure et Vénus.

Observons toutefois que la loi de M. Valz semble se rapporter exclusivement aux nébulosités, et peut-être aussi seulement aux comètes dont la distance périhélie est moindre que la distance moyenne de Vénus au soleil.

Mais les queues aussi sont éclairées, elles aussi doivent disparaître comme la comète entière, et s'il s'agit d'expliquer un phénomène général, commun à toutes les comètes, il est naturel que la loi doive être générale elle-même.

La dilatation, la dispersion, l'éparpillement, etc., etc., se font dans toutes les directions à la fois. Une première question se présente; quelle est la force assez puissante pour produire l'effet nécessaire selon la loi? Nous avons vu que les hypothèses émises sur la nature de cette force ont été rejetées l'une après l'autre.

L'éparpillement ou la diffusion se fait pendant que la comète est en marche. Il est donc nécessaire que les molécules éparses suivent la comète, malgré l'impulsion qu'elles ont reçue pour marcher dans des directions contraires.

La loi de M. Valz détruit complètement la comète sans détruire la lumière.

Pour avoir un exemple qui en mérite la peine, prenons la comète de 1843; sa queue avait une longueur de 60 millions de lieues et 1320 mille lieues en largeur; sa nébulosité avait 38 mille lieues de diamètre; supprimons la nébulosité comme sans importance numérique.

La longueur de la queue, selon la loi de M. Valz, en supposant que le milieu de la comète se trouve dans la distance de l'orbite de Jupiter, deviendra 278 fois plus considérable qu'elle n'était dans son périhélie, ou plutôt entre Mercure et Vénus, cette comète ayant 0,006 pour sa distance périhélie : il en sera de même de sa largeur.

La longueur de la queue sera de 16 680 millions de lieues, sa largeur de 366 960 000 lieues.

Disons, pour simplifier les nombres, que le rayon de l'orbite terrestre étant de 40 millions de lieues, la longueur de la queue représentera 417 de ces rayons.

Tandis que l'extrémité antérieure de la queue se trouvera 183 rayons de l'orbe terrestre au delà de Neptune, l'extrémité postérieure se trouvera 173 de ces rayons en deçà.

La surface de la queue ainsi éparpillée sera représentée par 6 120 892 800 000 000 000 lieues carrées.

Le cercle ou la sphère, la dispersion étant dans tous les sens, aura à peu près 4 diamètres de l'orbite de Neptune, c'est-à-dire qu'il sera quatre fois plus grand que l'espace dans lequel se meut le système solaire aujourd'hui connu.

Imaginons que le soleil se trouve dans le centre de la comète avec tout son cortège ; le système marchera commodément dans la quatrième partie de la sphère cométaire, et le soleil ne mettrait, pour arriver à la circonférence, en marchant vers Hercule, pas moins de soixante et seize à quatre-vingts ans : tandis que la comète aurait accompli le prodige en quelques jours.

L'œuvre ne s'arrête plus, le mouvement est donné aux molécules qui déjà sont devenues de vrais atomes, leur vitesse accélérée dépassera bientôt la vitesse de la lumière, et l'effet inévitable sera la dispersion dans les régions les plus reculées de l'espace.

Un seul atome, représentant fidèle de la grandeur déchue, reste dans l'orbite de la comète très bien dispersée, cet atome conserve sa vitesse primitive et sa portion de lumière, il marche paisiblement pendant quelques centaines d'années. Comète atome, il est impitoyablement perturbé par toutes les planètes, dévié par l'éther, n'importe, il revient visiter le système, se dirige vers le photosphère solaire dans lequel il entre glorieusement, ayant la ferme conviction qu'au moins il ne pourra plus être éparpillé par la loi, ni privé de sa chère petite lumière.

Est-ce que la comète de Lexell s'est abîmée de cette manière? Mais la comète de 1843 n'est pas perdue, d'ailleurs nous en avons besoin, parce qu'elle doit tôt ou tard tomber dans le soleil. Comment donc la refaire?

Il nous faut autant de forces qu'il y a d'atomes perdus dans l'espace; ces forces doivent non-seulement paralyser la vitesse des atomes, mais encore les ramener à leurs places antérieures.

Difficulté nouvelle! Ces forces se dirigent vers le même point. Comment les arrêter à temps pour avoir la figure primitive et l'extension antérieure de la comète?

Impossible, il faudrait des contre-forces exactement en proportion avec les dimensions de la queue; ainsi le corps engendré par les forces, ou la comète reconstruite sera

nécessairement une sphère, peut-être un point, mais d'une intensité excessive. Malheureusement ce corps céleste demeurera cloué pour l'éternité sur le firmament, il n'aura plus de mouvement.

Mais une consolation nous reste, quand on sait anéantir la comète, on sait aussi la refaire.

L'idée que les comètes changent continuellement, n'est pas soutenable quand on reste dans l'hypothèse d'une matière pondérable; mais si les comètes ne sont que des images, des phénomènes lumineux, les changements d'aspect s'expliquent d'eux-mêmes, comme le changement d'intensité, comme l'extinction de la lumière.

LA VISIBILITÉ DES COMÈTES.

Les phénomènes de la visibilité des comètes, leur apparition, durée de visibilité et disparition sont assez perceptibles, assez généralement connus.

Avant d'arriver à ce chapitre, nous devons parcourir les phénomènes divers pour voir si l'un ou l'autre ne servirait pas à nous donner des éclaircissements. Nous n'avons pas trouvé la moindre connexion des phénomènes en général avec les phénomènes de la visibilité; au contraire, il nous semble que toutes les notions sur les comètes sont basées précisément sur cette question capitale, question délicate d'une difficulté énorme parce que les observations se trouvent enfermées dans les conditions de la vision.

Nous verrons plus tard que cette question conservera

son caractère difficile, même en arrivant au résultat final; que les comètes n'ont rien de corporel, mais qu'elles sont la lumière même du soleil, et, pour nous sur la terre, des images lumineuses en mouvement. Nous nous convaincrions en même temps que la cause principale de la difficulté est que nos connaissances sur la nature des rayons solaires et sur l'atmosphère terrestre, ne suffisent pas pour nous donner des explications rigoureuses.

Malgré ces difficultés, nous pouvons sans hésitation émettre une opinion, opinion pouvant même prendre les proportions d'une conviction, à savoir que l'apparition subite, la durée de visibilité et la disparition des comètes présentent les caractères distinctifs des images, et nous pouvons ajouter que nous ne connaissons ni un corps céleste, ni un objet sur la terre qui puissent manifester ces caractères.

On peut trouver dans ces phénomènes une preuve presque évidente que les comètes doivent nécessairement être des images, dans le sens général du mot.

Un examen attentif nous a donné assez de preuves contre la matière pondérable, mais de nous convaincre qu'elles ne peuvent être que des images, c'était réservé à la lumière et aux phénomènes qui en dépendent.

La visibilité de la comète et avec elle la comète entière tombent dans le domaine de l'optique.

De cette thèse ainsi posée, il suit naturellement qu'en quittant l'hypothèse d'un corps céleste, hypothèse qui n'amène aucune solution, et en entrant dans une science déjà considérablement développée, nous devons lui de-

mander l'explication des phénomènes en apparence très compliqués des comètes, et ce sans exception.

Dans la cométologie, nous verrons comment l'optique répond à nos exigences, jusque-là nous pouvons considérer comment les images en mouvement peuvent, en général, nous montrer les phénomènes de la visibilité des comètes.

Les éclipses nous donnent déjà les trois points principaux ; commencement, durée, fin.

Pendant les éclipses, les planètes en rapport se trouvent en conjonction ; l'observateur sur la terre doit s'y trouver de même.

L'observabilité des éclipses dépend de la position appelée géographique de l'observateur, leur durée, de la rotation de la terre et de sa position en regard des corps célestes présentant le phénomène ; elle dépend surtout des mouvements combinés de la terre et du corps éclipsant.

Ainsi, il y a un angle de vision qui détermine par ses deux lignes, l'entrée et la sortie de l'astre éclipsant ; l'ouverture de l'angle donne la durée de visibilité, c'est-à-dire l'espace entier parcouru par l'astre pendant la durée du phénomène.

Le lecteur pourra se donner des exemples divers sur toute sorte de phénomènes ; toute sorte d'images en mouvement projetées sur des toiles, etc., etc., toutes se trouveront dans les mêmes conditions que nous avons vues pour les éclipses.

Il y a donc pour les comètes un angle de vision, un certain champ de vision dans l'espace, et les observations

prouvent que ce champ se trouve autour du soleil ; les comètes n'étant visibles que pendant qu'elles se trouvent dans leur périhélie, un peu auparavant, un peu après. Cette circonstance sert à reconnaître que pendant leur visibilité, les comètes se trouvent, et nous-mêmes avec elles, en conjonction. Le gros du phénomène s'explique de lui-même.

Nous avons préféré prendre, comme point de départ de nos comparaisons, les éclipses des corps célestes, parce que la visibilité des comètes est entièrement liée à la nature de ces phénomènes des conjonctions.

Si l'on suit avec attention les observations faites pendant notre siècle si riche en grandes comètes, on ne peut éviter de remarquer que les comètes, quoique dans un certain sens, d'une manière inverse, sont vues absolument dans les mêmes conditions que les éclipses.

Les aspects se montrent différemment déjà pour les observateurs diversement situés ; selon les distances et les positions angulaires. La visibilité des comètes est différente pour les parties différentes de la terre : quelques-unes commencent à se montrer à l'un des hémisphères plutôt qu'à l'autre.

La comète de 1858, par exemple, s'est fait voir à l'hémisphère boréal et est passée ensuite à l'hémisphère austral ; la comète de 1861 est aperçue dans l'hémisphère austral, et plus tard subitement dans notre hémisphère.

Si, par exemple, une éclipse solaire par la lune, se transporte ainsi pour les observateurs situés dans des po-

sitions géographiques différentes, on dit et on sait que c'est l'ombre de la lune qui marche sur la terre ; si c'est une comète qui marche d'un hémisphère à l'autre, on dit que la terre a passé par la queue d'une comète. Les phénomènes restent les mêmes, l'ombre s'est changée en lumière.

Le lecteur concevra maintenant la position difficile dans laquelle l'astronomie cométaire doit se trouver, en calculant la réapparition d'une comète. La question se réduit à prédire quand une image observée reviendra à la position précédemment occupée par elle. Et les calculs sur les comètes périodiques nous démontrent que la science ne fait pas défaut. La perfection des moyens d'observation jointe à l'exactitude des calculs est la meilleure garantie du développement ultérieur des connaissances sur les comètes.

A ces observations, à ces calculs, il manque deux éléments.

Si l'on demande, par exemple, que Vénus passe précisément par le centre du soleil, et qu'on calcule la période d'une pareille éclipse centrale visible de la terre en général, cette période sera déjà assez considérable ; mais si l'on ajoute la condition que le phénomène soit visible pour un observatoire donné, cette période grandira énormément.

C'est absolument la même chose avec les comètes. L'image arrive dans son périhélie, c'est-à-dire à la place qu'elle a occupée auparavant ; mais son aspect, ses dimensions peuvent être différents. C'est le premier élément que l'astronomie ne peut pas calculer aujourd'hui.

Le second, c'est la position géographique de l'observateur, élément qui se donne avec exactitude dans les calculs d'une éclipse, mais qui ne se trouve pas pour les comètes, parce que les phénomènes en connexion ne sont pas connus.

Déterminer à l'avance avec exactitude l'image, la configuration, l'aspect d'une comète pour un observateur donné avec le temps précis de son apparition, la durée de sa visibilité et enfin tous les changements qu'elle doit subir, et montrer pendant ce temps, prédire sa disparition, etc., etc., tel est le problème à résoudre, problème déjà si bien résolu par l'astronomie planétaire.

LES COMÈTES DIFFÉRENTES.

L'illustre Arago dit qu'on ne peut pas comparer les grandes comètes avec les petites ; les belles apparitions ornées de queues largement développées, visibles à l'œil nu, avec les nébulosités télescopiques plus ou moins diffuses, et il suppose qu'elles diffèrent essentiellement entre elles.

Ce qui met l'homme en rapport avec les phénomènes célestes, c'est la vision seule. Des premières impressions reçues par la vision naissent les idées ; des idées se forment les notions.

Il n'y a pas de doute que, quoique nous connaissions la différence entre les corps célestes de notre système

solaire, la lune ne soit la plus grande et la plus belle des planètes, après le soleil; la lune, si petite, si insignifiante en comparaison de ces planètes magnifiques, Jupiter et Saturne. C'est le jugement de la vision, tribunal de première instance.

Il est probable que les belles et grandes comètes représentent une classe distincte, et qu'elles appartiennent à une famille à part; mais il est probable aussi que les grandes comètes d'aujourd'hui deviendront les petites comètes de demain, comme aussi les télescopiques d'aujourd'hui se montreront demain dans des formes éclatantes. La transformation est naturelle, et c'est toujours notre vision qui en donnera la raison.

Même, si l'on classait dans des groupes distincts les comètes d'après leur grandeur, aspect et intensité, on n'en pourrait rien conclure, parce que leurs changements continuels et leurs transformations périodiques ne laisseraient pas longtemps subsister la classification.

La comète de Halley, par exemple, s'est déjà montrée une fois avec une queue considérable, une autre fois sans queue, et il est possible qu'elle n'ait pas encore affecté deux fois le même aspect; pourtant est-elle restée comète de Halley?

Les comètes sont aujourd'hui classées en :

Comètes périodiques; la période est courte ou longue, La courte période suppose une orbite qui reste en dedans du système solaire; la longue période, une orbite qui s'étend en dehors.

Comètes à éléments elliptiques. Ces comètes sont cen-

sées être ou pouvoir devenir périodiques : on calcule leurs orbites.

Comètes à éléments paraboliques : elles marchent dans l'espace à l'infini ; mais on suppose qu'elles peuvent encore revenir à leur périhélie ; on ne les calcule pas tout à fait, mais on les attend, parce qu'elles connaissent déjà le chemin.

D'après le catalogue des comètes, elles sont classées jusqu'à la fin de 1860 en :

6 comètes périodiques constatées,
56 comètes à éléments elliptiques,
160 comètes à éléments paraboliques.

En tout, 222 comètes observées.

Les comètes périodiques qui sont déjà réapparues, ne sont pas consignées dans le catalogue, ces réapparitions sont :

Pour la comète de Halley	6 apparitions.
— d'Encke	15 —
— de Gambart. . .	6 —
— de Faye. . . .	2 —
— d'Arrest. . . .	1 —
— de Bruhns . . .	1 —

En tout, 31 réapparitions.

Il y a en outre sept comètes à courte période, nous donnons ici le temps de leur dernière apparition avec le temps calculé de leur période, en années et en jours.

La comète de Halley, la seule comète constatée à longue période, est apparue dans son périhélie le 16 novembre 1835.

Les douze comètes à courte période sont, d'après les numéros du catalogue ;

N ^o	Noms.	Temps d'apparition.	Périodes.
176	Comète de Peters.	1 ^{er} juin. 1846	16 ans ou 5840 jours.
165	— de Faye.	12 sept. 1858	7,5 2718 —
87	— de Gambart.	28 août 1852	6,6 2412 —
191	— d'Arrest.	28 nov. 1857	6,5 2353 —
83	— de Messier.	26 avril 1766	5,6 2050 —
173	— de Brorsen.	29 mars 1857	5,6 2039 —
215	— de Vinecke.	3 mai 1858	5,5 2020 —
83	— de Lexell.	14 oct. 1770	5,5 2008 —
166	— de Vico.	2 sept. 1844	5,5 1996 —
68	— de Clausen.	8 janv. 1743	5,5 1990 —
95	— de Pigott.	14 nov. 1783	5,0 1825 —
98	— d'Encke.	18 oct. 1858	3,3 1204 —

Parmi ces comètes périodiques, il y en a sept qui ont à peu près la même période de cinq ans et demi, les autres vont presque à sept ans et demi. La comète d'Encke est seule avec la période la plus courte ; enfin la comète de Peters saute jusqu'à seize ans.

Parmi les comètes elliptiques calculées, la première déjà se montre avec une période de soixante-neuf ans, et après elle viennent cinq autres avec la période de soixante-quinze ans chacune. Si nous excluons la comète de seize ans, seule de son espèce, nous n'en trouvons aucune entre sept ans et soixante-neuf ou soixante-quinze ans, c'est-à-dire que la période des comètes elliptiques suivant celles de courte période, est dix fois plus grande. Cette singularité est au moins remarquable.

Les comètes sont encore classées en directes et en rétrogrades. Arago dit à ce sujet :

« L'observation de l'époque du passage au périhélie

» dépendant de la puissance limitée de la vue des astro-
 » nomes, examinons un élément dont l'évaluation ne
 » puisse être en rien influencée par la faiblesse humaine.
 » Le sens de mouvement est de cette nature. Nous défal-
 » quons les réapparitions des comètes périodiques et nous
 » trouvons :

Nombre de comètes directes.	102
— — — — — rétrogrades. . . .	99
Total.	<u>201</u>

» Si l'on avait fait cette comparaison, quand le nombre
 » des comètes calculées n'était que 49, on en aurait trouvé
 » 24 directes et 25 rétrogrades. En 1831, sur 137 comètes
 » cataloguées, il y en avait 69 directes et 68 rétro-
 » grades. »

Selon le catalogue finissant avec 1860, on trouve en effet 112 directes et 110 rétrogrades.

Il semble donc être établi que les comètes se divisent suivant deux directions opposées du mouvement en quantités égales.

Mais demandons-nous, n'est-ce pas précisément cette circonstance des nombres égaux pour les deux directions qui doit nous conduire à penser que ces deux sortes de comètes pourraient bien n'en faire qu'une; que les comètes directes pourraient bien n'être que les compléments des comètes rétrogrades, et *vice versa*? Ne peut-on pas dire que ces mouvements en deux sens, ne constituent pas une différence entre les comètes; une comète aujourd'hui directe ne peut-elle pas devenir rétrograde demain? Ces

deux sortes de mouvements apparents ne peuvent-ils pas se confondre en un seul ?

Il serait singulier que les comètes arrivant de dehors dans notre système, s'entendissent pour nous venir toujours de manière à ne pas déranger la proportion numérique entre les deux sexes.

Ne pourrait-on pas attribuer aux comètes une rétrogradation pareille à celle des planètes ; des stations, ou états stationnaires semblables ? Est-ce la courte durée de la visibilité des comètes et leur position en périhélie qui excluent la possibilité d'une telle comparaison ?

L'idée de la transformation des deux directions l'une dans l'autre serait assez conforme à la nature cométaire, qui ne montre que des changements et des transitions.

Le catalogue des comètes n'est pas fait pour nous apprendre quelque chose. Les deux cent et quelque comètes ne permettent pas encore de combinaisons, encore moins de conclusions admissibles. L'observation sérieusement scientifique n'est pas de longue date et d'ailleurs qu'est-ce donc que la période de l'humanité comparée aux périodes célestes ?

Pourtant nous nous permettons de faire quelques rapprochements entre les comètes, — d'après le catalogue.

Le temps véritable de la période de la comète de Halley n'est pas connu. Jusqu'en 1835 on a constaté six de ses apparitions, les différences entre elles sont :

De 1378 à 1456 période de 28 343 jours.

De 1456 à 1531	—	27 467	—	Différence	—	876	jours.
De 1531 à 1607	—	27 814	—		+	344	—
De 1607 à 1682	—	27 352	—		—	459	—
De 1682 à 1759	—	27 937	—		+	585	—
De 1759 à 1835	—	28 006	—		+	69	—

La plus grande différence entre les périodes est de 994 jours, c'est-à-dire deux ans et huit mois.

Est-ce qu'une période moyenne contente l'astronomie cométaire ?

Dans le catalogue on trouve trois comètes avec les éléments de la comète de Halley; elles sont :

La comète de l'an 1441 (29 mars);

— — 989 (11 septembre);

— — 1066 (1^{er} avril).

Il est remarquable que la comète de Halley a toujours conservé son inclinaison de 17° et sa distance périhélie de 0,72 à 0,75, tandis que la plupart des autres comètes périodiques changent d'inclinaison.

En rassemblant les dates citées, nous avons :

Du 29 mars 1441	au 11 sept. 989,	11 périodes à 77 ans 48 jours.
Du 11 sept. 989	au 1 ^{er} avril 1066,	1 — à 76 — 6 mois.
Du 1 ^{er} avril 1066	au 8 nov. 1378,	4 — à 78 — 48 jours.
Du 8 nov. 1378	au 16 nov. 1835,	6 — à 76 — 1 mois.

Ainsi pendant 1694 ans 7 mois et 20 jours, il y a 22 périodes ou révolutions à 77 ans 10 mois et 8 jours.

La période de 76 à 78 ans semble être prise en prédilection par les comètes; nous avons vu que les six premières comètes elliptiques calculées se trouvent entre

ces nombres à peu près; mais, malgré la brièveté du catalogue, on trouve une quantité de comètes dont la période comparée est ramenable à ces nombres.

Voulez-vous absolument que la belle comète de 1861 soit la comète de Charles V? Eh bien! la comète du 1^{er} juillet 1861 comparée avec la comète de Charles V, 1^{er} avril 1556, donne quatre révolutions de 76 ans 3 mois et demi; mais nous pouvons aller plus loin en cherchant parmi les comètes à grandes inclinaisons et nous trouvons :

La comète du 1^{er} juillet 1861 comparée aux comètes suivantes donne :

Comète du 24 janvier 1785. . .	76 ans 3 mois.
— 11 décembre 1707. .	77 — 1 mois.
— 2 avril 1556	76 — 3 mois 1/2
— 21 septembre 1097..	76 — 4 mois.

Voilà seize révolutions ou retours bien constatés de la comète de Charles V, et encore vous voyez que les différences entre les temps sont moins grandes que chez la comète de Halley.

La comète de 1748 et celle de 1672 donnent la période de la comète de Halley.

On a comparé la comète de 1843 avec celle de 1689 : en supposant leur identité, il y a entre les deux dates deux révolutions de 76 ans 10 mois et demi.

La comète de Clausen du 8 janvier 1743, comparée à la comète du 20 novembre 1819, donne 76 ans 10 mois et demi.

Eh bien ! toutes ces comètes sont la comète de Halley qui se transforme de rétrograde en directe, et *vice versa*.

Il y a aussi des rapprochements à faire entre les autres comètes. La comète de Gambart s'est dédoublée, la comète de 1618 aussi. Il y a deux comètes en 1618.

La première, du 8 novembre 1618, donne avec Gambart, 1846, 34 révolutions de 2440 jours; l'autre, du 19 août, donne avec la comète de Gambart du 12 août 1852, 35 apparitions de 2441 jours de période.

Les comètes n° 161 et n° 192 du catalogue donnent la période de 2407 jours, plus près de celle de Gambart.

Pour la comète de Vico, du 22 août 1844, on a la comète du 12 août 1678; 30 révolutions à 2003 jours.

La comète de Brorsen, du 19 mars 1857, et les comètes du 16 janvier 1661, 19 octobre 1532, donnent 58 révolutions à 2003 jours. Les deux dernières donnent 23 révolutions ayant exactement 2039 jours chacune.

Enfin 23 révolutions de la comète d'Encke, de 1204 jours, font 27 692 jours, c'est-à-dire une révolution de la comète de Halley.

On voit donc qu'on peut pousser les rapprochements aussi loin qu'on veut et que l'on n'apprend rien, si ce n'est qu'il doit exister nécessairement entre les comètes directes et les comètes rétrogrades à courte et à longue période, une corrélation, une concordance.

On pourrait, par exemple, dire que la période de la comète de Halley n'est pas une période du tout, c'est-à-dire qu'elle n'est pas une période fondamentale, originaire, invariable d'une comète quelconque, mais qu'elle est une période mixte, composée de périodes différentes d'une même comète; d'où il suit que la comète de Halley elle-

même est une comète composée, une comète mixte qui s'appelle d'Encke aujourd'hui de Gambart demain, d'Arrest après demain et ainsi de suite, mais qui reprend son nom de baptême quand elle revient à la place où on l'attendait.

La conséquence de ces considérations serait qu'il n'y aurait pas de comètes à longue période. On peut, en effet, partager les 76 à 78 ans en fractions très petites de 60 à 80 jours, par exemple, et l'on trouve toujours une comète ou l'autre qui correspond. Les 23 révolutions de la comète d'Encke, pour une de la comète de Halley, peuvent s'ajouter une à une, deux à deux, etc., etc. Toutes ces combinaisons donnent une comète tantôt directe, tantôt rétrograde, selon la quantité des périodes prises pour l'unité. La comète de Gambart, par exemple, a une période exactement double de celle de la comète d'Encke.

La douzaine des comètes à courte période, dont nous avons donné le tableau, représente une comète de Halley; la somme de 12 périodes donne un peu plus de 77 ans.

Il est digne de remarque que ces douze comètes à courte période sont toutes des comètes directes; les six premières comètes elliptiques calculées sont aussi directes. Il semble de cet aperçu que la marche directe se rapporte à une période courte.

Ainsi, pour une comète périodique rétrograde, pour la comète de Halley, nous avons douze comètes directes à courte période, qui apparaissent l'une après l'autre 160 fois, pendant que la comète de Halley accomplit sa promenade.

Il n'est donc pas impossible qu'une quantité de comètes se résument en une seule. On peut s'imaginer que celles de courte période, par exemple, viennent de la même souche; il s'ensuivrait que le nombre des comètes contenues dans le catalogue pourrait bien ne pas représenter des comètes véritables, originaires, et nous croyons que les six cents et quelques comètes dont parle M. Hind, qui ont été vues depuis les temps historiques jusqu'à nos jours, ne seront nullement fâchées en se trouvant réduites à quelques-unes.

La période de la comète d'Encke, de 1204 jours, est la plus courte connue; pourrait-on s'assurer que c'est une révolution véritable? Pendant ses conjonctions de 4 ans et demi, Mercure a accompli à peu près 16 de ses révolutions; Vénus, entre deux conjonctions de 8 ans, a tourné 13 fois autour du soleil.

Si nous nous imaginons que la comète d'Encke se meut entre Mercure et le soleil, ce qui n'est pas impossible, sa distance périhélie étant de 0,34, il est probable qu'elle accomplit pendant sa période de conjonction 20, 24 et jusqu'à 30 révolutions autour du soleil, nombres qui lui assignent entre 60, 50 et 40 jours pour parcourir son orbite.

Les observations des comètes étant circonscrites dans des limites très serrées de temps et d'espace, l'astronomie cométaire reste sans moyens de vérifier ses calculs; elle attend! Aussi ne peut-elle pas prouver que les périodes de retour des comètes soient leurs révolutions véritables.

De plus, les observations n'étant pas dirigées dans le

sens exigé, l'astronomie cométaire ne peut pas prouver, par les similitudes d'aspect et de grandeur, que la comète revenue dans son périhélie calculé d'avance, soit précisément la même comète qui avait été antérieurement observée; et, si nous nous permettons de remarquer qu'il est possible qu'une autre comète se soit mise à la place de la comète attendue, la science ne possède aucun moyen pour nous démontrer le contraire.

Nous sommes donc arrivé à nous convaincre que, parmi les propositions, théorèmes, dogmes, etc., etc., de l'astronomie cométaire, il n'existe rien qui puisse nous donner une espèce d'éclaircissement direct sur la nature du phénomène; que, par conséquent, si nous voulons avancer dans nos études, il ne nous reste qu'à suivre l'indication de la lumière.

Elle seule peut nous ouvrir un monde nouveau, des perspectives inconnues.

Avant de finir nos considérations, nous devons jeter un coup d'œil sur deux éléments essentiels : la lumière du soleil et l'atmosphère de la terre.

LA LUMIÈRE.

D'après les idées générales, la lumière est rangée parmi les impondérables, que l'on commence à considérer comme des forces physiques.

La science, dans son développement, regarde la corrélation de ces forces, l'ensemble des phénomènes qu'elles

produisent, leur concordance, coïncidence, coexistence. Elle étudie surtout le mouvement, la chaleur, la lumière, l'électricité, le magnétisme, les affinités chimiques, etc. ; elle cherche comment ces forces se tiennent entre elles, comment elles se transforment l'une dans l'autre et s'entre-produisent réciproquement ; à ces forces nous ajouterons l'attraction.

Toutes ces choses impondérables, forces, éléments, puissances, principes, comme vous voudrez, n'ont pas un mot propre pour les bien désigner, quoique toutes elles tendent à une seule signification, à un principe général, à une puissance fondamentale, la manifestation de la nature.

Pour nous donner l'idée de la corrélation des forces et des choses, nous n'avons qu'à prendre le premier morceau de pierre, par exemple, que nous trouvons à nos pieds.

Si nous le mettons en mouvement, nous trouverons réunies presque toutes nos connaissances sur la matière et la *non-matière* ; ce corps agira sur tous nos sens à la fois.

Il est et se meut dans l'*espace* ; son *mouvement* est engendré par une *force* proportionnelle à sa *vitesse* ; le phénomène est lié au *temps* qui *mesure* la vitesse et l'espace, et qui est mesuré à son tour par le mouvement ; il a une *gravité*, par conséquent une *attraction* ; il a une *densité*, c'est-à-dire une *pesanteur*, un *poids* ; il aura un centre, centre d'attraction et de *rotation* ; une *cohésion*, un *volume* ; l'*extension* des parties extérieures dans *trois direc-*

tions détermine sa *figure*; il sera plus ou moins *dur*, *élastique* ou *poreux*, plus ou moins *diaphane* ou *opaque*; il contiendra de la *chaleur*, de la *lumière*, de l'*électricité*, du *magnétisme*, de l'*eau* et de l'*atmosphère*; il aura de la *conductibilité*; il se *dilatera*, il aura des *affinités chimiques*, des *cristaux* simples ou composés, une *couleur* ou plusieurs couleurs; il émettra une *odeur*; il donnera de la *saveur*; le mouvement produira le *son*, etc., etc., et vous aurez l'*atmosphère* comme intermédiaire, comme interprète des phénomènes; les *quantités* seront exprimées par les *nombres*.

Reste à savoir combien de ces éléments on veut regarder à la fois comme liés ensemble, pour arriver à une explication satisfaisante d'un phénomène. Heureusement qu'on peut les regarder séparément presque toujours, quoiqu'ils ne soient pas en fait isolés.

La science a déjà trouvé la relation de la lumière et de la chaleur; les phénomènes de ces deux forces se confondent; peu s'en faut que bientôt l'électricité ne s'y joigne, et nous aurons une trinité dont l'expression générale sera les *rayons solaires*.

La transition de ces forces l'une dans l'autre est évidente; il ne s'agit que de l'ordre de succession.

Pour les comètes, il faut que nous nous contentions avec la lumière seule, prise isolément autant que possible.

Nous devons pourtant remarquer qu'il est généralement admis que c'est le soleil qui nous envoie et la lumière et la chaleur, et qu'ainsi deux des forces sont déjà dans une liaison presque inséparable. Ajoutons que ces

deux éléments s'usent également, c'est-à-dire qu'ils disparaissent en apparence après avoir produit leur effet ; que, pour les avoir constamment, il faut qu'ils se renouvellent sans cesse, et que, sans une alimentation permanente, ni l'un ni l'autre ne se font.

Cette manière de voir nous mène inévitablement à l'idée de la quantité, quantité qui diminue et doit s'épuiser avec le temps. C'est d'après cette idée que Newton a cherché une alimentation pour les étoiles éteintes, une comète pour faire revivre la lumière et la chaleur languissantes du soleil.

A la quantité nous pouvons opposer la qualité qui n'est plus épuisable.

Les trois forces : l'électricité, la lumière et la chaleur, ont pour base les rayons solaires, avons-nous dit ; elles existent comme tout existe dans la nature, pour toujours. En étendant nos vues, nous pouvons dire que, s'il y a modification dans les rayons solaires, si les trois éléments secondaires se transforment les uns dans les autres, rien n'est changé, rien n'est perdu. Si, par exemple, l'électricité se transforme en lumière, la lumière en chaleur, la chaleur peut à son tour se transformer en électricité, suite de la transition circulaire qui garantit la permanence éternelle.

Habitants de la terre, enchaînés à sa surface, pourvus de sens limités, c'est toujours par notre manière de voir les choses que nous établissons nos connaissances, que nous prenons nos conclusions, que nous faisons nos lois.

- Les phénomènes célestes pourraient bien être tout autres, si l'homme avait la puissance de changer sa vision et sa position dans l'espace.

Il s'ensuit que les phénomènes de la trinité solaire ou ceux de la lumière pris séparément sont déjà, tels qu'ils sont aperçus, les conséquences des modifications que les rayons solaires ont subies en arrivant jusqu'à nos yeux, et qu'en général, la nature des phénomènes vus de la terre est entièrement liée aux conditions données par la liaison des corps célestes entre eux.

Il est, par exemple, probable que les phénomènes de la lumière et de la chaleur sont essentiellement dissimilables sur les diverses planètes, et que sur chacun de ces corps célestes la science établirait d'autres lois. Il est même probable qu'en dernière instance ce seront les atmosphères, dans des modifications différentes, qui décideront la question.

De ces remarques, il suit que les phénomènes de l'électricité, de la lumière et de la chaleur, tels que nous les connaissons, appartiennent exclusivement à la terre, en tant que corps céleste spécial, et que par conséquent nous ne pouvons pas connaître la véritable nature, la nature non modifiée des rayons solaires; qu'ainsi nos conclusions scientifiques, tirées de nos expériences, ne démontrent pas autre chose que l'état de la lumière et de la chaleur parmi nous.

Le lecteur concevra ce qu'il y a toujours de hasarde pour l'homme, quelle que soit la valeur de son esprit ou même de son génie, à vouloir expliquer les phénomènes

de la lumière et de la chaleur en général d'après les notions terrestres.

Nous disons que la lumière et la chaleur, comme nous les connaissons, sont produites sur la terre, par la terre; nous pouvons dire que ces deux éléments se font sur les autres planètes de la même manière; mais nous ne pouvons pas assurer que les modifications ou, si on peut s'exprimer ainsi, les degrés des modifications soient les mêmes.

Comme le plus précieux de nos sens c'est la vue, le plus important des phénomènes c'est la lumière, l'*ultima ratio* de nos connaissances, la base de toute notre science expérimentale. Ce fait explique pourquoi les plus grands génies devaient s'occuper de préférence avec la lumière.

Les théories émises d'époque en époque nous donnent la preuve de la lenteur excessive avec laquelle l'esprit de l'homme se développe, avec laquelle nos connaissances s'étendent.

L'opinion une fois acceptée que les quantités de la lumière et de la chaleur solaire sont dépendantes de la distance du soleil, on devait nécessairement en tirer tous les théorèmes ultérieurs, toutes les déductions.

La vitesse de la lumière trouvée sur la terre devait servir pour mesure générale. La loi sur l'intensité de la lumière qui décroît en raison du carré de la distance, devait mener à la conclusion que la chaleur ainsi que la lumière doit s'accroître suivant la même proportion dans la proximité du soleil.

C'est ainsi que Newton a calculé la chaleur de deux

mille fois le fer rouge ; c'est ainsi que les savants les plus illustres ont pensé que la chaleur solaire, ajoutée à la puissance de la lumière, devait exercer une influence énorme sur les comètes et même faire évaporer leur noyau, etc., etc. ; c'est d'après cette opinion qu'on soutient que, sur les planètes très éloignées du soleil, comme le sont Uranus et Neptune, la lumière et la chaleur doivent être d'une faiblesse extrême.

Il est pourtant clair que, par cette manière d'argumenter, on sort de l'idée générale pour entrer dans des vues spéciales, divergentes.

Les rayons solaires marchent dans toutes les directions sans altérer leur nature ; quelle que soit donc la distance d'un corps céleste du soleil, dans notre système, les conditions restant égales d'ailleurs, la lumière et la chaleur liées ensemble doivent avoir la même intensité. Pour établir une différence, il faudrait admettre qu'elle résulte du plus grand espace parcouru par les rayons solaires.

D'après les notions actuelles, la lumière doit employer trente fois plus de temps pour arriver jusqu'à Neptune qu'elle n'en met pour venir à la terre. Il fallait donc dire que la lumière se modifie, qu'elle s'affaiblit pendant sa marche en proportion de la distance. Mais le temps assigné pour arriver jusqu'à nous, pourrait bien ne pas être conforme à la réalité. En effet, supposons que, hors de la terre, la nature de la lumière solaire soit confondue avec la nature de l'électricité dont la vitesse est dix mille fois plus grande : alors les rayons solaires arriveront presque ou peut-être absolument dans le même temps à

tous les points du système , c'est-à-dire que le système en entier sera constamment, totalement rempli des ondes qui deviendront lumière et chaleur, en venant en contact avec des corps solides rencontrés dans leur marche.

Il s'ensuit qu'il n'y a pas la moindre raison pour admettre qu'un corps céleste, une planète quelconque, appartenant au système solaire, reçoive plus ou moins de lumière par le fait de sa distance.

La loi sur le décroissement de l'intensité avec l'éloignement est précisément de la même nature que la loi géométrique des angles sous-tendus, loi de perspective; ces sortes de lois sont faites pour nous, pour nos yeux, et nous savons bien que ni la lumière ne s'affaiblit, ni le corps ne décroît avec la distance. Il ne faut donc pas transporter les lois faites pour notre vision, dans les espaces célestes.

On a fait des recherches et des expériences sur les quantités de lumière et de chaleur émanant du soleil, dans les parties différentes de son disque.

« Galilée disait que le soleil est également lumineux » dans toutes ses parties. Huygens croyait le soleil liquide » et en tirait la conséquence de l'égale intensité de la » lumière de cet astre sur tous les points du disque.

» Bouguer se prononce sur la question, par ses expériences, que le soleil paraît comme une surface plane dont » l'éclat est, pour ainsi dire, le même partout, mais que » ce jugement peut être une illusion provenant de ce » qu'en comparant le bord au centre, l'œil passe succes-

» sivement sur des parties dont l'intensité varie par
» degrés insensibles.

» Lambert a adopté une opinion directement opposée
» à celle de Bouguer, il dit : La surface du soleil nous
» présente partout le même éclat, il n'y a personne qui
» ne convienne de ce fait.

» MM. Airy et John Herschel, au contraire, admettent
» avec Bouguer, que le bord du soleil est moins lumineux
» que le centre.

» Laplace a complètement admis les déterminations de
» Bouguer, qui donnent pour les intensités comparatives
» du centre et d'un point situé aux trois quarts du rayon,
» les nombres 48 et 35 ; d'où il résulte entre les inten-
» sités du centre et du bord une différence au moins
» égale à celle des nombres 48 et 30 : c'est en partant
» de ces données que Laplace a calculé l'extinction de la
» lumière dans l'atmosphère solaire. »

Arago a démontré que les calculs de Laplace reposent
sur des faits complètement erronés, et il a trouvé pour
les bords 40, et pour le centre 41.

Dans ces sortes d'expériences et même dans les images
photographiques, on ne peut pas trouver une autre dé-
monstration, sinon que les instruments donnent la
lumière existante sur la terre, mais jamais la lumière du
soleil. Du rayon ou du demi-diamètre du soleil il n'en est
pas fait mention dans les recherches des savants, le
centre du disque apparent du soleil est pourtant de 180
à 200 mille lieues plus près de la terre, que n'en sont les
limbes, ou bords ; c'est la distance double de la lune à la

terre; il est vrai que cette différence de distance ne compte pour rien quand il s'agit de 40 millions de lieues.

On doit demander, ce qui est très difficile à savoir, comment et par quoi le soleil lui-même est éclairé. Les savants ont cherché des hypothèses.

Il n'est pas douteux pour nous que c'est par le soleil que les planètes sont éclairées, et par conséquent rendues visibles. Les variations de la lumière dans leurs positions différentes, les phases montrées par quelques-unes, ne nous laissent aucun doute à ce sujet.

Reste la question : comment les corps célestes en général appartenant au système, la terre en particulier, sont-ils éclairés par les rayons solaires?

La première conséquence des phénomènes lumineux, montrés par les planètes, est que le soleil émet ses rayons de toutes les parties de sa sphère sans exception. Le soleil se montre à nous par toutes ses faces dans l'espace de douze à treize jours, temps de sa demi-révolution, et il nous éclaire toujours également.

Nous disons donc que le soleil, corps sphérique lumineux, émet ses rayons dans toutes les directions. Première difficulté.

Avec le rayonnement dans toutes les directions et la figure géométrique d'une sphère, l'idée des rayons divergents est inévitable, et il est impossible d'imaginer comment les rayons marchant en tous sens pourraient devenir parallèles, comment même deux rayons parallèles pourraient subsister.

Mais, d'autre part, nos expériences démontrent jusqu'à

l'évidence que les rayons solaires nous arrivent parallèles, qu'ils sont parallèles pour toute l'étendue de la sphère, et que cette infinité de rayons tombent incessamment parallèles sur la surface de la terre. La science de l'optique s'est établie sur cette vérité fondamentale. Pour expliquer ce parallélisme des rayons, on a admis qu'en venant d'une grande distance avec une vitesse énorme, les rayons arrivent parallèles, se constituent parallèles, ou enfin qu'on peut les regarder comme parallèles. Ces explications n'en sont pas.

Nous avons d'autant plus besoin de ce parallélisme des rayons, que sans lui la théorie des angles d'incidence ne pourrait pas subsister.

Nous allons plus loin, et nous disons que les rayons sont convergents.

Dans une éclipse totale du soleil par la lune, pendant que la plus petite partie du soleil reste non cachée, le lieu de l'observateur reste éclairé; l'éclipse totale se fait, et en peu de minutes à l'autre côté de la lune se montre un tout petit point du soleil, et dès ce moment l'observateur est inondé de lumière. La totalité du disque solaire envoie donc ses rayons sur le même point, sur un grain de sable aussi bien que sur la sphère terrestre.

A l'opposé du soleil se trouve le cône d'ombre terrestre; si les rayons solaires restaient parallèles, ils ne se rejoindraient pas au sommet de ce cône, et il n'y aurait pas de cône du tout. Pendant une éclipse de Mercure, l'ombre de cette planète serait trouvable sur la terre.

Les rayons solaires sont divergents, parallèles et con-

vergents en même temps. Voilà un petit *spécimen* de leur nature. Ils nous forcent d'admettre et de faire concorder des choses que, dans toute autre circonstance, nous devrions déclarer impossibles.

Il serait nécessaire de bien connaître la différence entre les lumières diverses des corps célestes en général, et même entre les lumières différentes observées sur la terre.

La différence, par exemple, entre la lumière polarisée et la lumière non polarisée est connue, mais la lumière des corps célestes nous arrive en traversant l'atmosphère, et par conséquent réfractée ou du moins faiblement polarisée.

Les deux sortes de lumières des comètes, celle du noyau et celle de la queue, sont déjà deux modifications des rayons solaires dans l'espace. En examinant ces lumières, on les réfracte, elles subissent de nouvelles modifications, montrent par conséquent des différences, qui ne peuvent pas être comprises par l'observateur.

Sur cette lumière des comètes il nous suffit, pour le moment, de savoir qu'elle est la lumière solaire non réfléchie mais réfractée, ainsi que les raisonnements appuyés par les expériences nous l'apprennent.

D'après cet énoncé, la question se présente naturellement : réfractée par quoi ? Eh bien ! c'est ce qu'il faut chercher : nous pouvons seulement affirmer qu'il doit y avoir de quoi réfracter, et si nous y ajoutons que, selon nos connaissances, ce sont les corps diaphanes qui réfractent, nous dirons qu'il doit y avoir des corps diaphanes qui produisent les comètes.

L'ATMOSPHÈRE.

Ce que nous voyons, nous le voyons à travers et par l'atmosphère, et ce n'est pas sans raison que beaucoup de savants ont avancé que sans l'atmosphère nous ne verrions rien.

Ainsi, elle est notre télescope naturel, mais d'un autre côté elle est aussi une espèce de miroir transparent sans réflexion, dans lequel les images se projettent ; par conséquent elle est un télescope inverse, d'après Grégory. Nous nous trouvons dans l'intérieur, dans la partie inférieure du miroir sphérique convexe qui s'étend au-dessus de nous, autour de nous.

L'atmosphère n'est jamais en repos : la légèreté, l'élasticité de sa substance et les causes extérieures produisent un mouvement continu.

L'atmosphère entoure la terre, l'enveloppe dans toutes ses parties également, régulièrement, et par conséquent son épaisseur doit être partout la même ; sa figure doit représenter la figure de la terre sphéroïdale.

L'atmosphère se maintient par l'attraction de la terre, attraction exercée par le centre de la planète ; la conséquence naturelle de cette attraction est la densité décroissante de l'atmosphère avec sa distance du centre.

En prenant comme point de départ la densité de l'atmosphère à la surface des mers, elle décroît régulièrement insensiblement, par degrés, jusqu'à ce qu'elle arrive aux limites, à nous inconnues.

L'idée que l'atmosphère est une espèce de couverture qui empêche l'évaporation des eaux, a donné lieu à des opinions diverses. On dit, par exemple, s'il n'y a pas d'atmosphère sur la lune, il ne peut pas y avoir d'eau non plus, parce que les eaux en s'évaporant se perdraient dans l'espace. Mais qui empêche donc l'atmosphère de se perdre la première, l'eau viendra après? On oublie l'attraction. Tout au plus pourrait-on conclure du manque d'atmosphère sur la lune que les eaux s'y doivent trouver dans l'état solide, parce que c'est l'atmosphère qui répand la chaleur produite par les rayons solaires.

On a conçu l'idée des couches atmosphériques et d'une colonne représentant la hauteur entière de l'atmosphère.

Il n'y a ni couches, ni colonne, ni hauteur; il y a une densité décroissante dans toute l'épaisseur de l'atmosphère en proportion de l'attraction terrestre. L'espace ne connaît ni haut ni bas, ni gauche ni droite, ni orient ni occident, ni sud ni nord, etc., etc., etc.; nous décrivons en vingt-quatre heures un cercle entier, et nous visons toujours en haut, parce que l'homme étant debout, il est le prolongement d'un des rayons terrestres venant du centre.

On professe que les couches atmosphériques se pressent, c'est-à-dire que les couches supérieures exercent une pression sur les couches inférieures, et qu'ainsi, nous supportons le poids de la colonne atmosphérique entière. On pêche partout contre les lois! On sait bien, en effet, qu'une couche d'une moindre densité ne peut pas *presser* une couche plus dense, et qu'ainsi une colonne exerçant une pression ne peut pas exister.

On déduit en conséquence que le baromètre, étant en équilibre avec la colonne, représente et donne toujours la hauteur et le poids de l'atmosphère.

Si nous disons que l'atmosphère cherche toujours à se mettre en équilibre, nous entendons que c'est l'action permanente de l'attraction qui tend à ramener les densités des couches à l'état normal, quelle que soit d'ailleurs la cause des mouvements ou la direction des mouvements atmosphériques.

Nous savons qu'une densité s'accroît avec la pression ; l'atmosphère comprimée revient donc à sa densité antérieure si la pression cesse d'agir sur elle ; nous savons encore que la densité s'amointrit par la dilatation, et que c'est toujours une force qui détermine la dilatation ; si cette force cesse d'agir, la densité primitive se rétablit.

Il s'ensuit que, s'il y a compression, ce n'est pas que les couches agissent l'une sur l'autre, mais que la masse entière de l'atmosphère exposée à l'action d'une force, subit également une compression proportionnelle aux densités des couches. De même, s'il y a dilatation dans l'une des couches, elle s'étendra aux autres couches en proportion de leurs densités.

Les mouvements de l'atmosphère se font d'après les lois de la mécanique ; les phénomènes du mouvement sont liés aux différences des densités et des volumes, c'est la cause pourquoi les explications de ces mouvements sont difficiles ; ajoutons que les observations en général ne sont pas faites en connaissance de cause.

Il y a des mouvements constants et d'autres périodiques, ces derniers peuvent être locaux.

La terre marche dans son orbite avec une vitesse de 30 kilomètres par seconde. Il faut admettre que l'atmosphère marche avec la même vitesse. S'il y avait dans l'espace une résistance quelconque, appréciable, son effet sur l'atmosphère mobile et très légère vers ses limites, devrait être très sensible, et la masse entière de l'atmosphère qui se trouve à la surface de la sphère, dans la direction du mouvement serait refoulée et formerait à l'opposé de la sphère, une espèce d'ellipsoïde qui se laisserait toujours traîner par la terre en marche; cet ellipsoïde n'existe pas, on l'aurait trouvé.

Mais le lecteur sentira que cette vitesse de la terre ne peut pas rester tout à fait sans effet. La partie de l'atmosphère dans la direction de la marche terrestre doit éprouver, sans autre cause, par cette vitesse seule, une compression constante qui, sans son élasticité propre, serait d'un plus grand effet qu'elle n'est effectivement. Cette compression doit s'étendre à tout l'hémisphère terrestre et atmosphérique tourné vers la direction du mouvement, et doit être proportionnelle à la distance du point central occupant la ligne de l'orbite. La rotation de la terre amène toujours des nouvelles parties de l'atmosphère, et pendant que celles-ci éprouvent la compression, les autres se mettent en équilibre autant que possible.

Les observations barométriques, les variations qu'on appelle horaires, sont la preuve de cette compression constante. On ne donne pas encore la cause de ces variations

horaires, mais on les observe, et comme presque tous les phénomènes terrestres et quelquefois aussi les célestes se montrent plus clairement, plus nettement, dans les régions équatoriales, de même ces variations horaires du baromètre y sont plus sensibles.

La cause en est dans trois circonstances principales : à l'équateur se trouve la plus grande masse de la terre réunie, la vitesse de la rotation est la plus grande, et enfin, le soleil se trouve toujours dans le voisinage. Il est à regretter qu'il n'y ait pas dans ces régions de bons observatoires et de bons observateurs.

Ces mouvements de l'atmosphère produits par la translation de la terre dans son orbite, sont calculables, les calculs vérifiables par des observations faites avec des instruments sensibles.

Les plus grands mouvements de l'atmosphère sont dus à l'effet de la rotation terrestre.

La vitesse de rotation de l'atmosphère est égale à celle de la terre sur tous les points. Sans cette loi il n'y pourrait rien rester debout.

Arrêtons la terre, l'atmosphère continuera à tourner et balayera tout ce qui se trouve à la surface ; dans ce cas les eaux aussi tourneront et nous-mêmes avec elles. Arrêtons l'atmosphère, la terre tournera, et c'est encore l'atmosphère qui détruira tout. Pour nous, l'effet du mouvement est égal à l'effet de la résistance. Seulement les directions, dans notre exemple, seront opposées en apparence ; la première s'appellera ouragan d'ouest, la seconde, ouragan d'est.

La force du mouvement, la vitesse des vents, resteront proportionnelles à la vitesse de rotation, selon les positions géographiques sur la terre, les autres causes restant les mêmes.

Nous savons que la plus grande vitesse de la rotation se trouve à l'équateur, et que de là elle décroît également vers les pôles jusqu'à zéro, selon les cercles parallèles à l'équateur. Dans la région équatoriale, la vitesse est de 417 lieues par heure, le décroissement sera donc, pour chaque degré, de près de 4 lieues et demie, et on aura pour la latitude de Paris, par exemple, une vitesse de rotation de 210 à 216 lieues par heure.

Supposons maintenant qu'il se fasse sur un point quelconque de la terre, à l'un ou à l'autre côté de l'équateur un déplacement de l'atmosphère, les couches environnantes arrivent de toutes parts remplir l'espace laissé libre; comme elles auront des vitesses différentes, il y aura des mouvements apparents dans des directions diverses; si c'est une couche de plus grande vitesse qui arrive la première, on aura un mouvement *ouest*; une couche de plus petite vitesse donnera la résistance *est*; les rencontres des vitesses inégales donneront des résultantes; les rencontres des vitesses égales enfin se paralyseront; vents de directions diverses, etc., etc. A l'équateur, tout se passe différemment; les vitesses sont les mêmes dans les mêmes distances du cercle; il est donc concevable que les ouragans et les vents seront plus forts là qu'ailleurs.

La direction du mouvement de rotation est partout la même, d'occident en orient. Les vitesses sont différentes

non-seulement à l'horizon, suivant les lieux, mais encore, dans les mêmes lieux suivant les hauteurs : ces dernières différences sont trop petites pour devenir sensibles d'autant plus que pour nous il s'agit toujours des mouvements atmosphériques qui s'effectuent à l'horizon.

Les déplacements peuvent avoir lieu dans des couches différentes ayant des densités diverses. Nous voyons des nuages marcher au-dessus de nos têtes, un observateur situé sur une montagne pourrait voir ces mêmes nuages marcher au-dessous de lui ; preuve que les couches peuvent avoir des mouvements indépendants des couches inférieures ou supérieures ; nous pouvons même dire, en général, que les densités différentes s'entre-mêlent rarement : une couche déplacée est remplacée presque toujours par une masse atmosphérique de même densité.

Il est donc admissible que les plus grandes variations du mouvement atmosphérique résultent de la rotation, et que la base véritable d'une théorie possible des vents est dans la différence de la vitesse de l'atmosphère sur les divers points de la terre, mais il faut reconnaître que ces variations produites encore par d'autres causes, ne peuvent devenir l'objet de calculs.

L'attraction permanente de la lune doit nécessairement influencer sur l'atmosphère terrestre. Ce qu'on appelle les marées atmosphériques est une espèce d'oscillation, de balancement de l'atmosphère et non pas un mouvement pareil aux autres ; l'attraction de la lune tend à diminuer l'attraction de la terre sur l'atmosphère, et par conséquent à diminuer les densités des couches qui se trouvent dans

la direction des deux centres. Ces différences des densités doivent être calculables parce qu'elles sont intimement liées aux phénomènes des marées aquatiques. Des instruments sensibles donneraient les degrés de la diminution de la densité atmosphérique à l'horizon, si les observations étaient faites dans ce sens.

L'action de la chaleur en proportion de son intensité, dilate l'atmosphère et la déplace par conséquent. Cette dilatation exige le remplacement des masses refoulées par la chaleur, et elle met en mouvement les parties environnantes.

Supposons que l'atmosphère à l'équateur soit dilatée par la chaleur sur une grande étendue, et qu'ainsi dilatée, elle conserve encore une vitesse de rotation supérieure à celle du lieu où elle arrive, n'est-ce pas inévitable qu'un vent d'ouest se manifesterait ?

La condensation sur les parties plus froides de la terre, de l'atmosphère dilatée, donne les mêmes effets, mais qui peuvent amener des directions contraires.

Les condensations des vapeurs en eau exerceront d'autant moins d'effet sur le mouvement de l'atmosphère, qu'elles se trouveront plus éloignées de l'horizon ; tout au plus si elles détermineront de petites variations dans les densités.

Les rayons solaires qui traversent l'atmosphère constamment dans tout un hémisphère, auront une influence connue ; l'électricité aura la sienne, comme les détonations des gaz inflammables devenus explosifs par l'intervention de l'atmosphère, auront aussi la leur.

La plus grande confusion des vents est occasionnée par les aspérités de la terre, par la résistance des objets élevés à la direction du mouvement de l'atmosphère. Les chaînes de montagnes, les montagnes en général, selon leur configuration, font une opposition permanente. Elles occupent la place des couches inférieures et se posent sous des angles divers devant l'atmosphère en mouvement, elles empêchent la communication des couches égales ou homogènes. Le lecteur concevra comment ces masses atmosphériques seront refoulées, puis déviées, et enfin dirigées par ces positions géométriques, par ces élévations différentes; comment elles pénétreront dans les cavités, dans les espaces fermés par les angles, et comment elles produiront des tourbillons, des trombes et toutes sortes de phénomènes.

Les directions différentes, locales, des vents, quelquefois aussi leur force, sont ainsi déterminées par la configuration de la surface terrestre. Il n'y a pas de calcul possible, mais les habitants de certains points doivent connaître et prédire ces effets météorologiques, s'ils ont assez de perspicacité pour en saisir les causes.

La spécialité de ces mouvements divers est donc attachée aux positions géographiques et aux configurations géologiques. L'état dynamique de l'atmosphère nous montre assez clairement que les efforts de la science pour établir des lois météorologiques n'ont aucun avenir.

Ajoutons que l'atmosphère est un dépôt général, un réceptacle pour toutes sortes de substances qui savent s'élever de la terre; l'évaporation se fait partout et toujours; il y a des exhalaisons de la terre, des exhalaisons de

l'organisme ; il y a toutes sortes de gaz ; il y a de la fumée, des vapeurs venant des laboratoires ou des usines, etc., etc., et jusqu'à la poussière même. Si ce mélange n'affecte pas la composition chimique de l'atmosphère, il nous en gâte la perspective.

Ainsi notre télescope est un instrument très capricieux, très difficile à mettre en place ; ajoutons que nos pauvres yeux eux-mêmes se laissent parfois dévier par notre imagination, et nous concevrons les difficultés d'une bonne observation.

Mais si c'est l'atmosphère qui décide, en général, les conditions de la vision, son importance devient encore plus grande quand il s'agit des comètes. Elle seule, en effet, peut nous fournir l'explication de leur apparition, de leur temps de visibilité et de leur disparition. Il fallait donc regarder d'un peu plus près notre télescope, et principalement les verres qui le composent, c'est-à-dire les diverses densités de l'atmosphère.

Comment les anciens sont-ils venus à l'idée que les comètes sont engendrées dans notre atmosphère, comment pouvaient-ils dire que les comètes sont projetées sur des cieux de cristal ?

Les anciens ne connaissaient pas les comètes télescopiques, toutes leurs comètes étaient grandes et belles. Eh bien ! la comète de Donati, celle de 1858, regardée avec plaisir par tout le monde, semblait être pendant un certain temps, tout près de nous, au-dessus de nous, à quelques kilomètres de distance tout au plus. Les spectateurs, sans préoccupations scientifiques, disaient qu'elle devait

être dans l'atmosphère, et que la courbure de sa queue était toute naturelle, parce que toute ligne un peu allongée au-dessus de nous, doit se courber par un effet de perspective.

L'une des propriétés essentielles de l'atmosphère est de nous faire voir les rayons lumineux, c'est-à-dire la lumière même, soit que cette lumière se projette *sur* elle, soit qu'elle se trouve toute faite *dans* elle.

Le cristal des cieux pour nous, c'est l'atmosphère ; plus ses couches sont denses, plus la lumière contenue dans ces couches aura d'intensité.

• LES CORPS CÉLESTES DIAPHANES.

Selon diverses opinions déjà assez anciennes, il doit exister un grand nombre de corps célestes tournant régulièrement autour du soleil, corps qui sont restés invisibles et qui, par conséquent, doivent être diaphanes.

« Gascoigne suppose qu'il y a autour du soleil un grand
» nombre de corps presque diaphanes qui circulent dans
» des cercles de diamètres différents, mais dont aucun ne
» s'éloigne cependant de la surface solaire de plus du
» dixième du rayon de l'astre. Les vitesses de ces divers
» corps doivent être inégales et d'autant plus grandes que
» leurs orbites ont de moindres dimensions. De tels corps
» sont alors fort souvent en conjonction, et c'est la con-
» jonction qui fait apparaître une tache. » (Arago.)

L'hypothèse élémentaire de Gascoigne pêche par plu-

sieurs endroits. Selon l'une des lois de mécanique, un corps céleste tournant autour du soleil ne peut pas avoir pour sa révolution un temps moindre que celui de la rotation du soleil autour de son axe ; c'est-à-dire moindre que vingt-cinq jours, ce qui suppose déjà pour un corps une distance moyenne du soleil, à peu près de six millions de lieues. Mais ce qui est curieux, c'est que Gascoigne fait produire les taches noires du soleil par des corps diaphanes. Il est vrai qu'un corps céleste, d'ailleurs diaphane, peut contenir une quantité de substances opaques, distribuées dans sa sphère, et que ces parties opaques peuvent projeter des taches sur le disque solaire ; mais la vitesse du corps projetant surpasse la vitesse de la rotation solaire, et les taches ne bougent pas de leur place.

Les opinions diverses sur l'existence des corps dans la proximité du soleil doivent s'effacer devant les recherches de l'illustre Leverrier qui, d'après ses calculs, annonce l'existence d'un groupe de planètes entre Mercure et le soleil.

Les observations faites pendant une période de temps d'une valeur presquénulle pour l'astronomie, n'ont encore rien décidé sur cette question intéressante. L'observation de M. Lescarbault étant admise comme bonne et comme exacte, reste isolée.

Il est possible que ces corps soient en général diaphanes ; il est possible que quelques-uns d'entre eux soient en partie opaques.

Depuis que le nombre des astéroïdes nouvellement découverts s'accroît si rapidement, on commence à conce-

voir que le système solaire ne doit pas se borner aux grandes planètes si aisément apercevables, et si éloignées les unes des autres, et l'on admet qu'il est bien possible qu'il y ait encore des planètes plus ou moins grandes, placées dans les intervalles des planètes connues.

Ces petites planètes entre Mars et Jupiter nous apprennent qu'il peut s'en trouver plusieurs qui achèvent leur révolution dans un temps presque égal; que les excentricités peuvent être plus considérables qu'on ne le supposait, et qu'enfin les inclinaisons elles-mêmes peuvent être plus grandes qu'on ne les a trouvées jusque aujourd'hui.

De même qu'il existe un grand nombre de planètes entre Jupiter et Mars, de même il doit en exister, selon les calculs de M. Leverrier, entre le soleil et Mercure. On pourrait admettre par voie d'analogie qu'il s'en rencontre pareillement entre les autres grandes planètes, et principalement entre Mercure et Vénus dont la distance proportionnelle est plus grande que la distance entre Vénus et la terre.

Le lecteur doit remarquer qu'il n'y a pas de perturbation inconnue de Vénus et qu'ainsi l'analogie ne s'applique pas. Mais nous devons concevoir que l'attraction ne s'exerce pas collectivement, et qu'il ne s'agit pas d'additionner des attractions diverses ou des fractions d'attraction exercées par de petits corps en groupe. En calculant les perturbations de Mercure, le grand astronome a nécessairement trouvé l'action de la plus grosse des planètes, et l'on peut remarquer qu'un corps deux ou trois fois plus grand en masse sera capable d'effectuer une

perturbation, sans que les plus petits donnent signe de vie.

Les petites planètes, par exemple, entre Mars et Jupiter, ne semblent pas beaucoup perturber, ni l'une ni l'autre, de leurs voisines, et s'il est démontré que l'une de ces planètes, la plus grosse par exemple, exerce une perturbation ou une attraction nulle, c'est-à-dire inappréciable, tout le reste des cent ou mille petites planètes prises séparément ou ensemble, aura une valeur perturbatrice également nulle. La raison en est que l'attraction s'exerce en proportion des masses et par le centre.

S'il y a des corps célestes entre la terre, Vénus, Mercure et le soleil, ils sont nécessairement des planètes, et ils en ont tous les attributs sans exception. Si ces corps célestes sont diaphanes, ils doivent nécessairement produire des comètes, quelle que soit leur distance du soleil ; réciproquement, l'existence des comètes est la démonstration évidente de l'existence de ces corps diaphanes. La conclusion est inévitable.

Quelle pourrait être la substance des corps célestes diaphanes ? Les opinions en général sont pour l'eau. Cette opinion n'est pas uniquement le résultat de nos connaissances premières sur les matières diaphanes existant sur la terre, mais l'astronomie elle-même nous y conduit, en nous rappelant les deux grosses planètes Jupiter et Saturne qui, en regard de leur poids spécifique et un peu en regard de leur lumière, pourraient bien n'être que de l'eau.

Ainsi nous disons, par exemple, que l'eau doit abonder

dans le système; quant à nous, sur la terre, nous en sommes très bien pourvus, et la surface de la lune semble se présenter en grande partie comme une mer glaciale. C'est l'eau enfin qui aime avant tout à prendre la forme sphérique et qui doit être à l'état solide dans l'espace; plus le froid est grand, plus l'eau devient diaphane.

Nous ne trouvons ni dans les observations, ni dans les expériences, aucune preuve qu'il y ait de la chaleur dans la proximité du soleil; au contraire toutes les vues modernes, tous les calculs faits sur la température de l'espace, nous démontrent que c'est le froid qui est la règle générale de la nature, et que la chaleur en est l'exception.

S'il y a de la chaleur sur le soleil et une atmosphère comme celle de la terre, la chaleur est locale et ne sort pas de limites de l'atmosphère.

La chaleur d'ailleurs n'est pas une idée abstraite, elle ne se conçoit pas par elle-même, seule, indépendante; elle est toujours liée à la matière, liée aux phénomènes: elle trouve sa limite dans le foyer de la lumière produite par les rayons solaires.

Ainsi l'idée de l'eau est à la fois la plus primitive et la plus simple. Mais, quelle que soit la substance, nous savons que la clarté ou la perfection de l'image dépendra de la clarté ou de la perfection du corps diaphane. Nous savons, en outre, que les corps diaphanes, — dans des conditions d'ailleurs égales, — perdent de leur qualité essentielle, de leur transparence, en s'agrandissant, et qu'avec le volume ils prennent une couleur, deviennent plus denses et commencent à réfléchir la lumière.

Il s'ensuit que les corps diaphanes, pour donner de belles images, de belles comètes, ne peuvent pas dépasser en grandeur les limites de leur transparence.

Si nos connaissances sur la nature de la lumière solaire se développent, nous pourrions préciser la substance dont la réfraction donne la lumière de la comète.

Les circonstances de la visibilité des comètes nous autorisent à croire que les corps producteurs ne peuvent pas être situés au delà de l'orbite terrestre, et que c'est une condition nécessaire pour les sphères diaphanes propres à donner des images visibles, d'être situées dans l'espace contenu entre la terre et le soleil.

Le lecteur est sans doute saisi de l'idée que, si les comètes supposent et même exigent l'existence de corps célestes diaphanes invisibles, dont elles ne sont que des produits lumineux, elles doivent nécessairement servir à les trouver, et que sans leur assistance il serait même impossible de parvenir à connaître la position, la grandeur de ces corps, et en un mot tout ce qui concerne leur état planétaire.

En effet le problème se pose ainsi :

L'image étant donnée, chercher l'objet.

Il est hors de doute que le résultat définitif de la science ne doive être d'établir la relation ou la liaison des comètes avec leurs corps producteurs. Nous considérerons plus tard les difficultés qui doivent être surmontées, difficultés d'une nature extrêmement délicate et tout à fait nouvelle.

Nous concluons de ces considérations que l'astro-

nomie cométaire, en devenant plus intéressante qu'elle n'était, se divisera en deux branches.

La partie la plus importante des connaissances sur les comètes restera à l'astronomie, parce que les corps célestes producteurs sont de véritables planètes qui, comme telles, appartiennent au système solaire. La seconde partie, les comètes proprement dites, comme phénomènes lumineux avec tous leurs changements, entreront dans le domaine de l'optique dont elles constitueront un chapitre.

C'est cette seconde partie que nous voulons aborder sous la dénomination transitoire de COMÉTOLOGIE.

COMÉTOLOGIE

LA COMÈTE

I

L'image se produit dans nos yeux et dans les lunettes ou télescopes, contrefaçons de nos yeux, d'une seule et même manière. Les rayons envoyés par l'objet se réunissent en se convergeant dans le foyer de notre œil ou dans celui du télescope, pour y construire l'image de l'objet, puis ils s'en vont en divergeant, et pour que l'image reste visible, il faut qu'il vienne toujours de nouveaux rayons pour la produire.

On pourrait ainsi regarder toute image comme étant une comète, mais nous devons spécialiser, parce qu'il s'agit de l'image du soleil.

Les rayons solaires deviennent convergents par réfraction et par réflexion. La convergence est déterminée par la forme ou figure sphérique des substances réfractantes ou réfléchissantes.

En effet, en traversant une substance diaphane sphérique, ou en tombant sur des corps opaques, sphériques concaves, les rayons sont forcés par les angles d'incidence

de changer leur route, de quitter leur parallélisme et de marcher ensemble vers le même point.

La réfraction se fait par des substances diaphanes ou transparentes sans exception; la réflexion se fait par des corps plus ou moins opaques, plus ou moins denses.

Les rayons, pour être réfractés, doivent traverser les substances; pour être réfléchis, ils doivent rebondir sur leur surface. Nous ne regarderons que les rayons convergents par la réfraction.

La sphéricité d'un corps diaphane réfractant, étant la condition unique de la convergence des rayons, il n'est pas nécessaire que le corps soit une sphère entière. Une section de sphère suffit pour faire converger les rayons. Cette propriété de la sphéricité est d'un grand service dans la construction des objectifs de lunettes, parce qu'elle permet, au lieu d'employer des sphères entières, de n'en prendre qu'une partie, de remplacer la sphère par une lentille, par la moitié d'une lentille, etc., etc., ce qui fait encore qu'on gagne en diaphanéité.

La convergence des rayons une fois déterminée, leur réunion dans le foyer est inévitable; l'image du soleil se fait toujours de la même manière sans exception, quelle que soit la grandeur de l'objectif, quelle que soit la substance diaphane. Depuis la plus petite loupe jusqu'aux plus grands objectifs des télescopes; depuis un globe de verre rempli d'eau jusqu'à une planète diaphane, toujours la comète se produira de la même manière.

En effet il serait difficile de s'en imaginer une autre.

II

Prenons une lentille de verre, une loupe, un verre ardent, etc., etc., d'une grandeur quelconque.

Le disque de la loupe est mis en parallèle avec le disque du soleil; les deux centres, — du soleil et de la loupe, — sont dans la même ligne. Rapprochée d'un morceau de papier presque jusqu'au contact, la loupe projette un cercle lumineux égal en grandeur à elle-même. L'intensité du cercle ne surpasse pas l'intensité de la lumière extérieure. En élevant graduellement la loupe, le diamètre du cercle lumineux projeté décroît, et son intensité augmente dans la même proportion.

Les rayons convergents forment donc jusqu'au point de leur réunion un cône régulier, dont la base est la loupe, et dont la longueur est en proportion avec le rayon de la sphère représentée par la loupe. Ce cône n'est pas creux, mais entièrement rempli de rayons.

Le cercle projeté arrive à sa plus petite dimension possible; c'est le point d'intersection où les rayons se rencontrent. Ce n'est pas encore le foyer de la loupe, mais notre loupe étant petite, son foyer est tout près de ce point d'intersection. Dans ce foyer, les rayons acquièrent le maximum de leur intensité de lumière et de chaleur.

Dans le foyer, les rayons changent leurs positions et forment l'image renversée du soleil.

En continuant d'élever la loupe, le phénomène inverse se produit; le point commence à s'agrandir et les disques

lumineux augmentent successivement; les rayons sont devenus divergents. En arrivant à une distance double, le cercle lumineux aura le diamètre de la loupe, l'intensité de la lumière sera égale à l'intensité de la lumière extérieure; avec un écartement plus grand tout disparaît.

Nous avons fait l'expérience en projetant l'image sur le papier, sans cela elle n'aurait pas été visible, à cause de la position de l'observateur. On pourrait voir sans papier tout ce qui se passe, si l'on mettait son œil dans l'axe optique de la loupe, c'est-à-dire si l'observateur ou son œil se trouvait dans la même ligne qui passe par les centres du soleil et de la loupe, autrement dit, s'il était dans la conjonction.

Le foyer lumineux, l'image brûlante du soleil, c'est le noyau de la comète, les rayons qui sortent en divergeant, sont la queue.

III

Une lunette, un télescope tourné vers le soleil, contient dans son tube cylindrique les trois parties du phénomène que nous avons regardé par projection.

Pour voir nettement, clairement, l'image parfaite du soleil, le noyau de la comète, il faut mettre l'oculaire au point. Ce point est différent pour des yeux différents.

Tout le monde sait qu'en déplaçant l'oculaire, l'image devient confuse ou plutôt diffuse, elle perd sa clarté en s'agrandissant à mesure qu'on raccourcit ou qu'on allonge la lunette, c'est-à-dire selon qu'on tire ou qu'on pousse l'oculaire.

Ce phénomène se montre pour tous les objets regardés par les télescopes ; il devient plus sensible pour les corps célestes, principalement pour les étoiles. L'image du soleil doit donc subir les mêmes changements.

En déplaçant l'oculaire, on ne déplace pourtant pas l'image qui reste invariablement dans le foyer du télescope ; mais on voit les rayons convergents en poussant l'oculaire, divergents en le tirant.

L'image diffuse reste circulaire, on voit un disque lumineux dans les deux cas, qui s'agrandit toujours avec le mouvement de l'oculaire dans le même sens ; l'intensité décroît en même proportion, jusqu'à ce que toute image, même celle du soleil, disparaisse.

Si, par exemple, partant de la position exacte, donnant l'image parfaite du soleil, on tire l'oculaire graduellement, on verra des sections toujours croissantes du cône formé par des rayons divergents ; avec l'accroissement du disque s'accroîtra la quantité des rayons, jusqu'à ce que le soleil couvert et caché par les rayons cesse d'être visible, et qu'à sa place on aperçoive un disque lumineux.

C'est la plus grande section de la queue cométaire ; c'est ce qu'on appelle nébulosité circulaire sans noyau.

Si un opticien habile parvient à construire un appareil qui montre en projection la comète contenue dans un télescope, on pourra voir l'infinité des formes que les comètes en mouvement sont capables de prendre.

IV

Nous pouvons maintenant regarder comment une planète diaphane engendre la comète.

Quelle que soit la distance du soleil d'un corps diaphane capable de faire converger les rayons solaires, quelle que soit sa position dans son orbite, il se trouvera partout à l'opposé du soleil ; son centre sera toujours avec le centre du soleil dans une ligne droite, par conséquent la comète sera constamment produite.

Les rayons solaires en sortant de la sphère diaphane convergeront pour se rencontrer dans un point, changeront de place symétriquement, et marcheront ensuite en divergeant pour former le cône inverse.

Ici commence à se montrer la nature merveilleuse des rayons solaires.

Tous les corps ou particules des corps en mouvement, ayant une vitesse déterminée, peuvent être déviés de leur route par des forces ou des résistances angulaires. Quels que soient le nombre et la direction de ces forces, si elles convergent régulièrement sur un point, elles donnent une résultante suivant laquelle le corps se dirige. Si nous appliquons ce principe de la mécanique à la lumière, il en résultera que l'image produite par la masse des rayons convergents ne formera qu'un point lumineux très intense qui marchera dans une ligne droite.

Que veulent-ils donc ces rayons, après s'être traversés les uns les autres dans le point d'intersection, après avoir

changé leurs places? Veulent-ils simplement reproduire un cône inverse à celui déjà construit par eux en sortant de la sphère diaphane?

Ils commencent en effet ce cône inverse, mais tout à coup il se produit un travail sublime, incompréhensible ; les rayons se mêlent, marchent, se confondent, circulent les uns autour des autres pour faire l'image du soleil, et cette image se forme dans le point du cône inverse qui, par son diamètre, répond au diamètre du corps producteur. Il s'ensuit que, plus l'image du soleil est grande, plus longue est la portion du cône inverse.

La formation de la sphère solaire en image proportionnelle à la grandeur de la sphère diaphane productrice est le phénomène le plus admirable, l'œuvre la plus sublime que les rayons solaires puissent nous montrer.

Trois maxima se réunissent pour produire ce phénomène immense : maximum du rapprochement des rayons dans le point d'intersection ; maximum de la lumière par la réunion des rayons ; maximum de la chaleur par l'entre-frottement de ces rayons. Ainsi, l'image du soleil est complète, figure, lumière et chaleur en même temps.

Le travail incessant des rayons brûlants pour construire l'image du soleil, le mouvement même de ces rayons dans la sphère toujours en construction est devenu perceptible.

Plusieurs observateurs ont déjà remarqué dans le noyau de la comète ce travail non interrompu des rayons plus que lumineux : rayons enflammés, rayons en ignition ; des savants ont déjà remarqué que le noyau, dans sa proxi-

mité du soleil, dans le périhélie de la comète, semblait être dans une sorte de conflagration, comme s'il était incendié.

On conçoit que la partie la plus importante de la comète c'est son noyau, et que toutes les questions astronomiques doivent se rapporter exclusivement à lui, tant qu'il est visible.

La grandeur du noyau donne la grandeur de la planète productrice; la distance du noyau au soleil donne la distance de la planète elle-même, parce que le noyau est dans la distance focale de la sphère diaphane qui l'engendre. Le mouvement et la vitesse de la comète sont représentés par son noyau, etc., etc.

V

Une question importante se présente ici.

Quelles sont les conditions nécessaires pour que les rayons solaires deviennent lumière ?

Il est évident que les rayons en sortant du soleil ne sont pas visibles, et que pour nous ils ne sont pas encore de la lumière; mais cette force sublime est d'une délicatesse extrême; par le moindre attouchement d'une substance hétérogène, par le moindre contact avec la matière elle s'altère, elle se modifie.

Nous pouvons dire, en général, que les rayons solaires deviennent lumineux en venant en contact avec des substances quelconques d'une densité appréciable. L'intensité se détermine par la densité des corps en contact, et reste en proportion avec cette densité.

Les rayons solaires marchent incessamment; dès qu'ils rencontrent un corps céleste, ils sont arrêtés, ils tombent sur la matière, ils se brisent et le corps céleste est éclairé. Les rayons n'ont pas d'élasticité; ils traversent les atmosphères, mais non sans subir une modification. L'atmosphère réfracte les rayons qui sont réfractés une deuxième fois en marchant à travers les objectifs des instruments optiques: deux modifications successives.

Les rayons arrivés jusqu'à nous au travers de notre atmosphère, quoique modifiés, ne sont pas encore de la lumière; il faut qu'ils subissent des modifications subséquentes plus décisives. Par les réfractions successives, les rayons deviennent visibles, il semble que nous commençons à les voir analysés en couleurs; les réfractions répétées donnent enfin les rayons lumineux dont la couleur est reconnue être blanche.

Les rayons deviennent plus promptement de la lumière par la réflexion. Plus les corps réfléchissants sont denses, plus les rayons se brisent par le choc reçu, et par conséquent plus la lumière devient intense.

Autant que nos connaissances nous le permettent, nous pouvons donc dire que la déviation des rayons commence les modifications; que la vibration, pendant le passage par l'atmosphère, augmente la transformation, et que chaque ébranlement, chaque choc, contribue à la production de la lumière.

Il est donc possible que les rayons une seule fois réfractés, soit par l'atmosphère, soit par un corps diaphane, assument déjà un certain degré de visibilité, mais que la

lumière ainsi produite soit trop faible pour nos yeux, et il est probable qu'une deuxième réfraction lui donnera plus d'éclat. Il s'ensuit qu'il est possible que le cône formé dans le télescope par les rayons convergents soit déjà une lumière faible et visible, du moins en partie; nous disons en partie, parce que avec le rapprochement des rayons jusqu'au point d'intersection, l'intensité s'accroît.

Il semble que, dans le grand travail de la nature, ces rayons solaires, en se frottant, en se traversant, en se rencontrant dans des directions angulaires ou opposées, vu leur vitesse énorme, doivent subir la modification qui détermine la production de la lumière.

En effet, dans l'œuvre des rayons produisant l'image du soleil, il ne se trouve pas un autre agent, une autre force. Ce sont les rayons seuls qui s'arrangent entre eux, pour effectuer la plus grande intensité de la lumière et de la chaleur.

VI

Le cône formé par les rayons solaires entre la planète et le point de rencontre des rayons, n'est pas visible. Ainsi, en traversant la sphère diaphane, ces rayons ne sont pas assez modifiés pour devenir perceptibles; mais en s'approchant du point d'intersection, ils se frottent, ils se rassemblent pour s'entre-traverser. Il est donc possible que la partie la plus rapprochée du cône à ce point de ralliement acquiert une certaine intensité, et en commençant par ce point, que le cône inverse jusqu'à l'image du soleil

puisse devenir assez lumineux pour être visible dans certaines circonstances.

On appelle cette partie du cône inverse qui enveloppe pour ainsi dire l'image du soleil, l'auréole, ou la nébulosité du noyau. Cette nébulosité, cet entourage du noyau par les rayons en circulation, est toujours d'une intensité très faible.

Il est fait mention que, dans deux ou trois occasions, on a observé sur les comètes deux queues en opposition l'une à l'autre, et que la queue tournée vers le soleil, la queue extraordinaire, était comparativement à la queue ordinaire très courte et peu longtemps visible. On a encore remarqué que ces deux queues n'étaient pas dans une ligne droite, mais qu'elles formaient un angle. Il est possible que quelquefois et par exception une portion du cône antérieur se fasse voir.

VII

Nous avons quitté pour un moment le noyau, cette image du soleil, cette œuvre suprême des rayons solaires, La science s'exprime ainsi :

« Les rayons solaires, après s'être réunis au foyer, continuent leur route en divergeant. »

Notre objet exige un peu plus de détail.

D'abord, les rayons primitivement parallèles se sont convergés, ils sont ensuite devenus divergents; mais il n'est plus question de la continuation de la route.

Et nous disons que les rayons réunis dans le foyer, et qui ont contribué à la formation de l'image du soleil, non-

seulement ne continuent pas leur route, mais encore qu'ils ne peuvent pas continuer aucune route, attendu qu'ils ne marchent pas du tout.

Ces rayons ont achevé leur dernière œuvre, ils ont accompli leur destinée, ils ont fait hommage à leur père en se rangeant dans un ordre admirable pour représenter dignement son image dans sa plus grande perfection.

Ils doivent quitter leur vie de rayons solaires pour en recommencer une autre, ils ont perdu leur vitesse, la condition de leur existence. Ces rayons n'étant plus des rayons, ne peuvent plus sortir du foyer, ils sont devenus de la fumée, de la cendre de rayons, ils ont été détruits par le feu ; mais ils sont refoulés par les rayons vivants qui viennent à leur tour subir le même sort. C'est ainsi que se fait la transformation incessante.

Les rayons morts refoulés constituent la queue cométaire, c'est la lumière blanche.

Ils doivent sortir, ces rayons, régulièrement l'un après l'autre, parce que les rayons survenants se mettent à leur place ; leur masse devient de plus en plus grande, la lumière blanche se condense, s'élargit, se prolonge pour former la longueur proportionnelle de la queue ; le reste se perd dans l'espace.

VIII

La forme, la figure de la queue cométaire n'est pas régulièrement conique, elle n'est pas comparable à la figure théorique des rayons divergents, ni au cône qui se fait dans les télescopes, à partir du point d'intersection.

La divergence des queues n'est pas considérable, quoiqu'en sortant du noyau elles s'élargissent, il y a même des comètes dont les queues ne montrent aucun élargissement.

Les phénomènes généraux observés dans les queues cométaires nous expliquent mieux l'état et la nature de leur lumière que nous ne pouvons le faire par des paroles.

Les observations que les intensités changent subitement, que tantôt les bords, tantôt les centres sont plus lumineux, que les queues semblent quelquefois comme agitées par les vents, démontrent le mouvement continu de cette masse de lumière blanche. La multiplicité des queues pourra faire naître d'autres idées, et nous reviendrons sur ce sujet intéressant ; il est du moins difficile d'admettre qu'il se rencontre dans cette action de la formation de la queue, des mouvements de rayons capables de donner le phénomène de l'interférence ; les lignes noires qui divisent la queue et qui la traversent quelquefois, se rangeront aussi peut-être sous la rubrique de la perspective des produits du mouvement en général.

Le lecteur n'oubliera pas que la comète n'est jamais achevée, jamais finie ; elle se fait continuellement autant qu'il reste au soleil un seul rayon à émettre ; il s'ensuit que la comète est toujours nouvelle, que celle du moment est morte et qu'une toute fraîche la remplace, que l'observateur voit ainsi dans une seule minute un million de comètes nouvelles, c'est-à-dire la même comète un million de fois renouvelée. Telle est la nature lumineuse, les rayons devenus lumière se perdent, les rayons suivants deviennent lumière, et se perdent à leur tour à l'infini.

Et ces comètes peuvent, pendant la minute de leur renouvellement, montrer des changements autres que ceux généralement observés. Supposons, par exemple, que le corps producteur ait une rotation, que sa figure ne soit pas une sphère régulière, qu'il contienne des parties opaques plus ou moins étendues, etc., tous ces éléments produiront des variations, parce que les rayons se modifient suivant les conditions données par les corps qu'ils traversent. Il ne serait donc pas impossible que les queues cométaires montrassent aussi quelquefois des couleurs.

Il y a mille combinaisons possibles qui peuvent déterminer les diversités sans nombre dans un phénomène simple par sa nature, extrêmement compliqué par sa finesse. Si, parmi les corps diaphanes autour du soleil, il se trouve un diminutif de Saturne, il donnera une comète double, la comète de Gambart. Mais si nous supposons une quantité considérable de corps diaphanes entre deux planètes, n'est-il pas assez admissible qu'il s'en trouve quelques-uns ayant la même inclinaison et presque la même vitesse, ainsi que cela se voit pour quelques-uns des astéroïdes? Une rencontre des comètes produites ne sera donc pas bien extraordinaire; elles s'approcheront, s'éclipseront et s'éloigneront ensuite. Entre une multitude d'images, cette sorte de phénomènes doit arriver, indépendamment des observations; les comètes peuvent donc se doubler et se dédoubler, comme font les étoiles doubles, etc.; on ne devrait même pas s'étonner de voir un jour un dédoublement parmi les petites planètes entre Mars et Jupiter.

IX

L'homme, dans sa généralité, réfléchit peu ; il faut avant tout qu'il existe ; si vous n'en trouvez pas la nécessité, adressez-vous à l'organisme.

Dans tous les temps, le petit nombre seulement s'est occupé sérieusement des sciences, et l'on est porté à croire que ce nombre n'accroît pas en proportion des masses ; on pourrait même dire que la force de l'esprit décroît avec le volume de la matière et avec son étendue, absolument comme la lumière.

Ce qui se peut dire des sciences en général s'applique plus particulièrement à l'astronomie, dont l'objet est au delà des appétits organiques. Il n'est donc pas étonnant que les masses ne s'en mêlent jamais et que les particules se désorientent. Ce qui n'empêche pas l'homme de se passionner par prédilection pour les phénomènes célestes, et de chercher là une espèce de compensation à ce peu de contentement que lui font éprouver les phénomènes terrestres. Au ciel, il veut tout savoir ; les pourquoi ne finissent pas. Pourquoi les bandes de Jupiter, les anneaux de Saturne, les taches du soleil, la voie lactée, etc., etc. ? Mais partout il se trouve entouré de mystères.

Les phénomènes célestes doivent-ils donc être plus simples, plus à la portée de l'esprit humain que ne sont, par exemple, les phénomènes atmosphériques de la terre, accessibles tous les jours ? L'homme touche les objets, les corps, la matière ; il les anatomise, il les enferme dans

ses vases, il les analyse. Ses livres contiennent bien le comment, ils se taisent sur les pourquoi.

D'un côté, on est séduit par les progrès de l'astronomie, par les découvertes dues aux grandissements. Quand un Herschel, par son monstre de télescope, regarde les profondeurs du ciel, et qu'il y aperçoit une quantité innombrable de points scintillants, on veut déjà connaître ce qui se passe dans ces parages! Il se peut qu'un complaisant raconte beaucoup de merveilles, on ne s'en contente pas; on voudrait savoir et toucher, et il se trouve toujours des savants aimables qui donnent des explications plus étonnantes les unes que les autres. On est battu et content.

D'un autre côté, flatté par l'idée de l'infini, on ne connaît plus de limites à son entendement, du moins on n'en admet pas; et, malgré qu'on préfère le jeu amusant de l'imagination aux exigences sérieuses de la raison, on analyse cette raison; la critique est si agréable! C'est l'arme la plus sûre pour renverser, la force devant laquelle rien ne résiste; c'est le génie destructeur qui doit finir par se détruire lui-même.

Et pourtant les observations sur la force intellectuelle, accumulées pendant ce moment que nous appelons quarante ou cinquante siècles, pourraient-elles fournir les éléments nécessaires pour calculer la durée des révolutions de l'esprit? Qui sait, peut-être trouvera-t-on que l'intelligence est périodique; peut-être résultera-t-il des calculs qu'elle a une orbite très serrée, une orbite de satellite rétrograde.

X

Les phénomènes cométaires sont d'une nature éminemment optique ; les conditions de leur visibilité attestent clairement que les positions géographiques des observateurs sont d'une importance capitale. De là les divergences entre les observations du même phénomène, sans compter la différence des yeux, l'habileté de l'observateur, et surtout la tendance à voir ce qu'on désire, de là la conviction que des observations fugitives, sans date, sans positions données, peu nombreuses, sans concordance entre elles, ne peuvent nullement fournir des explications, amener des déductions, motiver des conclusions.

Nous avons déjà remarqué que la science s'établit sur les données de l'expérience, qui démontrent la constance et l'invariabilité des phénomènes.

Nos connaissances sur les comètes en général, n'ont pas encore atteint le développement nécessaire pour se constituer en lois scientifiques ; et si nous prétendions pouvoir établir des principes définitifs sur des phénomènes changeants, peu observés, diversement observés, nous aurions simplement donné la démonstration de notre faiblesse.

Si nous continuons à nous arrêter devant une partie de la comète, la nébulosité, la queue, etc., etc., à expliquer l'une ou l'autre des variations à l'infini qu'elles nous montrent, nous ne cesserons pas de nous tourner dans une courbe fermée.

Nous émettrons des idées, des opinions, des hypothèses nombreuses ; il est possible que nous nous approchions de la vérité, que même nous la trouvions réellement ; mais voilà que les arguments, puisés dans la science elle-même, démontrent que toutes nos suppositions sont fausses, et nous ne pouvons plus démêler lequel est dans le faux, de nous ou de la démonstration.

Plus les investigations scientifiques se multiplient, — même sur les parties détachées de la comète, — plus nous devons nous approcher de la connaissance de la comète entière. L'analyse des forces, par exemple, agissant sur les queues, doit finir par démontrer l'immatérialité de la substance de ces dernières.

En effet, qu'avons-nous trouvé ? De la lumière, des circonstances en rapport avec elle, des conditions de visibilité ; des calculs qui ne prouvent rien, sinon qu'il y a quelques comètes qui reviennent périodiquement ; et, quant aux changements d'aspect, les comètes nous démontrent qu'ils ne peuvent pas être produits par les corps matériels, mais qu'ils tombent nécessairement dans le domaine de l'optique et de la perspective.

XI

L'infinité des variations petites ou grandes que nous montre l'aspect des queues cométaires, ne pourra peut-être jamais devenir l'objet d'explications satisfaisantes, et elles resteront rangées parmi les choses soustraites aux connaissances humaines, non à cause de leur nature, mais

à cause de leur inaccessibilité. Ces sortes de phénomènes et leur origine ne sont pas en dehors de notre compréhension, mais en dehors de nos expériences ; par des raisonnements plus ou moins justes, nous pouvons arriver à des conceptions admissibles, mais jamais jusqu'à la conviction.

Nous disons que la cause principale des queues multiples ou des dimensions diverses observées, doit nécessairement se trouver dans le corps producteur, dans sa constitution physique. Cet énoncé peut suffire pour comprendre la portée de la question ; quant à connaître la constitution physique d'un corps céleste éloigné et invisible, c'est impossible.

La lune se trouve près de nous, elle est visible ; de sa constitution physique, nous ne savons rien.

Mais nous savons que les rayons solaires se modifient diversement en traversant les substances de densités différentes ; l'optique nous enseigne les indices de la réfraction ; ajoutons que les rayons perdent en vitesse selon qu'ils rencontrent plus de résistance, et qu'ils sont tout à fait interceptés par l'opacité parfaite, par une densité trop grande.

Les corps producteurs des comètes peuvent contenir dans leur sphère des substances diverses plus ou moins diaphanes, plus ou moins denses. Autant de substances, autant de modifications des rayons, qui pourtant arrivent à se réunir dans le foyer, mais d'une manière différente ; quelques-uns changent leur direction dans la sphère même, d'autres changent leur vitesse.

Il est concevable, il est même clair que l'action restera invariable, c'est-à-dire que les rayons sortiront du foyer de la même manière qu'ils y sont entrés; que la queue se produira comme s'est produit le cône sortant de la sphère diaphane. La conséquence est conforme à la nature des rayons, et en nous rappelant que la comète se renouvelle incessamment, et que la planète diaphane peut avoir une rotation, nous pouvons arriver aux idées sur les variations des queues.

Nous pouvons même élargir nos raisonnements et supposer que les taches du soleil, les taches du moins tout à fait noires, n'émettent pas de rayons, — ce qui est admissible, — parce que probablement sans cela nous ne les verrions pas si bien dans nos télescopes; il s'ensuivrait que les rayons qui imitent parfaitement l'image du soleil, ne se trouveraient pas dans le foyer aux points des taches, et que par conséquent il y aurait intermittences, lacunes dans les queues, lacunes représentées par les lignes obscures observées.

Le soleil aussi a sa rotation, et ses taches se déplacent! Toujours des comètes nouvelles, toujours des variations à l'infini.

L'optique ne s'est pas encore occupée de ce qui se passe dans l'image du soleil et dans les deux cônes lumineux contenus dans le télescope; elle n'a pas encore étudié les comètes ainsi produites; elles auront sans doute plus d'intensité que les comètes vraies, qui se font par une seule réfraction.

Nous savons que les objectifs défectueux altèrent les

images précisément en raison de leur défectuosité. Si les objectifs ne sont pas bien sphériques, bien polis; s'ils contiennent des taches, des parcelles d'atmosphère; si par un mélange imparfait des matières; ils ont des nuages, des nébulosités, des couches de densité différentes, etc., etc., l'image éprouve les effets des variations les plus minimes; et de même les queues.

XII

La forme des noyaux cométaires n'est pas connue. Les observations en général disent qu'ils sont mal terminés, et montrent des aspects divers; que leur diamètre varie toujours, que leur lumière parfois est très intense, et qu'on voit des scintillations et des rayonnements selon les positions différentes.

On pourrait supposer que ce noyau cométaire, image du soleil, ainsi que la même image dans le télescope, est une sphère. Mais si les noyaux des comètes étaient réellement d'une forme sphérique, ils devraient se montrer toujours et invariablement en disques circulaires, quelle que fût la position de la comète; ce qui n'est pas.

Plusieurs observateurs ont pensé que le noyau représente la figure d'une sphère coupée en deux, un hémisphère parfait vu de côté, semblable par exemple à celui de la lune pendant ses quadratures. Les observations de M. Cacciatore sont dans cette supposition; l'astronome de Palërme va plus loin: il a même observé des phases pareilles aux phases de la lune. Malheureusement il fait

changer trop brusquement la position de ces phases, et Arago démontre l'impossibilité de ces transitions subites.

La partie centrale du noyau sphérique doit nécessairement se trouver dirigée vers la queue, elle doit coïncider avec l'axe longitudinal de la queue; il s'ensuit que, pour bien voir le disque du noyau, on doit le regarder à travers la queue dans toute sa longueur, en mettant l'œil de l'observateur dans l'axe même de la queue. Dans toute autre position le noyau doit être mal terminé.

Cette circonstance nous apprend que la forme exacte du noyau n'est jamais visible de la terre. Les comètes rétrogrades ne tournent pas leur noyau vers nous, l'image sphérique du soleil étant concentrique au soleil; les comètes directes dans leur position la plus favorable, quand le disque de leur nébulosité s'approche de la forme circulaire, nous cachent le noyau par la masse de la lumière blanche de la queue. Ainsi les noyaux ne peuvent pas nous montrer l'image parfaite du soleil, telle que nous la voyons dans les télescopes.

Les rayons solaires réunis dans un foyer, donnent l'image du soleil dans ses plus petits détails. Cette vérité n'admet pas d'objection, mais elle exige que l'objectif ou la matière, qui détermine la convergence soit d'une diaphanéité et d'une pureté parfaites. La conséquence de ce fait est que l'image du soleil donnée par les objectifs des télescopes, ou par un corps céleste diaphane quelconque, ne peut être ni sphérique ni hémisphérique dans le sens ordinaire; mais qu'elle doit avoir exactement la même forme que l'hémisphère lumineux du soleil, c'est-

à-dire qu'elle doit représenter exactement la surface sphérique du soleil sans épaisseur aucune.

Le noyau est un hémisphère creux, construit avec une finesse inconcevable particulière aux rayons solaires. C'est une idée sublime de la lumière de s'incorporer de cette manière, et il n'est pas étonnant que ses œuvres échappent si souvent à la perception humaine. Il serait en effet surprenant que l'optique parvînt à établir avec précision la véritable figure des rayons lumineux qui forment dans le télescope l'image du soleil.

LA COMÈTE EN MOUVEMENT

I

Supposons une planète diaphane marchant dans son orbite autour du soleil. Supposons que son orbite n'a point d'inclinaison, c'est-à-dire que son plan coïncide avec le plan de l'écliptique; supposons enfin qu'elle se trouve entre Mercure et le soleil, et qu'elle accomplit sa révolution autour de l'astre central en quarante jours, ce qui lui assigne une distance moyenne de 8 à 9 millions de lieues.

Arrêtons un peu la terre et plaçons-nous dans son centre, pour mieux voir ce qui se passe.

La planète aura pour orbite comme les autres planètes une ellipse peu allongée, presque un cercle. Ainsi la différence entre sa plus grande et sa plus petite distance du soleil n'étant pas trop grande, elle pourra se trouver toujours presque dans son périhélie.

La comète produite par elle la suivra partout dans une distance déterminée par la longueur focale, proportionnelle à son diamètre. Quelle que soit la distance de la comète, elle accomplira sa révolution dans son orbe concentrique avec l'orbe planétaire, et dans le même temps, c'est-à-dire en quarante jours. La vitesse angulaire de deux mouvements étant égale, la vitesse absolue de la comète deviendra plus grande en proportion de sa distance.

La planète et la comète viendront pendant leur marche aux positions connues relativement à la terre.

Il y aura, par exemple, des conjonctions supérieures et des conjonctions inférieures; si les comètes sont visibles de la terre pendant leurs conjonctions inférieures, nous changerons le mot périhélie en périégée. Dans sa conjonction supérieure la comète se trouvera dans sa plus grande distance de la terre, ce sera son apogée.

Les distances de la comète au soleil vues de la terre seront des distances angulaires, des distances apparentes.

Dans la moitié de son orbite presque circulaire, la planète, comme la comète, sera située au delà du soleil, dans l'autre moitié en deçà du soleil, relativement à la terre.

Le sens du mouvement sera celui des planètes en général, c'est-à-dire d'occident en orient, ou direct.

Mais pour l'observateur sur la terre, les comètes ne seront directes que pendant qu'elles se trouveront situées entre la terre et le soleil; elles paraîtront être rétrogrades quand ce sera le soleil qui se trouvera entre elles et la terre.

Ainsi il y aura autant de comètes directes que de comètes rétrogrades.

Si la visibilité des comètes dépend de leurs conjonctions, chaque révolution de la planète nous donnera deux comètes, l'une directe, l'autre rétrograde.

Dans la supposition que la planète accomplit en quarante jours sa révolution, nous aurions par an neuf comètes directes et autant de rétrogrades : ce qui donnerait pour les vingt derniers siècles révolus, 36 000 comètes,

moitié directes, moitié rétrogrades ; soixante fois plus qu'on n'en a vu depuis les temps historiques jusqu'à nos jours.

II

Prenons pour point de départ, pour la planète, comme aussi pour la comète dans leur orbite, la conjonction supérieure.

Toutes les deux seront cachées par le disque solaire pendant un certain temps, mais bientôt elles en sortiront, la comète toujours la première, à cause de son plus grand éloignement et à cause de la longueur de sa queue.

L'observateur verra, au moment d'émersion, une nébulosité plus ou moins circulaire, il verra le noyau presque dans le centre de la nébulosité; à mesure que celle-ci perdra sa figure circulaire et deviendra plus ovale, la queue apparaîtra. C'est pourquoi l'on dit que les queues se forment aux dépens des nébulosités.

Du moment donc que la comète sort de derrière le disque du soleil, le jeu de la perspective commence, et les changements à l'infini s'accomplissent pendant que la comète parcourt la quatrième partie de son orbite, pour arriver à sa quadrature.

Dans cette position, où elle montre le plus grand développement possible de sa queue, et point de nébulosité proprement dite, on pourrait mesurer sa distance réelle du soleil.

En continuant sa marche vers sa conjonction inférieure, la comète montrera les mêmes variations qu'elle a déjà

subies, mais d'une manière inverse; ce sera maintenant la nébulosité qui se formera aux dépens de la queue; elle s'accroîtra, elle s'arrondira à mesure que la queue disparaîtra, jusqu'à ce qu'elle devienne dans sa conjonction centrale un disque parfait.

La planète restera toujours invisible.

Pendant la première partie de sa marche jusqu'à 90 degrés la comète a été rétrograde, ensuite elle est devenue directe. Cette transition d'une comète, d'un sens du mouvement dans l'autre, n'a jamais encore été observée, et cette circonstance nous apprend que les comètes ne sont pas visibles de la terre, si elles s'écartent trop de leur conjonction.

Dans la seconde moitié de l'orbite, les mêmes phénomènes se reproduiront alternativement: ceux de 0° jusqu'à 90° auront lieu de 180° jusqu'à 270°; ceux de 90° à 180° auront lieu de 270° à 0°.

Il est à remarquer que les queues des comètes rétrogrades sont opposées à la fois au soleil et à la terre, tandis que les queues des comètes directes sont opposées au soleil et tournées vers la terre.

La conséquence naturelle de cette circonstance caractéristique essentielle des deux sortes de comètes, est qu'on voit les comètes rétrogrades en commençant par le noyau, et que, si elles présentent des nébulosités, celles-ci sont données par toutes les couches extérieures de la queue dans toute sa longueur; qu'on voit au contraire les comètes directes en commençant par l'extrémité de leur queue; que si elles se montrent en nébulosité, celle-ci se com-

pose de l'intérieur de la queue dans toute sa longueur, représentée en section par le disque circulaire.

Il est donc concevable que les comètes directes ne puissent pas montrer le noyau en même temps qu'elles montrent une nébulosité plus ou moins circulaire, et qu'aussitôt que la nébulosité perd sa forme et que la formation de la queue commence, le noyau se montre mal terminé;

Que dans la nébulosité des comètes rétrogrades, au contraire, on voit toujours le noyau plus ou moins intense.

Les nébulosités plus ou moins circulaires sont donc les sections de la queue dans sa plus grande largeur; leur diamètre est égal au diamètre de la queue. Quand les nébulosités et les queues commencent à se confondre, il n'y a plus de section; c'est la perspective simple.

Cette particularité des comètes nous donne le moyen de reconnaître, à simple vue, si une comète est directe ou rétrograde.

III

La terre, pendant sa marche, peut rencontrer une comète partout; autrement dit, les conjonctions peuvent arriver dans chaque point de l'orbite terrestre.

Il est donc hors de doute que les comètes parcourent toutes les constellations, qu'elles nous viennent de toutes les directions du ciel.

Nous verrons plus tard que toutes les circonstances concourent à prouver que, pour nous, les comètes ne

peuvent être visibles que pendant leurs conjonctions ; mais il faut préciser le sens du mot.

Pendant les conjonctions centrales, leur visibilité est impossible ; nous devons donc faire sortir la comète de sa position sans inclinaison, où nous l'avons mise pour le moment.

Tout le monde sait que c'est par les inclinaisons que les différences de déclinaisons sont déterminées. Les comètes peuvent donc devenir visibles pendant leurs conjonctions parfaites, mais non centrales, quand, par suite de la position inclinée de la planète, elles se trouvent en dehors du disque solaire. En effet, nous avons vu que la comète peut se trouver en dehors, pendant que le corps producteur reste encore caché par le disque solaire.

Les comètes peuvent être visibles avant et après les conjonctions proprement dites ; c'est la conséquence de nos remarques déjà faites ; la durée de leur visibilité, comme aussi leur changement pendant la marche, doit nous donner les éclaircissements sur ce sujet.

Nous trouvons donc qu'il peut y avoir des comètes qui passent par leurs conjonctions au delà et en deçà du soleil, tout en restant visibles de la terre.

Il y a, d'après cet énoncé, quatre positions principales pour la visibilité des comètes : deux pour les rétrogrades et deux pour les directes, avant et après les conjonctions.

La comète pourra devenir visible dès le moment de son arrivée dans le champ de notre vision, et son apparition sera toujours subite ; en s'approchant angulairement du soleil, elle restera visible jusqu'à ce qu'elle se cache

derrière le disque solaire, ou qu'elle soit offusquée par l'intensité plus grande de cet astre. Les comètes rétrogrades et directes, quand elles se perdent ainsi, nous voudrions les appeler *rentrantes*. Les comètes visibles, après avoir dépassé leur point de conjonction, soit qu'elles sortent de derrière le disque solaire, soit qu'elles quittent la lumière de ce même disque, on pourrait les nommer *sortantes*.

IV

Nous avons vu que l'aspect des comètes doit nécessairement changer ; la plus petite différence de l'inclinaison nous montre un autre aspect, une autre comète, et il est naturel que ces changements soient subits ; ajoutons le mouvement de la terre, sa position aussi changeante relativement au soleil, la position géographique de l'observateur, la rotation de la terre, etc., etc., et on concevra la complication des phénomènes.

Il n'est pas étonnant que les mêmes comètes, dans leurs réapparitions, montrent toujours des aspects nouveaux ; la plus petite variation dans les positions de la planète productrice et de la terre doit amener des différences d'aspect.

Nous avons observé que la terre, dans chaque point de son orbite, peut rencontrer une comète, et que cette comète peut se montrer chaque fois différemment. Si nous ajoutons à notre planète-exemple, quatre autres planètes ayant des révolutions de 45, 50, 55 et 60 jours, nous aurons cinq planètes qui pourront produire ensemble 73 à 74 co-

mètes par an, ce qui donnera pour les vingt siècles passés 128 000 comètes moitié directes, moitié rétrogrades. Mais ces 74 comètes par an, la terre peut les rencontrer dans chaque point de son orbite, et elles peuvent, — pendant une certaine période de temps, — donner une infinité de comètes diverses, dont une très petite partie sera visible.

Ainsi, il ne faut pas trop de matériaux pour satisfaire à l'opinion de Kepler ou aux calculs de Lambert, relatifs au nombre des comètes.

La position de l'astronomie cométaire devient plus difficile à mesure que le nombre de planètes diaphanes augmente. Une ou deux planètes pourraient être bientôt trouvées, mais plusieurs à la fois, situées différemment entre le soleil et la terre, seront d'autant plus difficilement trouvables, que les comètes sont de même nature et montrent les mêmes phénomènes, quelle que soit leur distance du soleil. Supposons, en outre, que les planètes Mercure, Vénus et la Terre aient des satellites diaphanes capables, à leur tour, de donner des comètes en même nombre, directes et rétrogrades, la complication s'accroît.

V

Pour mieux voir et comprendre les phénomènes, adressons-nous directement aux comètes.

Regardons la comète dans sa conjonction supérieure, et supposons que le disque solaire nous permette de la voir.

La conjonction est centrale, le disque montré par la

comète parfaitement circulaire, le centre de ce disque occupé par le noyau. Nous avons trouvé que ce disque cométaire, la nébulosité ou chevelure, n'est que la plus grande section de la queue, section perpendiculaire de l'axe. Il doit donc consister en une multitude d'anneaux concentriques, formés par les circonférences extérieures de la queue, en commençant par le noyau jusqu'à l'extrémité. Il est clair que, dans cette position, la masse de lumière se trouve concentrée dans le disque, et qu'enfin nous regardons à travers la queue dans toute sa longueur. Une seule portion de la lumière blanche ne se présente pas dans le disque ; c'est celle qui se trouve dans le prolongement du noyau, qui se trouve cachée par ce noyau, qui forme une colonne de lumière ou un cylindre dont le diamètre est égal au diamètre du noyau.

Supposons que certaines parties de la queue soient réellement plus lumineuses, qu'il y ait des intensités diverses longitudinales ou transversales, n'importe ; qu'il y ait des lignes obscures qui traversent la queue, ces lignes, selon leurs positions, doivent produire dans sa nébulosité des axes, des diamètres, des demi-diamètres lumineux ou obscurs ; c'est ce qu'on appelle les secteurs.

Il est constaté par les observations, et le lecteur peut en voir la raison en se rappelant comment les queues sont produites, que l'intensité lumineuse a son maximum près du noyau, et qu'elle décroît jusqu'à l'extrémité de la queue. En conséquence, les anneaux de la nébulosité doivent être plus lumineux vers le centre et s'affaiblir graduellement vers la circonférence.

Dès le moment que la comète quitte sa position centrale, les changements commencent pour ne plus finir.

La forme circulaire de la nébulosité se perd peu à peu, le noyau se déplace du centre; les anfractuosités, les échancrures commencent, elles sont toujours tournées vers le soleil; la transformation en queue se fait à l'opposé du soleil.

Les anneaux se détachent l'un après l'autre; les secteurs se meuvent, se plient; les aigrettes se montrent et la queue se forme graduellement, régulièrement, aux dépens de la nébulosité avec chaque mouvement de la comète.

Le noyau devient de plus en plus brillant; les anneaux, les secteurs, les aigrettes disparaissent, et la queue grandit toujours, jusqu'à ce que la nébulosité s'évanouisse à son tour, et que la comète atteigne sa plus grande splendeur.

Revenons à la comète au moment où elle sort du disque solaire. Il fait jour sur la terre; c'est la comète de 1843 qui se fait voir dans la proximité du soleil; sa lumière égale celle du soleil; elle commence à former sa queue.

Le 28 février, à Parme et à Bologne, elle est observée par M. Amici fils, à l'heure de midi, $1^{\circ} 23'$, à l'est du centre du soleil. M. Amici dit que l'astre était fumeux vers l'est. Les observateurs de Parme assurent qu'on voyait une queue de 5 à 6 degrés.

Mexico, 28 février, 11 heures du matin. — La comète se voyait à l'œil nu, près du soleil, comme une étoile de

première grandeur, ayant un commencement de queue dirigée vers le sud.

Mexique, 26° 8' nord, 28 février. — M. Bowring vit la comète depuis neuf heures du matin jusqu'au coucher du soleil. A 4 heures 14 minutes du soir, la distance du soleil était de 3° 53' 20". La queue ne paraissait encore avoir que 3/4 minutes de longueur.

Portland, 28 février. — La comète a été vue à l'œil nu et en plein jour à l'*orient* du soleil, par M. Clarke.

Chili, 1^{er} mars. — M. Darlu dit que la comète s'est montrée tout à coup, et que sa queue avait une étendue angulaire de 30 degrés.

Sous l'équateur, 4 mars. — Le capitaine Wilkens a observé la queue, fortement courbée vers le sud, ayant 69 degrés de longueur.

Cuba, 5 mars, 7 heures du soir. — La comète avait une longue queue; des anonymes disent qu'à la Havane la comète était vue le 2 mars, qu'elle avait une queue courbe, semblable à un arc-en-ciel sans couleurs.

Montpellier, 11 mars, vers 7 heures 15 minutes du soir. — La queue a paru être à M. Legrand d'une teinte rouge très prononcée. Cette teinte existait encore le 13. Le 14, elle était disparue; la queue était alors blanche.

Nice, 12 mars. — M. Cooper ne voyait dans la queue aucune trace de la lumière rougeâtre que M. Legrand remarquait le même jour à Montpellier.

Berias, 14 mars. — M. Malbos vit la comète malgré un clair de lune très vif.

Le 17 mars, on l'a vue dans plusieurs villes; à Paris,

la longueur de la queue ne devait pas être au-dessous de 39 à 40 degrés.

Le 18 mars, la queue a 43 degrés ; sa largeur ne dépasse nulle part 1° 2'.

On voit par ces dates, qu'avec le nombre des observations diverses, le nombre des variations s'accroît, surtout quand les observateurs se trouvent dans des positions géographiques différentes, et qu'il serait extrêmement difficile de dire laquelle de ces observations est d'une exactitude telle qu'on puisse en déduire une conclusion.

Nous trouvons, par exemple, deux distances angulaires de la comète au soleil, le 28 février :

Bologne, midi, 1° 23'.

Mexique, 4 heures 12 minutes du soir, 3° 53' 20".

Si ces deux observations se relataient à un même lieu, la vitesse angulaire de la comète serait à peu près 36 secondes par minute, ou autant de minutes d'espace pour l'heure. En supposant que ce soit le mouvement de la comète dans son orbite circulaire, selon une appréciation élémentaire, elle accomplirait, ainsi que la planète diaphane, sa révolution en trente-trois jours. La distance du soleil serait donc à peu près de huit millions de lieues.

La vitesse angulaire, le déplacement subit de cette comète suffisent à expliquer le développement également subit de sa queue.

La comète de 1843 étant visible près du soleil, sa nébulosité ne pouvait être aperçue ; on ne voyait que le noyau et le développement subséquent de la queue. La queue une fois formée, la nébulosité devait disparaître,

et pourtant l'observation de M. Amici, que l'astre était fumeux vers l'est, se relate à la nébulosité se transformant en queue. Elle n'a été visible pendant le jour que le 28 février ; le jour suivant, le 1^{er} mars, elle n'est apparue que le soir ; les positions astronomiques manquent.

Les observations, en général, faites sans préciser les dates et les positions géographiques, ne valent absolument rien.

VI

Dans sa conjonction centrale inférieure, la comète n'est pas cachée par le disque solaire, mais elle reste invisible à cause de l'intensité du soleil. La comète, dans cette position, comme nous l'avons remarqué, se présente également à nous comme un disque circulaire, ayant pour diamètre le diamètre de la plus grande section de la queue ; la différence est que cette fois la nébulosité se compose de la masse entière de la queue, sans exception ; que, par conséquent, la colonne, ou cylindre de la queue caché par le noyau dans la comète rétrograde, cache maintenant à son tour le noyau dans la comète directe. Le lecteur a sans doute déjà remarqué que la comète de 1843 devait être rétrograde. Il est donc évident que les phénomènes d'aspect doivent être différents dans ces deux sortes de comètes.

Tandis que nous voyions dans la comète rétrograde le disque de la nébulosité composé des parties extérieures de la queue, nous voyons maintenant la nébulosité composée par la masse intérieure de la lumière blanche de la

queue; il est donc concevable que, non-seulement le noyau reste invisible, mais qu'aussi les anneaux et les secteurs doivent manquer presque entièrement; il est probable que ces nébulosités, autant qu'elles s'approchent de la forme circulaire, autant qu'elles restent visibles de la terre, peuvent montrer des phénomènes très fins, très intéressants, mais les observations faites jusqu'à nos temps n'étaient pas dirigées dans ce sens. Il serait pourtant possible de voir le noyau au centre du disque, quoique très faible, sous certaines conditions.

Avec le mouvement de la comète, les mêmes phénomènes se montrent. La figure circulaire s'allonge, se déprime, et la dépression est toujours tournée vers le soleil, parce que le développement de la queue ne peut pas s'effectuer d'une autre manière: le noyau ne peut plus se trouver dans le centre, il se retire graduellement à l'extrémité du disque tourné vers le soleil, jusqu'à ce qu'enfin il se trouve à la tête de la queue.

La comète de 1819 s'est montrée subitement dans le nord, vers le commencement de juillet.

« Olbers a reconnu qu'avant son apparition dans la matinée du 26 du mois précédent, elle était interposée entre la terre et le soleil, et qu'elle devait se projeter sur le disque de cet astre, depuis 5 heures 39 minutes jusqu'à 9 heures 18 minutes. »

Nous devons remarquer qu'en tout cas, l'éclipse ne pouvait pas avoir une longue durée, mais qu'elle devait s'accomplir dans l'intervalle de 3 heures 37 minutes.

« Olbers ayant invité les astronomes à publier leurs

remarques s'ils avaient accidentellement examiné le soleil pendant ce temps, » en 1825, M. Pastorff annonça que le 26 juillet 1819, à 8 heures 26 minutes du matin, il avait aperçu sur le soleil une tache nébuleuse de $84''{,}5$ de diamètre, parfaitement ronde et ayant dans son centre un point lumineux, et qu'il croyait que cette tache était la comète.

Arago dit à ce sujet :

« De l'observation de M. Pastorff résulterait d'abord la » conséquence que la nébulosité de cet astre avait très » peu de diaphanéité. Pour expliquer le point lumineux » il faudrait supposer ensuite ou que le noyau était no- » tablement plus transparent que la nébulosité, ou s'il » était opaque, qu'il brillait d'une lumière propre plus » intense que celle du soleil, transmise à travers les autres » parties de la comète. Est-il nécessaire de dire que l'une » et l'autre de ces conséquences sont de tout point inad- » missibles ? »

C'est que l'illustre savant ne pouvait pas sortir de l'idée que la comète était un corps céleste : sans cela personne ne savait mieux que lui que la lumière concentrée dans un foyer est plus intense que n'est le corps dont elle émane ; personne ne connaissait mieux que lui la nature merveilleuse de la lumière.

Pour nous, l'observation de M. Pastorff a d'autant plus d'intérêt que cet astronome distingué lui-même se trouvait dans le cercle tracé par la science, et que, malgré cette circonstance, il a vu ce qu'il devait voir.

Quelle que soit la masse de la lumière blanche, elle res-

tera transparente, sans cela elle cesserait d'être lumière ; mais, malgré cette transparence, il est possible qu'elle devienne visible comme nébulosité sur le disque solaire, d'autant plus que, dans la position éclipsante de la comète de 1819, le noyau et sa nébulosité n'étaient pas projetés directement sur le disque solaire, mais sur la planète diaphane qui se trouvait comme relief précisément entre le soleil et la comète. Cette circonstance ne devrait jamais s'oublier quand on regarde une nébulosité sans queue, dans des conditions analogues ; la planète productrice se trouve toujours en deçà ou au delà, mais bien près de la comète ou du noyau, et quoique, à cause de sa diaphanéité, elle ne dérange pas beaucoup les aspects, pourtant elle doit les modifier.

M. Pastorff donne pour diamètre de la nébulosité 84",5, c'est encore une observation très importante.

La plus grande section de la queue, ou ce qui revient au même, le diamètre de la nébulosité circulaire peut être regardé comme le diamètre de la sphère productrice. Connaissant ainsi la grandeur du corps producteur, des observations pareilles pourront aider à trouver la distance de la comète.

La nébulosité observée par M. Pastorff, devait donc avoir la même grandeur, le même diamètre que le corps diaphane placé derrière le disque lumineux, sans cela il est probable que le reste de la nébulosité d'un diamètre excédant n'aurait pas été visible. Nous pensons que la plus grande distance où puisse se trouver l'extrémité de la comète du corps producteur, ne peut pas dépasser le

double de la distance focale de ce dernier. Il en résulte que la longueur d'une queue cométaire visible ne peut excéder la longueur du cône formé par les rayons convergents, et que le reste doit se perdre, doit cesser d'être lumière. Par conséquent, la différence de distance de la nébulosité observée par M. Pastorff et du corps producteur, ne pouvait pas être plus grande que la double longueur focale.

Et pourtant ce nombre de $84'',5$ nous semble être trop grand, parce qu'il donnerait sept fois le diamètre de Mercure, même à distances égales. La comète de 1819 a pour distance périhélie 0,341, par conséquent le corps producteur doit se trouver entre Mercure et le soleil. Il s'ensuit que la nébulosité, malgré son éloignement du corps producteur, se trouve toujours plus près du soleil que Mercure; son diamètre surpasserait donc plus que huit fois au moins le diamètre de Mercure.

Le lecteur aura reconnu que la comète de 1819 doit être directe comme celle de 1843 est rétrograde. Toutes les deux peuvent s'appeler des comètes sortantes.

VII

Les mouvements des comètes, pendant leur visibilité, s'effectuent dans un espace très restreint; la différence de leurs distances du soleil et de la terre ne peut pas être considérable. Tandis que la première, la distance au soleil, pour nous, n'est qu'apparente, n'est qu'angulaire, la seconde, la distance à la terre, peut être regardée comme réelle.

Les comètes peuvent s'approcher ou s'éloigner du soleil en même temps qu'elles s'approchent ou s'éloignent de la terre ; elles peuvent s'éloigner ou s'approcher du soleil, tandis qu'elles s'approchent ou s'éloignent de la terre. Cette diversité des mouvements est la conséquence de la position dans laquelle une comète se trouve relativement à la terre et de l'inclinaison de son orbite.

En général, si l'on coupe en deux l'orbite d'une comète par la ligne joignant les centres du soleil et de la terre, dans l'une de ces moitiés la comète s'approchera de la terre, dans l'autre moitié elle s'en éloignera. Elle sera donc descendante et ascendante alternativement. Il est évident que cette circonstance doit amener des effets optiques quelquefois mal interprétés.

La comète d'Encke, par exemple, en s'éloignant du soleil s'approche de la terre ; le diamètre de sa nébulosité doit donc, — pour nous, — s'accroître avec sa distance du soleil. Une comète rétrograde ayant la même inclinaison d'orbite, montrera le phénomène inverse.

La belle comète de Donati, celle de 1858, était attentivement observée aux États-Unis, par M. Bond ; voici un extrait de ses observations :

« Le 2 juin, jour de sa découverte, la comète était une
» petite nébuleuse visible par de forts grossissements ; elle
» est restée télescopique jusqu'au milieu d'août. Du 20
» au 29 août, la queue a commencé à se former.

» La comète était visible avant le lever et après le coucher du soleil, on aurait pu croire que c'étaient deux
» comètes.

» Jusqu'au 25 septembre, la queue a toujours grandi, son intensité s'est accrue. Le noyau était entouré d'une nébulosité lumineuse.

» Les anneaux se détachaient, il y avait une ligne noire dans la queue. Le noyau était près d'une éruption : deux traits lumineux en sortaient pour éclairer la queue ; elle avait déjà 11 degrés de longueur sur 1 degré de largeur. Le 28 septembre, la queue avait 19 degrés.

» Le 30 septembre le noyau apparaissait comme la demi-lune, opposé au soleil ; le détachement des parties nébuleuses se faisait uniformément, régulièrement ; la queue grandissait toujours.

» Le 2 octobre il y avait peu de nébulosité, le noyau était très brillant, arrondi vers le soleil ; la grande intensité de noyau promettait une éruption nouvelle. La queue avait 30 degrés.

» Le 5 octobre l'aspect était le plus brillant. La queue avait 35 degrés de longueur et de 5 à 6 degrés de largeur. Le noyau était plus intense, mais plus petit ; ce qui manquait de sa grandeur primitive avait servi pour allonger la queue.

» Le 8 octobre il y avait 5 à 6 rayons visibles à l'extrémité de la queue, ils étaient comme l'aurore boréale.

» Le 10 octobre la queue avait 60 degrés ; il y avait plusieurs lignes noires en commençant par le noyau, jusqu'à 20 à 30 degrés. La comète était dans son périhélie. Elle marchait vers le sud. Le 20 octobre les observations cessent.

» La plus grande longueur de la queue était de 22 à 23 millions de lieues. Le diamètre du noyau variait continuellement entre 2 et 5 secondes.

» La distance au soleil, le 2 juin, était à peu près de 100 millions de lieues et de 24 millions dans son périhélie le 10 octobre. Sa distance à la terre le 2 juin était de 112 millions de lieues, et le 11 octobre de 23 millions.

» La comète est elliptique, et la durée de sa révolution est comprise entre 2500 et 1600 ans. Elle était au commencement de l'ère chrétienne dans son aphélie, à 6200 millions de lieues du soleil. »

Elle cesse d'être visible dans l'hémisphère boréal, et M. Liais commence au Brésil ses observations le 21 octobre.

La queue commence déjà à se raccourcir, et sa transformation en nébulosité va graduellement, montrant toutes les variations des anneaux, des secteurs, des aigrettes, des anfractuosités, etc., etc. ; la nébulosité s'accroît, prend une forme sphérique avec le noyau un peu excentrique, placé du côté du soleil. Entre le 3 et 6 décembre, la queue disparaît entièrement.

Le 10 décembre, la comète n'est plus visible à l'œil nu. M. Liais la suit avec des lunettes jusqu'au 23 janvier.

M. Poey, à la Havane, a observé aussi les bifurcations et les bandes obscures.

A Saint-Jago au Chili, elle était observée jusqu'au 1 mars 1859. Durée de sa visibilité, 9 mois.

La transformation de la nébulosité en queue a été

minutieusement suivie par M. Bond, et avec ses explications quelquefois curieuses, on aurait pu apprendre ce qu'on savait déjà sur les comètes.

La comète de 1858 était rétrograde, son noyau devait jouer le rôle principal. Son inclinaison était de 63 degrés, elle devait se trouver au-dessus du disque solaire dans sa conjonction, le jour où elle est apparue.

Cette comète a été longtemps à former sa queue, elle est restée près de trois mois dans l'état de nébulosité, presque sans queue. Cette position s'appelle pour les planètes leur station : ainsi la comète, vue de la terre, était stationnaire, c'est dire que la direction de son mouvement était dans la direction de sa queue pendant un temps considérable, phénomène expliqué par l'inclinaison.

Pendant tout le temps du développement de la queue, la comète s'est approchée à la fois du soleil et de la terre ; après avoir atteint son maximum de développement, elle a subi toutes les transformations graduelles d'une manière inverse, jusqu'à ce qu'elle ait repris sa forme primitive d'une nébuleuse télescopique, pour disparaître.

C'est peut-être la première, la seule comète observée dans toutes ses variations possibles et suivie par des observateurs habiles pendant sa marche, depuis sa sortie du disque solaire jusqu'à sa rentrée. La comète était donc sortante pour les observateurs de l'hémisphère boréal, rentrante pour ceux de l'autre hémisphère.

Selon ces observations, la comète a accompli sous les yeux des hommes, tous les changements possibles d'une

comète, elle devait donc parcourir au moins la moitié de son orbite. De la conjonction supérieure elle est arrivée à la conjonction inférieure, où, à cause de son inclinaison, elle devait devenir invisible.

La comète était accompagnée par la terre, marchant dans le même sens pendant 210 jours. La vitesse apparente des deux corps, — de la terre et de la planète diaphane, — étant presque égale, la comète devait pendant ces neuf mois parcourir plus encore que les trois quarts de son orbite : c'est la conséquence de la révolution de la terre dans son orbe. Les phénomènes de cette comète s'expliquent donc d'eux-mêmes, en tenant compte de son inclinaison.

La distance périhélie de la comète de Donati était de 0,57846. En supposant que la comète se trouvât dans ce moment dans la ligne des centres du soleil et de la terre, sa distance du soleil eût été de 22 millions de lieues, et sa distance de la terre de 16 millions de lieues à peu près. Ces nombres sont tout à fait impossibles pour une comète rétrograde, qui, d'après sa position, doit nécessairement être plus distante de la terre que du soleil.

La distance périhélie de la comète assignerait pour la planète productrice une place entre Mercure et Vénus ; la révolution de la comète devrait donc être plus courte que celle de Vénus ; mais, malgré cette distance périhélie, et à cause de la grande inclinaison de son orbite, sa période ou sa révolution pourrait être considérablement moindre que celle de Mercure lui-même.

VIII

La comète de 1861 est totalement l'inverse de la comète de Donati, et il est possible que ce soit la même comète, devenue directe dans sa conjonction inférieure. Du moins la différence entre leurs inclinaisons, — qui, elles aussi, sont sujettes à la perspective, — et la différence entre leur distance périhélie, ne sont pas assez grandes pour exclure une supposition pareille.

Cette comète a commencé à devenir visible à l'hémisphère austral, et il est à remarquer que, dans le moment même de son apparition, elle était entièrement formée, pourvue de sa queue considérable, qui, au moins à notre connaissance, ne s'est plus accrue pendant la durée de sa visibilité.

Pour l'observateur, cette comète, en apparaissant, est sortie au-dessous du disque solaire, ensuite elle s'est transportée autour d'une partie de ce disque, pour devenir visible à l'hémisphère boréal, toujours développée comme elle est apparue. Ce mouvement de la comète et son aspect sont expliqués pour son inclinaison presque verticale.

La durée de visibilité de cette sorte de comètes peut être plus ou moins longue, mais il n'est pas vraisemblable qu'elles montrent une nébulosité, parce qu'en arrivant à la position exigée par la transformation, elles cessent d'être visibles.

Dans cette comète, les astronomes habiles ont re-

marqué le travail, le mouvement qui se fait dans le noyau, ce que nous avons appelé la production continue de la comète elle-même. A cet égard nous devons observer que, pour voir ces phénomènes subtils, il y a une condition essentielle, c'est que la comète soit très rapprochée ; dès que ce phénomène de lumière s'éloigne de nous, ses aspects délicats ne sont plus perceptibles. Les observations astronomiques de cette comète ne sont pas encore parues, et par conséquent nous devons attendre les éclaircissements.

Sur la comète de Halley et sur son apparition en 1835, le lecteur trouvera dans le livre d'Arago les détails des observations diverses, comme aussi sur la comète de Encke. Nous en avons dit assez sur ces deux comètes.

Si les mouvements des comètes nous expliquent les aspects et les transformations, ces aspects, à leur tour, nous doivent expliquer les mouvements et à la fois les positions des comètes et de leurs producteurs.

La réunion des bonnes observations sur des comètes différentes donnera la lumière nécessaire, et il s'ensuivra une classification véritable des aspects, qui resteront en liaison intime avec la position et le mouvement des corps producteurs.

IX

Nous en avons assez dit pour conclure que la méthode suivie ne peut pas nous mener à la connaissance de la nature cométaire. Les observations des positions et des mouvements apparents, les calculs des orbites et des temps

de révolution d'après les éléments observés, ne suffisent pas pour donner des éclaircissements sur le phénomène, et il devient nécessaire de donner aux aspects divers plus d'importance qu'on ne leur en a attribué jusqu'à nos jours.

Nous pouvons même aller plus loin en disant que l'astronomie planétaire et stellaire elle-même est parvenue à une époque où les variations d'aspects divers commencent à faire sentir leur influence.

En effet, ce qu'il était possible pour l'homme de tirer de conséquences des lois immuables qui régissent le système solaire, l'astronomie planétaire les a appliquées avec une justesse admirable.

Mais l'immuabilité qui s'étend bien au-delà des périodes humaines n'est pas une réalité, n'est pas une loi pour la grande nature, et si nous reconnaissons des phénomènes constants, périodiques, nous devons admettre aussi des variations, des changements qui, nécessairement, se doivent produire par le mouvement universel.

Ainsi l'aspect, en général, doit recouvrer ses droits d'autant plus que c'est par la vision seule que l'homme et son génie peuvent pénétrer dans le secret de la nature.

Le grand Arago a déjà chaudement recommandé l'application de la photographie aux observations astronomiques. Cet art, dans la science, occupe déjà une place considérable, et la possibilité d'agrandir une image microscopique est pour l'astronomie d'une importance réelle.

Les jolies cartes de visite célestes, entre-échangées par les savants, donnent des observations exactes, descriptives et explicatives; une série de telles cartes du so-

leil, de la lune, des planètes, etc., etc., fournit la base des calculs ; elles peuvent représenter fidèlement le ciel étoilé, et épargner ainsi des travaux laborieux. Si l'on parvient à établir dans chaque observatoire un appareil photographique toujours en activité, la science en fera ses affaires plus aisément, outre que les positions géographiques s'en déduiront naturellement.

Des inventions pareilles, en glorifiant la science, servent, sinon à supplanter notre vision, du moins à la ménager ; il est clair que, par sa nature mécanique, l'appareil photographique évite les erreurs que nos yeux commettent si souvent

LA COMÈTE VISIBLE

I

Nous voilà rendu à la partie la plus délicate de nos considérations, à la question vitale, à la décision de la lumière.

Hâtons-nous de dire que cette question ne regarde plus les comètes.

Les comètes se sont montrées à nous ce qu'elles sont, et comme elles sont « un phénomène céleste lumineux », nous n'avons pas le droit de prétendre qu'elles nous apprennent comment nous les voyons.

Ce qui regarde leurs modifications diverses, nous les avons vues sans exception, les comètes n'ont donc plus rien à faire. Comment deviennent-elles visibles? C'est à nous de le trouver.

En effet, l'apparition, la durée de visibilité et la disparition ne sont une propriété inhérente ni aux comètes ni à aucun phénomène du ciel ou de la terre, mais elles sont la conséquence naturelle de la position et de la marche de la terre dans le système, de la nature de notre atmosphère et de notre vision.

La question de la visibilité des comètes est donc comprise dans la question générale :

« Quelles sont les conditions de la visibilité des phénomènes célestes observables sur la terre ? »

Jusqu'à nos jours, l'optique n'a pas étendu ses investigations jusqu'aux proportions des phénomènes célestes, dans leur généralité; mais il est devenu d'une nécessité impérieuse qu'elle les pousse jusque-là.

Les comètes semblent être presque isolées; elles sont pour nous des spécialités, des exceptions, n'ayant rien de comparable, rien d'analogue.

Sur la terre, nous connaissons plusieurs modifications de la lumière; nous en voyons de diverses produites par les rayons solaires, dans l'atmosphère; l'éclair, nous savons que c'est la lumière électrique; les étoiles filantes, des étincelles électriques, espèce de fuseaux lointains, les plus longs sont les plus rapprochés; nous voyons la lumière zodiacale, lumière localisée; les planètes réfléchissent la lumière du soleil, qui, lui-même, se présente à nous comme l'astre le plus éclatant; nous voyons enfin les étoiles scintillantes, lumières différentes en intensité, différentes en couleur.

Nous nous faisons une idée du comment la plupart de ces lumières sont visibles; les comètes nous engagent à continuer nos recherches.

II

De tout temps, les hommes éminents ont dit que, dans la grande nature, « l'effet doit avoir une cause très simple ». Et l'histoire des découvertes et des inventions en est la preuve.

Si nous disons, par exemple, que les comètes sont des

êtres mystérieux, inconcevables, incompréhensibles, nous voulons dire que le mystère, l'inconcevable, l'incompréhensible ne sont pas dans les comètes.

Toutes les fois que l'homme entre dans les mystères, dans l'inconnu, il s'y égare et n'en sort plus. Mais, en commençant par le simple, il peut trouver un appui qui l'aide à marcher parmi le compliqué, qui ne manque jamais d'arriver, surtout quand il s'agit des phénomènes célestes.

La question de la visibilité des comètes doit se décider, avant tout, par l'atmosphère terrestre.

L'opinion, ou plutôt le sentiment, est général que, pour voir une image, elle doit être projetée sur quelque chose, et l'on sait par expérience qu'une telle projection est plane.

Pour les comètes, nous trouvons une quantité de ces projections, tantôt sur l'éther, tantôt sur les cieux de cristal, tantôt sur l'atmosphère, etc., etc., et l'on remarque qu'un rayon lumineux, par exemple, devient visible sur la poussière flottante.

En considérant que les comètes ne sont visibles que pendant leurs conjonctions, nous avons regardé les comètes et leurs planètes productrices, presque exclusivement dans la proximité du soleil, c'est-à-dire situées entre le soleil et Mercure. Cette circonstance semblerait aggraver les conditions de visibilité, au lieu de faciliter une solution probable; mais nous verrons que ce n'est pas la position des comètes qui donne la plus grande difficulté.

On a signalé, depuis les temps historiques jusqu'à nous, huit comètes vues pendant qu'il faisait jour. On est libre de regarder ces apparitions comme douteuses; mais une

seule comète, comme celle de 1843, vue par plusieurs personnes, suffit pour démontrer qu'une comète peut devenir visible à toutes les heures de la journée.

Ces comètes se trouvaient, sans exception, dans la proximité du soleil, et elles apparaissaient comme des étoiles sans nébulosité, sans queue, à l'exception de la comète de 1843, qui montrait déjà un commencement de queue dans le jour, ou plutôt dans le moment même de son apparition.

Il est à remarquer que cette queue, vue le 28 février, était de 34 minutes, et que le jour suivant, 1^{er} mars au soir, elle avait déjà 30 degrés.

L'exception doit céder à la règle.

Les comètes ne sont pas visibles près du soleil ; il est donc permis de supposer que de pareils faits sont liés à des conditions extraordinaires.

La comète de 1819, par exemple, a passé par le disque solaire le 26 juin au matin ; si M. Pastorff avait attendu sa sortie, il est probable que la comète aurait pu être rangée parmi celles qui auraient été vues pendant le jour ; mais cette comète n'est pas devenue visible près du soleil, elle est apparue subitement au nord.

Les comètes donc, en général, ne sont pas visibles près du soleil et sont invisibles pendant le jour.

Les comètes directes ne sont pas visibles, parce qu'elles sont situées entre le soleil et la terre ; les comètes rétrogrades, parce qu'elles se trouvent au delà du soleil, qui s'interpose entre elles et la terre.

Les comètes ne peuvent pas être vues pendant les nuits, parce qu'elles se couchent avec le soleil, se lèvent

avec lui ; sans cela elles ne seraient pas en conjonction.

Est-il donc absolument impossible de voir une comète ?
Qu'est-ce donc que nous voyons ?

L'image de la comète, image projetée dans l'atmosphère, visible par l'atmosphère ; l'image de l'image, visible autant qu'elle se trouve dans l'atmosphère, et qui disparaît en sortant de l'atmosphère.

Regardez la comète par un télescope, vous avez la troisième image, la quatrième se fait dans votre œil. Pour compliquer la complication, remarquons que l'atmosphère terrestre, pour la comète, est un miroir sphérique convexe ; pour nous, un miroir sphérique concave.

Le lecteur comprendra les difficultés ; il aura une preuve évidente de la puissance des moyens d'observation et des calculs astronomiques, en se rappelant que la science est parvenue à trouver et à déterminer le retour des comètes périodiques.

Il résulte de cet aperçu que nous ne voyons pas les vraies comètes, et que celle de 1843 est peut-être la seule qui soit apparue en original pendant quelques heures.

Eh bien ! l'une des idées sur la visibilité des comètes pourrait être qu'elles sont des projections en dedans de notre atmosphère. Voyons quelles conséquences, entre autres, on aurait à tirer de cette proposition.

La première qui se présente à nous, c'est qu'ainsi la moitié des comètes serait franchement rétrograde ; mais consultons les comètes.

III

Parmi les observations nombreuses, on trouve une quantité de comètes qui ont été vues, pendant de très courtes périodes de temps, tantôt dans l'un, tantôt dans l'autre hémisphère ; on a rencontré des comètes en pleine mer, au milieu des océans, sans que personne ne les ait vues sur les continents ; on a observé des comètes sur une certaine partie de la terre, qui restaient invisibles pour les observateurs situés sur d'autres parties.

La comète de 1843 s'est dirigée du sud vers le nord ; observée le 18 mars à Paris, le 20 à Berlin, elle n'a été visible que pendant vingt et un jours à peu près.

La comète de 1819 a été vue en Europe pendant près de quatre mois.

La comète de Donati (1858), phénomène charmant s'il en fut, est aussi apparue au nord, et, après avoir été observée pendant quatre mois et demi sur l'hémisphère boréal, elle a marché vers le sud en s'éteignant. Elle a dépassé l'orbite de Jupiter. Chose étonnante ! le 21 octobre elle s'éteint, et le même soir elle est observée dans toute sa beauté dans l'hémisphère austral, où elle reste aussi pendant quatre mois et demi, après lesquels elle s'éteint de nouveau, et il n'y a pas de doute, pour cette fois, qu'elle ne soit passée de l'autre côté de l'orbite de Jupiter définitivement.

La comète de 1811 a été longtemps visible en Europe ; elle s'est tournée vers le sud, puis elle est réapparue dans

le nord, pour être observée encore dans les régions reculées de la Sibérie; elle s'est montrée pendant plus de cinq cents jours.

La comète de 1861 est subitement apparue au nord le 30 juin; elle était de grande beauté, tout à fait développée; la veille, elle s'était couchée avec le soleil; mais avant son apparition au nord, elle avait déjà été observée plus belle encore pendant six semaines au Brésil. A Paris, elle s'amincissait, s'affaiblissait jour par jour, pour subir le sort inévitable des comètes, s'éteindre.

Cette belle comète a été prise de la fantaisie de balayer la terre, en se transportant du sud au nord, et, selon M. Hind, elle était pleine de phosphore. C'est possible, les comètes sont capables de tout.

On peut maintenant demander : a-t-on jamais vu un corps céleste quelconque, ayant son orbite autour du soleil, se montrer tantôt en A, tantôt en B, changeant chaque jour son lieu de visibilité? Quel peut donc être le phénomène lié aux positions géographiques, ainsi alternativement visible par les observateurs, selon qu'ils sont distribués sur la surface terrestre?

Nous n'en connaissons pas d'autre que celui des éclipses, et c'est précisément ce qui le caractérise.

La comète de 1819 a très bien éclipsé le soleil, pour M. Pastorff, pendant qu'il faisait jour, et, le lendemain, elle est apparue subitement au nord. Est-ce que le lecteur a jamais vu la lune apparaître subitement au nord, après avoir éclipsé le soleil?

IV

Les observatoires astronomiques sont agglomérés sur une petite partie de la terre, de même les observateurs, et avec eux la science aussi. Il serait hasarde de soutenir que la qualité égale la quantité; toujours est-il que, dans ce petit espace, on voit les comètes différemment, et que dans certains lieux même, on ne les voit pas du tout.

De bonnes choses on n'a jamais assez; mais si, au lieu d'établir en Europe de nouveaux observatoires, on en fondait deux ou trois sur les points les plus favorables, en Afrique ou dans les Indes par exemple, on mériterait bien de la science qui, par sa localisation, devient à la fin monotone. Il arrive sur la terre une quantité d'événements célestes dont la vieille Europe ne se doute pas; ajoutons que les phénomènes généraux se localisent aussi, et que tout le monde reste convaincu que ce qui se passe ici doit se passer partout.

Faites donc un calendrier pour l'habitant du pôle. Nous avons vu qu'il n'existe que bien peu de comètes observées hors d'Europe; les notions sur les comètes sont donc, — du moins depuis deux siècles, — exclusivement européennes; l'astronomie cométaire est localisée.

Si, sur la quantité des observations, nous en possédions d'exactes, faites sur les parties différentes de la terre, faites par les hommes de la science, et non par des curieux qui regardent les comètes comme ils regardent les poissons rouges, il serait déjà possible d'approcher de la vérité.

Dans l'état présent de nos connaissances, c'est plutôt le raisonnement que l'expérience qui peut jeter une faible lumière sur notre thème assez obscurci.

Il y a trois sortes de phénomènes qui se relatent à la question de visibilité, ce sont :

La grandeur apparente des comètes;

La faiblesse de leur lumière;

Le mode de leur disparition.

V

D'après les idées contenues dans nos considérations, les corps producteurs des comètes ne peuvent pas être très grands : leurs produits, par conséquent, ne peuvent pas être non plus très grands. Il est vraisemblable que si nous pouvions voir les vraies comètes, elles nous apparaîtraient sous des angles extrêmement petits, malgré leurs queues; nous verrions le noyau lumineux briller comme une faible étoile; une queue très petite, très mince, ou une nébulosité de quelques secondes en diamètre.

Les observateurs nous donnent des queues énormes de 60 à 104 degrés, de 60 millions de lieues; des nébulosités dont le diamètre surpasse la grandeur du soleil, choses absolument impossibles. Notre atmosphère doit donc démesurément agrandir les comètes, et il est probable que sa sphéricité en est la cause principale.

Arago dit à ce sujet :

« Le 15 octobre 1835, à l'œil nu, la queue de la comète

» de Halley nous parut embrasser une étendue de 20 degrés. Avec le chercheur, — résultat singulier, — on ne lui aurait donné que la moitié de cette longueur. »

Il est à remarquer que, par ces chercheurs qui d'ordinaire ont un grossissement de trente fois, la lune aussi semble réduite à sa moitié; il s'ensuit que le grossissement de l'atmosphère serait de 60. La queue réduite à 1 million de lieues, serait encore une queue respectable; et une nébulosité à 7500 lieues représenterait encore presque deux fois et demi le diamètre de la terre. Ces nombres sont toujours trop grands.

Il est clair qu'un objet se trouvant au-dessus de nous, dans des distances qui ne sont pas très grandes, sous-tend un angle qui, prolongé jusqu'aux étoiles, donne des extensions incroyables.

Les comètes doivent être projetées dans l'atmosphère dans leur grandeur naturelle, si elles y sont 60 fois agrandies, on se rapprochera de la réalité; si enfin les images, — dans certaines circonstances, — se trouvent à 2 ou 3 kilomètres de distance, la grandeur de l'angle sous-tendu par les queues deviendra concevable.

Parmi les phénomènes cométaires qui nous donnent beaucoup à penser, se trouve l'apparition subite de la comète de 1843; près du soleil elle avait un commencement de queue de 34 minutes, supérieur déjà au diamètre du soleil vu de la terre; mais le lendemain, selon M. Darlu, au Chili, elle était visible au soir, avec une queue de 30 degrés.

Nous sommes accoutumés à voir dans les comètes des

transitions subites, mais nous n'aurions pas soupçonné des sauts pareils de 34 minutes à 30 degrés en un seul jour. Cette remarque s'applique surtout aux queues qui se développent selon les règles de perspective. Du moins est-il curieux que la différence entre les deux nombres nous donne presque les 60 fois de grossissement que nous avons trouvés par hasard.

Des raisonnements semblables nous font voir que la vitesse réelle des comètes n'est pas considérable non plus, parce qu'elle doit rester en proportion parfaite avec les phénomènes agrandis.

Les plus belles, les plus grandes comètes ont des inclinaisons considérables, cause presque unique de leur plus longue durée : quoique leur vitesse angulaire soit grande, leur vitesse apparente est petite ; elle reste en proportion avec la durée de leur visibilité.

Les comètes ayant de petites inclinaisons, comme les comètes à courte période, qui encore sont toutes directes, ne sont pas longtemps visibles et marchent en apparence plus rapidement. C'est la conséquence nécessaire de leur position en regard de la terre, c'est-à-dire de leur petite inclinaison sur le plan de l'écliptique.

Une comète avec une inclinaison zéro, ne pourrait être visible que pendant quelques heures, si le corps producteur se trouvait au delà de Mercure. La position peu inclinée à l'écliptique a encore pour conséquence le manque des queues et la présence des nébulosités ; quand vient la position où la queue pourrait se montrer, la visibilité cesse.

Si nous voyions les comètes à leurs places réelles, les directes devraient être plus grandes que les rétrogrades. On n'a pas encore fait d'observations dans ce sens.

En regardant une comète, nous n'avons d'autre moyen de fixer sa position dans l'espace que d'indiquer les constellations avec lesquelles elle coïncide, et nous nous servirions encore du même langage, si nous étions sûrs que la comète ou sa projection se trouve en dedans de l'atmosphère; nous dirions toujours qu'elle est dans la Cassiopée, dans le Cocher, dans l'Ourse, etc., etc. La belle comète de 1861, par exemple, est en effet apparue entre les deux Ourses. Mais il est possible que, si nous étions montés le 30 juin, à quelques kilomètres seulement vers la comète, nous l'aurions traversée.

C'est grâce au pouvoir grandissant de l'atmosphère, que les observateurs habiles peuvent voir ces phénomènes de la transformation des comètes, et principalement cette œuvre suprême des rayons solaires construisant le noyau, l'image du soleil.

VI

La lumière des comètes comme nous la voyons est très faible : les observations là-dessus sont unanimes. Cette lumière est faiblement polarisée. Aussi savons-nous que la lumière réfractée doit avoir une intensité moindre que la lumière réfléchie. Les comètes ne peuvent donc pas avoir une grande intensité, excepté toujours leur noyau, qui, déjà jauni par la chaleur, devrait être même fortement polarisé.

Arago dit : « Les faibles comètes s'évanouissent presque » complètement, dès que, pour en déterminer la position, » on amène dans le champ du télescope astronomique la » faible lumière qu'exige l'éclairage des fils. »

C'est une des vérités de l'optique que « la lumière ajoutée à la lumière fait les ténèbres ». Ce théorème est trop sonnant, trop poétique, pour être général, mais il est inévitable que notre vision se tienne toujours à la lumière plus forte. Les phénomènes de la lumière sont partout les mêmes; il est probable que l'aurore boréale et la lumière zodiacale s'évanouissent aussi devant l'éclairage des fils.

Parmi les conditions de la visibilité, il faut que nous donnions la préférence à la distance, conséquence naturelle de notre vision; ainsi pour bien voir une comète, la voir malgré la faiblesse de sa lumière, ce ne sera pas assez de supposer sa proximité de la terre, il faudra ajouter sa proximité de l'œil, c'est-à-dire que les autres conditions restant égales, un observateur réellement plus près du phénomène le verra plus distinctement qu'un autre plus éloigné.

En examinant attentivement la marche d'une comète, on la voit traverser l'espace au-dessus de nous, presque comme un aérostat; l'aspect des deux change selon leur éloignement dans deux directions, c'est-à-dire, selon qu'ils traversent l'atmosphère dans des couches de densités égales, ou qu'ils s'élèvent à travers des couches de densités différentes.

Parmi les propriétés de notre atmosphère nous rangeons

la puissance grandissante et le pouvoir de transmission qui dépendent de la densité, et nous disons que, plus les couches seront denses, plus l'intensité de la lumière nous paraîtra grande, et que les couches supérieures d'une densité moindre nous présenteront l'extinction graduelle de la lumière qui les traverse.

La comète de 1861 est venue pour appuyer notre thèse ; elle a montré des décroissements graduels de grandeur et d'intensité. Elle nous a dit que la comète en s'élevant dans l'atmosphère et en s'éloignant de notre vision, s'affaiblit en proportion de la densité des couches atmosphériques, jusqu'à sa disparition totale, en sortant entièrement de l'atmosphère.

VII

L'apparition subite d'une comète est donc sa projection instantanée dans l'atmosphère. La durée de sa visibilité en général, le temps pendant lequel elle reste dans l'atmosphère ; cette durée dépend surtout de l'inclinaison de son orbe, qui détermine le temps pendant lequel la terre marche dans la même direction ; direction apparente mais nécessaire pour qu'elle reste en conjonction. L'affaiblissement plus ou moins lent, mais toujours graduel, est déterminé par la densité des couches diverses ; la disparition finale, par la sortie de l'atmosphère.

Les phénomènes d'aspect demeurent les mêmes, la position de la comète, pour l'observateur, reste inaltérée ; les observateurs diversément situés la verront à sa place

réelle, la rotation de la terre la leur amènera successivement.

Mais, dira-t-on, si la comète se trouvait effectivement dans l'atmosphère, les observateurs diversement situés, l'entourant de toute part, devraient non-seulement la voir en même temps de tous côtés, mais encore la voir dans toutes les constellations à la fois.

Un résultat pareil serait, en effet, inévitable pour un corps matériel : voyons ce que les comètes en pensent.

Nous avons remarqué que les comètes ne sont pas visibles à la fois pour les deux hémisphères terrestres sud et nord, nous devons y ajouter qu'elles ne sont pas même visibles pour tous les observateurs situés à l'hémisphère dans lequel elles se trouvent, et qu'elles sont vues différemment.

Il s'ensuit donc que les comètes doivent nécessairement se trouver plus rapprochées de la terre que, par exemple, la lune qui est visible pour toute la terre, et dont les observations ne diffèrent pas entre elles ; du moins jusqu'à nos jours l'astronomie pratique n'a-t-elle fait aucune mention, que dans des lieux éloignés les uns des autres, on aurait remarqué sur la lune des aspects différents, les observations étant faites en même temps.

Sur la comète de Halley, en 1835, Arago pensait que la diversité des descriptions, — presque chaque astronome avait vu autre chose dans la comète, — dénotait des observations défectueuses. Il ne s'agissait pourtant que des points entre Florence, Paris, Dessau et Königsberg. C'était sur-

tout à la suite des observations de Bessel qu'Arago écrivait :

« S'il s'agissait d'un observateur moins habile, moins
» soigneux, je dirais que, d'après les différences qui exis-
» tent entre les aspects physiques de la comète à la même
» date, dans divers lieux, il est possible qu'on n'ait pas
» toujours visé au même point d'un secteur, et que ces
» circonstances doivent jeter quelque doute sur le résul-
» tat, quoiqu'il soit confirmé par des observations faites
» dans une seule et même soirée. »

Nous devons remarquer que toutes ces observations pouvaient être bonnes, précisément parce qu'elles différaient entre elles.

Mais nous pouvons écarter l'idée de projection, et dire que c'est la comète elle-même que l'atmosphère nous fait voir : cela ne change rien à la chose. Toujours est-il que le corps producteur ne peut pas se trouver près de la comète visible, et qu'il doit rester à sa place assignée, comme planète, tandis que la comète se montre.

VIII

Nous lisons dans Arago :

« Les comètes entre Mercure et le soleil doivent pres-
» que toutes être observées de la terre, 1° parce que leur
» vitesse angulaire étant peu considérable, un petit nom-
» bre de jours couverts ne doit pas suffire pour les trans-
» porter de notre hémisphère à l'hémisphère opposé où
» la courbure de la terre nous les déroberait ; 2° parce

» que dans le voisinage du soleil et noyés pour ainsi dire
» dans sa lumière, ces astres mêmes avec la constitution
» la moins favorable, réfléchissent assez de rayons pour
» devenir largement visibles. »

Il faut remarquer que l'immortel savant se prononce ici évidemment pour la réflexion, quoique dans ses recherches très délicates sur la lumière des comètes il ait semblé balancer entre une lumière propre et une lumière empruntée.

Les comètes entre le soleil et Mercure ont été observées, calculées ; leur visibilité est donc mise hors de doute ; mais, pour devenir visibles, elles ont dû nécessairement, ainsi que nous l'avons trouvé, quitter leur place et venir jusqu'à nous dans la sphère de visibilité déterminée pour elles par leur conjonction et par notre atmosphère.

L'idée d'une projection de la lumière est donc inévitable.

Parmi les 222 comètes observées jusqu'à la fin de l'an 1860, il y en a 41 dont la distance périhélie est moindre que celle de Mercure, de ce nombre, les deux remarquables de 1819 et 1843. Ces 41 comètes ont été vues toutes.

Arago dit sur Mercure :

« Mercure ne s'éloigne jamais beaucoup de l'astre ra-
» dieux autour duquel il fait sa révolution ; il se couche
» peu de temps après lui, l'intervalle qui s'écoule entre
» les levers est également limité. Il ne peut donc être ob-
» servé à l'œil nu que dans la lumière crépusculaire et près
» de l'horizon. »

La plupart des quarante et une comètes étaient, non pas

à l'horizon, mais au nord ; presque toutes se sont levées, après le coucher du soleil, avec Mercure, et se sont couchées, avant le lever du soleil avec Mercure, elles sont restées visibles pendant toute la nuit.

La lumière des comètes est trop faible pour résister au crépuscule ; Mercure est visible à travers cette lumière intense de la terre, par conséquent, la lumière réfléchie par Mercure surpasse l'intensité du crépuscule. Il serait intéressant de connaître si Mercure se levant avant le soleil, dans sa plus grande distance de lui, montre dans l'aurore la même intensité.

Mercure est distant du soleil à peu près de 15 millions de lieues, et n'est visible qu'à l'horizon un peu avant son coucher. Les comètes qui sont plus près du soleil que Mercure et, entre autres, celle de 1843 qui se trouvait trente fois plus rapprochée, sont visibles au nord pendant toute la nuit.

Mercure, d'une densité hors ligne, doit réfléchir la plus forte lumière entre toutes les planètes, et il n'est visible qu'au soir à travers le crépuscule. Les comètes d'une substance moins qu'aérienne, d'une densité nulle, réfléchissent une lumière abondante, et noyées dans les rayons solaires, elles sont largement visibles.

Il n'y a pas de concordance possible entre de pareils phénomènes, et l'on ne peut pas concilier de telles divergences.

L'astronomie cométaire est entièrement composée de telles idées qui divergent, se croisent et s'égarent même quelquefois. C'est précisément cette circonstance qui rend

possible la recherche d'une résultante des forces diversement dirigées vers le même point

IX

On pourrait remarquer que l'espace donné par la terre et son atmosphère est trop petit pour la grande vitesse des comètes, et que la durée de leur visibilité serait trop restreinte si elle restait liée à l'étendue de l'atmosphère.

La durée de la conjonction visible dans son effet sur la terre, telle est précisément la question.

L'espace, le champ de vision, est un peu plus de 3200 lieues ; la hauteur de l'atmosphère n'est pas connue.

Le soleil est constamment éclipsé par la lune, constamment éclipsé par chaque planète, et par tout corps opaque qui se tourne autour de lui ; il s'agit seulement de voir une éclipse.

Pour nous, l'éclipse de soleil par les planètes intérieures, surtout par la lune, devient et reste visible pendant que l'ombre projetée par la lune, par exemple, touche une partie quelconque de la terre. C'est la durée de sa conjonction.

Il est évident que la projection de la comète se fait directement à la surface de la terre, pendant les conjonctions centrales ; si les comètes sont directes, l'éclipse a lieu ; dans ce cas, la terre est faiblement éclairée, et l'observateur, étant entouré de cette lumière, verra tout au plus le ciel un peu plus clair. Que le noyau frappe par

hasard l'œil d'un observateur, le cas est possible. Mais la comète ne devient visible qu'en quittant la terre solide, et en s'élevant dans l'atmosphère. Il peut arriver qu'après être apparue et disparue, une comète apparaisse une seconde fois pour rester pendant quelque temps. Celle de Halley se trouvait déjà dans cette condition ; elle avait été observée pendant un certain temps, et elle était devenue invisible, malgré l'état atmosphérique propice pour l'observation ; après quelques jours, elle est réapparue.

Il est à remarquer que les comètes visibles alternativement sur les deux hémisphères opposés de la terre, restent en général pendant un temps égal sur chaque.

Les deux comètes, celle de Donati et celle de 1861, étaient dans ce cas, ce qui prouve clairement que ces deux comètes ont traversé les diamètres de la terre et de son atmosphère.

X

Nous avons donc émis l'idée que les comètes sont visibles par l'atmosphère et pendant qu'elles se trouvent dans cette atmosphère, sans connaître comment leur projection se fait, sans savoir comment en général elles se font visibles.

En disant que l'atmosphère représente un miroir convexe, nous avons pensé à la propriété des miroirs de nous donner l'image des objets les plus distants. Mais les miroirs réfléchissent la lumière, leurs images sont des images réfléchies, et il ne nous convient pas du tout que l'atmosphère réfléchisse la lumière.

Nous avons parlé des images planes projetées sur n'importe quoi ; une projection plane ne convient nullement non plus aux comètes. Il ne nous reste donc que la ressource d'attribuer à l'atmosphère une propriété intrinsèque inconnue, de reproduire l'image parfaite d'un objet éloigné, et de l'approcher de nous. Ce serait, par exemple, la propriété de l'atmosphère de donner les images si souvent observées sur plusieurs parties de la terre sans réflecteur visible. Mais nous savons que toutefois qu'un mirage pareil se produit, il se trouve dans l'atmosphère quelque chose qui n'est pas de l'atmosphère, soit des vapeurs, soit des substances légères non examinées ; ainsi ce dernier moyen nous échappe aussi.

En parlant de la queue des comètes, le grand Laplace dit :

« L'état de l'atmosphère influe considérablement sur » leur longueur et leur largeur apparentes ; entre les tro-
» piques, elles paraissent beaucoup plus grandes que dans
» nos climats. » L'immortel savant remarque aussi que les comètes sont de petits corps, et nous sommes convaincu qu'il aurait hautement protesté contre les queues de soixante millions de lieues. Ce phénomène de grandeurs exorbitantes est, sans l'intervention de l'atmosphère, tout à fait incompréhensible.

Si l'on n'accepte pas immédiatement l'atmosphère, on y viendra plus tard : parce qu'en dehors de l'atmosphère il ne se trouve absolument rien, et qu'il faut choisir entre elle et une hypothèse.

Les comètes qui se transportent d'un hémisphère à

l'autre, doivent nécessairement passer par la surface sphéroïdale de la terre pour s'élever dans l'atmosphère, comme faisaient les comètes de 1858 et de 1861.

Les comètes qui, en quittant le disque du soleil, apparaissent au nord, doivent frapper la terre et monter dans l'atmosphère, comme l'a fait la comète de 1819.

Les comètes qui ne sont visibles que pour une certaine étendue, et qui passent successivement d'une position à l'autre, doivent nécessairement passer par l'atmosphère, comme faisait la comète de 1843, visible tour à tour à Rome, à Paris, à Berlin, partout séparément.

Les comètes enfin d'une courte durée, comme sont les comètes télescopiques, restent localisées dans une certaine partie de l'atmosphère, et ne sont visibles que pour peu de monde. Il est, par exemple, probable que jamais la comète d'Encke, — comme telle, — n'a été observée dans l'hémisphère austral.

Ainsi, toutes les comètes qui sont visibles seulement dans un cercle très restreint de la terre, doivent se trouver dans la partie de l'atmosphère correspondant.

Il suit de cette remarque qu'il peut y avoir des comètes innombrables visibles, mais qu'il manque des observateurs pour les regarder.

Le lecteur viendra peu à peu à la conviction que, sans l'atmosphère, il n'y aurait pas de comètes pour nous, et nous ne trouvons pas un argument plus puissant à l'appui de cette idée que celui fourni par la comète de Donati. Son éminent observateur, M. Bond, dit : « La comète s'est levée *avant* le soleil et s'est couchée *après* lui,

de sorte qu'on devait croire que c'étaient deux comètes.»

Il est impossible qu'une circonstance pareille puisse échapper au penseur.

C'est aux progrès de l'optique et à la connaissance parfaite de l'atmosphère de donner l'explication.

LA COMÈTE PROBABLE

I

Quoique les travaux de l'astronomie cométaire ne soient pas de longue date, et ne soient surtout remarquables que depuis l'invention des télescopes, il existe déjà une grande quantité d'observations. Ces observations, quoique faites selon des vues et des suppositions souvent opposées à la nature du phénomène, contiennent cependant des matériaux nombreux, qui, comparés et soigneusement groupés, amèneront des conclusions satisfaisantes.

L'étude assidue d'une seule comète, faite par des hommes éminents et sur divers points de la terre, comme l'a été, par exemple, celle de la comète de Donati, nous en apprend plus que les observations superficielles de cent autres comètes.

Personne ne doute que le phénomène ne se passe dans le système solaire, et qu'il ne soit lié à un espace très restreint de ce système. En se tenant strictement à ce fait si simple et si clair, on pourra s'épargner des suppositions qui nous lanceraient en dehors des limites assignées aux comètes.

La cométologie peut se simplifier.

Dans les livres sur les comètes, on trouve les remarques répétées que tel ou tel phénomène, telle ou telle variation d'aspect se passe ou se fait voir, pendant que les co-

mètes se trouvent dans leur périhélie; elles arrivent au maximum de leur intensité; leurs diamètres, — sauf des exceptions, — deviennent les plus grands; leurs queues prennent tout leur développement, etc., etc., toujours pendant qu'elles se trouvent à leur moindre distance du soleil.

Mais on a déjà assez hautement énoncé et assez prouvé que « les comètes, en général, sont visibles seulement pendant qu'elles se trouvent dans leur périhélie. »

Alors pourquoi ne pas dire tout de suite que toutes les variations d'aspect, toutes les transformations dont les comètes sont capables, se font pendant que nous les regardons?

De l'ensemble des observations il résulte que ce périhélie doit nécessairement se changer pour nous en périgée pendant les conjonctions inférieures, et en apogée pendant les conjonctions supérieures, parce que la condition première et principale de la visibilité des comètes, c'est leur conjonction.

Selon les notions astronomiques, le mot conjonction se relate en général aux corps célestes dont l'orbite se trouve comprise entre l'orbite terrestre et le soleil. Les planètes supérieures ou extérieures ont aussi leurs conjonctions supérieures, mais leur conjonction inférieure est appelée opposition. En parlant donc des conjonctions en général, nous supposons que les orbites se trouvent en dedans de l'orbite terrestre.

Les conditions posées, on doit se préparer aux conséquences.

II

Nous avons vu que les comètes en général ne sont pas visibles dans la proximité du soleil, que, par conséquent, les comètes en conjonction doivent rester invisibles.

Si une comète se trouve toujours autour du soleil, dans une distance moyenne moindre que celle de Mercure, on ne la pourra voir dans aucune de ses positions.

D'un autre côté, les observations prouvent que les comètes deviennent visibles en quittant même leur périhélie ; mais on n'en a jamais vu dans la position qu'on appelle la quadrature.

Les conditions de la visibilité des comètes restent inconnues ; la marche de la comète dans une portion considérable de son orbite étant inobservable ; les portions de l'arc décrites par elles pendant leur visibilité, s'approchant presque toujours des lignes droites, on peut librement choisir entre une ellipse très allongée ou entre une parabole, deux sections coniques impossibles pour l'orbe d'un corps céleste de notre système. Il y a même des opinions pour les hyperboles.

La détermination de la distance périhélie d'un corps céleste n'est autre chose que la connaissance parfaite de sa plus petite distance du soleil. Mais une comète se trouvant en conjonction, il est tout à fait impossible de déterminer sa distance réelle du soleil sans déjà connaître son orbite.

Les trois comètes, celles de 1843. de 1680 et de 1668,

ayant de distances périhélie de 0,006, 0,005 et de 0,006, ne peuvent donc représenter que des distances apparentes, angulaires, soit que ces trois comètes aient leurs orbites autour du soleil au delà de Mercure, soit qu'elles quittent le système solaire, parce que dans leur position périhélie ou conjonction n'importe, il est impossible de déterminer leurs distances vraies du soleil. Autant vaudrait dire que la comète est tombée dans le soleil, parce qu'elle s'est cachée derrière lui ou parce qu'elle l'éclipse : dans l'un et dans l'autre cas, il n'y a pas de distance du tout pour la terre.

Il résulte de nos considérations que, quel que soit le côté par lequel on regarde les comètes et leurs phénomènes divers, on doit avant tout décider la question de leur visibilité; la question résolue, le reste s'ensuit naturellement; mais si l'on ne prend pas un parti de manière ou d'autre, on n'arrive pas à un ensemble et l'on se perd dans les petits détails.

En attendant les événements, nous pouvons continuer.

III

C'est en groupant les comètes suivant leurs aspects, et en les observant en même temps sur plusieurs points de la terre, que nous connaissons quelles sont véritablement les classes distinctes, quelles sont les comètes qui diffèrent essentiellement entre elles.

Selon nos vues, ces classes, — si toutefois elles s'éta-

blissent, — n'auront pas d'autre effet que de nous donner les classes des corps producteurs.

En général, il y a des comètes pour toute combinaison; elles sont destinées à nous montrer les variations des phénomènes lumineux en mouvement; lumière figurée, elles combinent l'infinité des aspects de perspective avec les révolutions planétaires.

La durée de visibilité des comètes, par exemple, est un élément très important; il n'est peut-être pas deux comètes qui restent visibles absolument pendant le même temps; quant aux comètes de courte durée, elles ne peuvent pas montrer beaucoup de transformations, parce que le développement de la perspective et des aspects exige déjà une marche assez longue dans leurs orbites.

Deux éléments surtout nous semblent être d'une influence décisive sur la diversité d'aspect : c'est le sens de la marche et l'inclinaison de l'orbite.

Nous avons remarqué que les comètes rétrogrades peuvent être regardées comme les compléments des comètes directes, parce qu'elles montrent les mêmes phénomènes de transition d'une manière inverse.

Il est certain que les observations faites dans ce sens parviendront à démontrer que non-seulement les comètes directes et les rétrogrades sont les mêmes, mais encore qu'elles se transforment les unes dans les autres dans de très courtes périodes, sans compter qu'elles changent aussi leurs inclinaisons vraies ou apparentes.

Toutes les comètes télescopiques ou périodiques, la comète de Halley non exceptée, peuvent souvent appa-

raître alternativement rétrogrades et directes, sans que personne ne les aperçoive. Ces petites comètes télescopiques, toutes directes en Europe, visibles pendant peu de temps, peuvent bien se montrer aux grands océans plus belles qu'elles ne nous apparaissent, comme rétrogrades.

Le lecteur a vu que ce sont les grandes inclinaisons qui nous donnent les plus belles comètes, et encore celles dont la durée de visibilité est la plus longue, et que les petites inclinaisons donnent presque toujours des nébulosités plus ou moins circulaires.

La durée de visibilité est donc liée avec l'inclinaison, et l'on peut rendre compte qu'une comète, se mouvant dans le plan de l'écliptique, ne pourrait pas rester visible longtemps, quelle que soit la distance du soleil, parce que la différence entre sa vitesse et celle de la terre la dérobait bientôt à nos regards.

La comète de Donati, pour nous, est de la plus grande importance; elle seule démontre une foule de propositions, et nous sommes porté à croire que les grandes comètes de ce siècle, mais surtout celles de 1811, de 1819, de 1858 et de 1861, ne font qu'une et même comète.

On doit parvenir à des résultats semblables, si l'on découvre la relation des comètes différentes entre elles; alors le nombre des corps producteurs se réduira sensiblement, et leur découverte sera plutôt possible.

IV

Que les comètes se montrent toujours différentes dans

leurs apparitions, comme, par exemple, la comète de Halley, qui, à chaque retour, a d'autres aspects, c'est très concevable. La moindre variation dans leur position, dans leur distance en regard du soleil et en regard de la terre, dans leur inclinaison ; la moindre variation dans la position de la terre même, dans son orbite, etc., etc., doivent nécessairement influencer sur une image si délicate de la lumière vue perspectivement.

Il sera donc presque impossible d'assigner d'avance la forme exacte d'une comète, nous apparût-elle très souvent. La condition de similitude d'aspect ne pourra jamais devenir l'objet de la science ; mais les grands contours du phénomène, les nébulosités, les queues plus ou moins développées, etc., etc.', pourraient être prédits avec la connaissance du corps producteur.

La distance du corps producteur au soleil et sa grandeur doivent influencer sur la beauté d'une comète ; ajoutons le degré de la diaphanéité et de la densité, et nous aurons rassemblé à peu près tout ce qui peut déterminer un aspect général.

Il est dans la nature des choses que tous ces éléments peuvent être variables, et qu'ils sont même variables.

Comment se comporte une comète regardée séparément ? C'est l'affaire de la science développée ; chaque comète aura sa théorie, ses tables, comme chaque planète a les siennes.

Que le corps producteur doive être diaphane et sphérique, c'est une condition *sine qua non*.

V

Le quart des comètes contenues dans le catalogue a une distance périhélie plus grande que le rayon de l'orbite terrestre, cinq seulement ont une distance périhélie double; une seule, — directe, — celle de 1729, a une distance quatre fois plus grande.

Il n'est pas impossible qu'il y ait des corps célestes entre la terre et Mars; il n'est pas impossible, non plus, que parmi ces corps il s'en trouve de diaphanes, propres à donner des comètes. Quant aux rayons solaires, ils produiront des comètes partout où ils trouveront des matières capables de les converger.

Il est même probable que notre système contient une infinité de petites planètes parsemées dans l'espace, distribuées entre les grosses planètes, qui semblent être une exception, les petits corps étant la règle générale. Ces petits corps nous restent invisibles, ou à cause de leur faible lumière et de leur distance, ou à cause de leur diaphanéité.

Nous avons remarqué qu'il est à supposer que l'eau abonde dans le système, et qu'ainsi des corps sphériques diaphanes peuvent être disséminés partout. Nous avons Jupiter, dont la densité est plus petite que celle de l'eau; Saturne, dont la densité est moindre encore; ces deux masses, les plus grandes du système après le soleil, seraient peut-être diaphanes dans de petites dimensions, et c'est par analogie qu'on peut admettre que des sub-

stances pareilles se trouvent répandues dans le système.

De l'influence des substances sur les aspects des comètes, on ne peut rien dire; toutes les conjonctions se ressemblent. Quel que soit le nombre des planètes ou des satellites entre la terre et le soleil, leurs positions ou leurs éléments une fois connus, le reste s'entend. Mais il s'agit du problème inverse : de trouver la planète par la conjonction, c'est-à-dire le corps planétaire par la comète.

Supposons des corps diaphanes entre la terre et Mars, et encore au delà de Mars.

La conjonction inférieure se changera en opposition. Si une comète se produit, il n'y a pas de raison pour qu'elle ne soit pas visible, même sans projection, tant qu'elle aura assez d'intensité et de grandeur. Mais pour satisfaire à la condition d'une courte durée dans le périhélie, il faut dire que la comète ne deviendra visible que pendant son opposition centrale.

Nous verrions donc, non pas la comète, mais le disque du corps producteur éclairé par sa comète qui se trouve cachée. Ce serait donc encore moins qu'une nébulosité ordinaire, ce serait un disque lumineux faiblement éclairé et dont l'intensité décroîtrait à partir de son centre. Il faut remarquer que ce phénomène se présenterait tout à fait circulairement, et qu'il devrait se trouver constamment dans la prolongation du cône d'ombre terrestre.

On peut aisément se représenter que la comète, sortant de cette position centrale, n'aura une queue développée que si la planète productrice s'éloigne considérablement de sa position centrale relativement à la terre, ce qui

aura justement pour effet de rendre la comète invisible.

En supposant la planète dans sa conjonction supérieure, elle restera presque constamment cachée par le disque solaire pendant le temps qu'elle devrait être visible de la terre; et en sortant, elle sortira de notre champ de vision.

Ces considérations nous font supposer que, plus un corps se trouvera en dehors de l'orbite terrestre, moins il donnera de comètes visibles, et que les comètes qu'il produira resteront très télescopiques et sans développement. Des raisonnements semblables nous disent que les corps diaphanes, situés entre la terre et Vénus, sont à peu près dans les mêmes conditions.

En tenant compte des phénomènes cométaires, on doit admettre que, en général, les corps producteurs situés entre Vénus et le soleil sont les plus capables de nous donner les plus belles comètes, et en même temps de prolonger la durée de leur visibilité, et ce, par la raison que leurs orbites, vues de la terre, deviennent de plus en plus circonscrites à mesure qu'ils se rapprocheront du soleil.

Les grandes inclinaisons font leur effet seulement à de petites distances du soleil; les comètes produites au delà de l'orbite terrestre resteront les mêmes, quelle que soit l'inclinaison de leurs producteurs.

VI

L'intensité de la lumière des comètes doit dépendre de la diaphanéité du corps producteur; plus la comète est belle, plus le corps diaphane doit être clair. Plus la forme

ou la figure du corps producteur s'approche de la sphéricité, plus la comète est parfaite.

Plus la substance diaphane est dense, plus la lumière est forte.

Ces éléments restent dans une liaison ou dépendance invariable ; les combinaisons différentes donnent toujours des résultats différents.

Ainsi, la faiblesse de la lumière des comètes, les nébulosités indéfinies, les comètes télescopiques, enfin, peuvent être regardées, — les conditions restant égales, — comme produites par des corps ou des substances moins parfaites, défectueuses selon nos vues.

La grandeur des comètes sera toujours proportionnelle à la grandeur du corps producteur, quels que soient, d'ailleurs, les autres éléments nécessaires. Mais si les corps producteurs n'ont pas la même densité, leur distance focale sera différente.

Pour la production de la lumière dans l'espace par la réfraction, on a pour limites des densités, depuis l'atmosphère terrestre jusqu'à l'eau à l'état solide ; les variations entre ces limites représentent autant d'indices de réfraction.

Les distances focales des corps producteurs étant en proportion de la densité de leur substance, si nous regardons la longueur des queues comme fonctions de ces distances focales, il s'ensuit nécessairement qu'elles diminuent avec l'augmentation de la densité des corps producteurs, etc., etc.

Il s'ensuit encore que, selon toute probabilité, les sub-

stances d'une densité faible produisent des noyaux très faibles; les comètes télescopiques, observées par Herschel, ne montraient presque pas de noyaux.

Nous savons qu'avec l'accroissement des volumes, la transparence des substances décroît jusqu'à ce que les rayons solaires, ne pouvant plus pénétrer la masse, se réfléchissent.

En connaissant la substance diaphane, on peut assigner les limites de son volume pour rester telle.

Ainsi, dans la supposition que les belles comètes résultent de sphères diaphanes d'un densité égale à l'eau, la grandeur de ces sphères n'est pas comparable à la grandeur d'une planète ou d'un satellite visible. Les corps producteurs des comètes ne peuvent donc pas être grands.

D'ailleurs, si entre la terre et le soleil, ou entre Mercure et le soleil, il se trouvait un corps quelconque, seulement le tiers de notre lune, soyez sûr que M. Leverrier l'aurait déjà trouvé. Car il est évident qu'un corps dépassant en volume les limites de la transparence devient *eo ipso* visible.

Si les corps producteurs doivent être nécessairement petits, il s'ensuit que les comètes produites ne peuvent pas non plus être grandes.

Et cependant, pour produire des queues de 60 millions de lieues, des nébulosités de 450 000 lieues, il nous faudrait augmenter de plusieurs centaines de fois les sphères de Saturne ou de Jupiter devenues diaphanes.

VII

Si l'on pouvait donc mesurer exactement les dimensions des comètes, on en pourrait déduire la grandeur et la distance des corps producteurs. Mais nous avons vu que les comètes projetées et agrandies ne donnent pas de mesures exactes. C'est le noyau, la partie la plus essentielle de la comète, le corps véritable du phénomène, qui serait l'élément unique de la détermination de la distance focale. Mais ce noyau ne se voit pas dans sa figure exacte, et il doit changer avec chaque mouvement du corps producteur. Il est à sa plus grande perfection dans le centre de la nébulosité d'une comète rétrograde pendant qu'elle est invisible.

Les observations attestent ses variations perpétuelles.

Selon M. Bond, le noyau de la comète de Donati a changé presque chaque jour. Le 19 juillet 1858, son diamètre était de cinq secondes; le 3 août, de six; le 9 septembre, de trois; le 24 septembre, de deux et demie; le 2 octobre, de cinq et plus; le 5 octobre, d'une et demie; le 6 octobre, de trois; le 8 octobre, de quatre et demie; le 10 octobre, de deux et demie; le 11 octobre, de deux; le 18 octobre, de trois, et enfin, le 20 octobre, de deux.

D'après ces données, les calculs assignent à ce noyau pour *minimum* à peu près 150 lieues, et 2000 lieues pour *maximum*. Il est donc impossible de dire quel est son diamètre véritable.

Si l'on admet le maximum dans le raisonnement que le

noyau ne peut pas paraître plus grand qu'il n'est, on déduirait pour la sphère productrice, en prenant une densité moyenne de l'eau, des dimensions toujours impossibles pour une sphère diaphane.

Si nous disons que nous n'avons qu'une ressource, l'examen attentif du disque solaire pendant qu'une comète se fait voir, nous tombons dans une impasse : les corps qui donnent une comète restent invisibles, et les corps visibles ne donnent pas de comète.

Et pourtant, il ne reste autre chose, parce que les comètes n'étant visibles que pendant les conjonctions, les corps producteurs doivent nécessairement se trouver sur le disque solaire ou dans son voisinage.

Peut-être, cependant, qu'avec le perfectionnement de moyens d'observations, on parviendra à discerner de pareils corps, et il est possible que les corps d'une diaphanéité douteuse, capables de donner des comètes télescopiques, soient découvrables. En tout cas, nous croyons que le premier corps producteur ainsi trouvé sera direct, donnant une comète directe.

CONCLUSIONS

Les rayons solaires et l'atmosphère terrestre.

I

C'est sur ces deux éléments que nous avons basé nos considérations sur les comètes; il nous reste à regarder comment ces deux forces, ces deux puissances se prêtent un mutuel concours, surtout quand il s'agit d'un phénomène de l'optique céleste ou terrestre.

Les phénomènes optiques sont engendrés par les rayons solaires, l'atmosphère terrestre nous les fait voir.

Pour donner à nos raisonnements une direction, il faut absolument que nous sortions, non pas du cercle de nos connaissances, mais du cercle des idées qui forment leur entourage, idées qui ne se trouvent pas tout à fait en harmonie avec les principes de la science.

Il est généralement reconnu que la lumière et la chaleur viennent du soleil.

Pour l'homme, habitant de la terre, il est impossible d'en douter; il s'agit donc de regarder quelles sont nos idées sur le *comment*, et quelles transformations ces idées peuvent subir.

Dans sa plus grande simplicité, l'idée primitive implique que la lumière et la chaleur, dont l'inséparabilité

est reconnue à priori, se trouvent déjà toutes faites dans le soleil, et qu'elles sont, par conséquent, distribuées dans toutes les directions.

Si cette idée primitive est plus qu'une hypothèse, elle a pour conséquence que, non-seulement l'espace entourant le système solaire, mais la sphère céleste elle-même, jusqu'aux limites de la lumière et de la chaleur solaires, doivent être entièrement, constamment, uniformément éclairés et chauffés, et elle conduit à la conception de la permanence et de l'invariabilité de la lumière et de la chaleur.

Nos connaissances nous prouvent le contraire: les nuits ne sont pas éclairées l'espace n'est pas chauffé !

Une deuxième conséquence est que la lumière et la chaleur se trouvant à leur maximum dans le soleil, leur intensité décroît avec la distance de cet astre.

Le lecteur connaît l'application de cette hypothèse aux planètes et particulièrement aux comètes.

On dit que les corps célestes reçoivent la lumière et la chaleur en proportion de leur éloignement du soleil et on en calcule les quantités. C'est ainsi qu'on énonce que, par exemple, Mercure reçoit presque sept fois autant de lumière et de chaleur que la terre, tandis que Neptune doit se contenter d'un millième.

Il résulte de ces calculs que les planètes les plus distantes du soleil deviennent presque invisibles pour nous, à cause de la faiblesse de leur lumière.

N'est-il pas plus probable, au contraire, que les rayons solaires, quelle que soit leur distance, produisent toujours

et partout le même effet ? Si, par exemple, nous pouvions nous rapprocher d'Uranus à une distance pareille à celle de la lune, il nous inonderait de sa lumière réfléchie qui égalerait celle de nos faibles jours, le disque d'Uranus étant à peu près dix-sept fois plus grand en diamètre que celui de la lune.

II

La loi physique sur le décroissement de la lumière avec la distance se relate à la terre, aux phénomènes qui se passent devant nous, elle se relate surtout à la puissance de notre vision.

La science humaine n'a pas le moyen de vérifier la différence des intensités dans l'espace, elle doit rester dans les limites assignées à nos sensations par le mode de notre perception.

La lumière et les corps célestes deviennent invisibles avec l'éloignement, sans que la première ait éprouvé la moindre variation, sans que les seconds aient diminué de grandeur.

Pour juger la lumière sur Uranus ou sur Neptune, nous devrions nous y transporter.

Le sens véritable de la loi des distances est que :

La puissance de notre vision s'affaiblit comme le carré des distances augmente, sans cela nous pourrions nous passer de télescopes.

La loi sur le décroissement de l'intensité ne peut pas s'appliquer à la lumière des étoiles, dont la distance ne nous est pas connue. Si elle est vraie pour la lumière du

soleil ou, en général, pour les lumières qui se trouvent assez près de nous pour que leur distance soit mesurable, on doit chercher à en préciser la cause.

Ils marchent toujours, les rayons solaires, soit en vertu de leur mouvement propre comme force universelle, soit en vertu du mouvement que leur communique le soleil, et ainsi modifiés, ils marchent constamment dans toutes les directions de l'espace.

Le lecteur demande : Où vont-ils donc ces rayons, est-ce qu'ils ne s'arrêtent jamais ? Il nous semble aussi à nous-même que la destination de ces rayons ne peut pas se borner à l'éclairage d'une poignée de matière englobée, et qu'ils doivent faire autre chose encore.

Eh bien ! la solution est toute trouvée, la réponse est très facile : ces rayons marchent, marchent avec la vitesse que vous leur connaissez, jusqu'à ce qu'ils rencontrent les rayons des autres soleils, soleils innombrables qui entourent le nôtre, de là un choc terrible des ondes, des océans de rayons qui deviennent lumière, et cette lumière c'est la voie lactée, cercle entourant notre ciel, un point imperceptible de l'univers. *Quod erat demonstrandum.*

III

En conformité avec nos connaissances nous disons : le soleil n'émet ni lumière ni chaleur, le soleil envoie ses rayons, qui deviennent sur la terre ou sur une planète quelconque, lumière et chaleur.

Ce n'est qu'une permutation de l'idée. Au lieu de dire

que la lumière solaire directe nous éclaire, nous disons que ce sont les rayons solaires qui se transforment en lumière pour nous éclairer.

On pourrait dire que la lumière et la chaleur peuvent bien nous arriver toutes faites en traversant le vide, sans être visible l'une, sans être sensible l'autre.

Cette remarque prouverait seulement que la lumière devient visible, la chaleur sensible en arrivant à la terre, mais en donnant un argument de plus à nos raisonnements, l'objection ne serait pas en harmonie avec les phénomènes terrestres.

Nous distinguons donc soigneusement les rayons solaires de la lumière solaire, et nous observons que les expériences de l'optique en général se font avec les rayons solaires déjà modifiés, qui pendant les expériences se transforment définitivement en lumière, et encore que la plupart des expériences se font avec une lumière quelconque, plus ou moins en connexion avec la chaleur et avec l'électricité. Les combinaisons dans des proportions inconnues de ces trois forces donnent les phénomènes les plus divers, quelle que soit la lumière employée.

Nous regarderons uniquement les rayons qui nous viennent directement du soleil.

IV

Les rayons solaires, quoique invisibles, se manifestent cependant d'une manière assez saisissable.

Le mot rayon exprime l'idée de la divisibilité à l'infini

de la masse rayonnante, masse ou onde de rayons devenant visible sur la terre comme lumière faite.

Nous nous servirons de ces mots, rayon, masse, ou onde selon nos besoins, tous expriment également qu'une force énorme nous environne et nous accable de sa toute-puissance.

Pour élucider les expériences de l'optique, on avait besoin de faisceaux, de pinceaux, d'un seul rayon, d'un atome de rayon ou de lumière, d'un point lumineux. En réalité toutes ces choses n'existent pas, et notre idée d'un atome de matière ne peut pas s'appliquer à la lumière.

Arago remarque que par le trou d'une aiguille il passe des millions et des millions de rayons liés ensemble dans un seul; c'est pour l'épaisseur. Laissez passer ces rayons par cette petite ouverture pendant un millième de seconde, et ils auront quatre-vingts lieues; c'est pour la longueur.

Ce rayon ou point lumineux est tout simplement l'image du soleil.

Les rayons solaires qui éclairent à la fois tout un hémisphère d'une planète, quelle que soit sa grandeur, agissent de la même manière sur un grain de sable; agrandi jusqu'aux dimensions de notre globe, il présenterait des chaînes de montagnes plus hautes et plus étendues que celles de la terre, et les rayons solaires montreraient les mêmes phénomènes de lumière et de chaleur; tombés sur le grain de sable, ils sont encore des masses, des ondes de rayons. Qu'on s'imagine un autre grain de sable un million de fois plus petit, on a les mêmes phénomènes, toujours des masses et des ondes de rayons, qui

deviennent lumière et chaleur, l'éclairent et le chauffent.

En conservant l'idée des rayons, on est conduit à l'idée du rayonnement, tandis qu'en pensant aux masses, aux ondes, ce rayonnement n'existe pas ; il y aura des contours, des formes, des étendues de lumière. Le rayonnement n'est pas d'ailleurs une réalité, il n'est que l'effet optique de la distance.

V

Nous disons : la lumière sur la terre est l'effet, les rayons solaires sont la cause. Les rayons deviennent lumière en venant en contact avec une matière quelconque, matière en repos ou en mouvement.

Les rayons marchent vers la terre, quelle que soit sa position dans son orbite, ils marchent avec leur vitesse en ligne droite, ils sont donc ébranlés par la moindre résistance, déviés par la réfraction, repoussés par la réflexion.

Avec l'ébranlement ou, si l'on veut, avec la vibration les rayons commencent à se modifier, et il est concevable que le premier degré de la lumière se forme déjà, quoique invisible.

Chaque résistance affaiblit la vitesse des rayons proportionnellement. C'est ce commencement de la transformation des rayons qui probablement a fait naître l'idée de l'éther et son application à l'optique ; conception suivant laquelle l'éther doit donner la première impulsion aux rayons par vibration ou ondulation, et les transformer

en lumière. Du moins on ne peut pas attribuer un autre sens à cette partie théorique de l'optique concernant la lumière.

Quoiqu'une certaine classe de phénomènes optiques s'adapte parfaitement à l'hypothèse de l'éther, il semble que ces phénomènes, restant les mêmes, s'expliquent tout aussi bien dans la supposition d'un ébranlement quelle qu'en soit la cause.

L'hypothèse de l'éther compte autant d'adversaires que d'adhérents. C'est une idée, c'est à prendre ou à laisser.

L'hypothèse d'ailleurs n'est pas restée à l'idée primitive, et elle a subi des modifications. Dans l'origine, l'éther était d'une subtilité extrême, il surpassait en puissance la chaleur, la lumière et l'électricité, en intensité toutes les forces connues ou inconnues, c'était en un mot la force universelle. Plus tard il s'est fait un peu matériel, il a acquis une densité capable de résister aux corps célestes dans leur marche ; il est devenu un milieu ambiant faisant opposition au vide. Toutefois on n'a pas encore dit qu'il égale l'atmosphère terrestre, qui elle, sans hypothèse, réfracte les rayons solaires.

Dans la théorie de l'ondulation, par exemple, l'éther est, d'une part, tout à fait immatériel, il est ce qu'on appelle impondérable, il est le vide même ; nous pourrions demander à quoi bon deux sortes de vide ? D'autre part, l'éther doit faire vibrer les rayons, il est donc matériel, il est résistant, il est pondérable. Du moins avons-nous une hypothèse hermaphrodite.

Les rayons réfractés par l'atmosphère ne sont pas en-

core de la lumière ; il faut pour la produire, pour la faire visible, ou des réfractions réitérées ou la réflexion.

VI

Il y a deux manières ou modes pour la transformation des rayons solaires en lumière. Dans tous les deux nous trouvons en même temps la production de la chaleur en proportion permanente, et invariable avec l'intensité de la lumière.

La lumière et la chaleur produites par la réfraction et par la réflexion peuvent se trouver dans des modifications différentes encore inconnues. Si nous ajoutons que la troisième personnification des rayons solaires, l'électricité, se rencontre aussi et nécessairement dans toutes les modifications, nous sentirons les difficultés à surmonter par la science.

Les deux modes de production mènent aux mêmes résultats, sauf les transitions délicates qui sont perceptibles dans les phénomènes de la réfraction, et qui ne se montrent pas par la réflexion, preuve évidente de l'influence de la force résistante.

Dans les phénomènes surprenants produits par les expériences diverses de l'optique, ces deux modes sont souvent entremêlés ; par exemple, l'interférence, les figures de Fraunhofer se font par le mélange de la réfraction avec la réflexion ; d'autres fois ces deux modes se combinent différemment, et il est évident que dans la plupart des cas, la lumière est accompagnée de plus ou moins de

chaleur et d'électricité, ce qui détermine les variations des phénomènes.

Nous pouvons donc dire qu'il y a trois grands moments de résistance aux rayons en mouvement ; ébranlement préalable qui est déjà une déviation, convergence par la réfraction et choc par la réflexion.

Les rayons solaires, pour arriver à la terre, rencontrent dans son extrême limite et sa moindre densité l'atmosphère, et ils sont ébranlés, ensuite ils la traversent en entier, ce qui les dévie et les force à se converger un peu. Pendant ce trajet ils perdent considérablement de leur vitesse, mais ils en conservent encore assez pour traverser les corps diaphanes et pour donner ainsi les phénomènes de la réfraction. Dès qu'ils viennent en contact avec des matières opaques, quelle que soit ailleurs leur densité, la réflexion est imminente, la lumière se fait.

Tandis que la réfraction nous montre des modifications subtiles, comme la production des couleurs, la réflexion transforme simplement les rayons en lumière.

Ce qu'on appelle la lumière blanche, c'est en général, dans son état normal, la lumière du soleil d'une intensité moyenne. La réfraction transforme lentement les rayons en lumière, tandis que l'effet de la réflexion est instantané.

La réfraction produit une infinité de phénomènes, de combinaisons, tandis que la réflexion ne donne qu'une seule espèce de lumière selon les corps réfléchissants, sous des conditions que nous allons examiner.

VII

Nous avons déjà remarqué que la lumière doit nécessairement se produire par l'entre-frottement des rayons, et que la lumière déjà faite peut être traversée par ces mêmes rayons sans en ressentir aucune variation, de même les lumières d'intensité diverse peuvent s'entre-traverser sans se modifier : elles se mêlent, elles se confondent.

Pour qu'il y ait frottement entre les rayons, il faut qu'ils soient forcés de quitter leur parallélisme, il faut qu'ils changent leur route.

Nous savons que le maximum de la lumière et de la chaleur se produit dans le foyer par réfraction et par réflexion. On pourrait observer à priori que les intensités sont différentes, et qu'il est probable que la lumière et la chaleur sont plus fortes dans le foyer par réflexion.

Quoique sur la terre se trouve de la lumière et de la chaleur produites par la réfraction, la presque totalité se fait par la réflexion. En effet, les rayons solaires trouvent partout des concavités, des miroirs pour se converger dans des foyers à l'infini.

La poussière flottante dans nos chambres reste invisible, quel que soit le degré de la lumière déjà faite. Un rayon entrant par une petite fente rencontre cette poussière et se fait lumière.

On peut s'imaginer le travail immense des rayons tombant en masse sur l'hémisphère terrestre.

Dès le moment que les rayons cessent de tomber sur l'un ou l'autre point de la terre, soit par l'effet de rotation, soit par l'effet d'une interposition quelconque, la lumière et la chaleur ne se font plus sur ce point.

De cette production interrompue il suit que la lumière et la chaleur n'existent pas pour nous, si elles ne se produisent continuellement, et que, sans un renouvellement suivi, toutes les deux se perdent entièrement. Pour que nous voyions la lumière, pour que nous sentions la chaleur, il faut qu'elles se fassent autour de nous, parmi nous, devant nous.

Au milieu des phénomènes journaliers de la lumière, notre attention est pour ainsi dire déviée, sans cela nous pourrions nous convaincre bientôt que ce qui se passe sur la terre par rapport à l'éclairage de notre hémisphère, se passe absolument de la même manière sur les autres planètes, et une observation tant soit peu exacte de la lune pendant vingt-sept jours, donnerait une explication plus complète du phénomène qu'un volume de raisonnements.

L'effet de l'interruption du travail des rayons sur un lieu donné de la terre, au point de vue de la connexion intime de la lumière et de la chaleur, apparaît surtout pendant une éclipse du soleil par la lune.

Tout le monde sait, en effet, que de l'occultation graduelle du disque solaire résulte la diminution graduelle de la lumière et de la chaleur. Ce phénomène inévitable de décroissance d'intensité de la lumière et de la chaleur se montre, malgré que l'espace occupé par l'ombre

lunaire soit très petit, malgré que, non loin de l'observateur, la lumière et la chaleur continuent de se produire, malgré que la terre conserve sa chaleur et que l'atmosphère lui-même reste chauffée pendant assez de temps. L'interposition des nuages fait le même effet.

Nous aurons encore des preuves plus irrécusables que la lumière et la chaleur se produisent nécessairement à la surface terrestre par les rayons solaires tombant sur elle.

VIII

Les intensités de la lumière et de la chaleur étant dans un rapport constant, subiront les mêmes variations, quelle qu'en soit la cause.

En partant de l'équateur où elles trouvent leur maximum, les intensités décroissent graduellement jusqu'aux pôles où elles arrivent à leur minimum. Nous verrons comment les exceptions à cette règle générale prouveront notre thèse.

Les angles jouent le premier, le principal rôle dans la production de la lumière. La science nous apprend que l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. Les rayons solaires qui tombent sur la terre sous un angle rebondissent donc avec le même angle.

Cette loi des angles de réflexion est une loi invariable de la mécanique qui s'applique à tous les corps tombant sur des surfaces. Il est donc évident que les rayons solaires, venant en masse dans une direction déterminée, tomberont sur la terre et rebondiront de la même

manière que, par exemple, l'atmosphère, l'eau, le mercure, le sable, les grains de plomb et même des boulets de canon.

Le lecteur connaît l'effet produit sur l'eau par la résistance. Un fleuve rapide, un torrent rencontre dans son cours des obstacles, des piles de rochers, etc., etc., il se brise et jaillit en tout sens. Si l'on s'imagine toute la masse d'un océan tombant d'une certaine hauteur sur une sphère de quelques décimètres de diamètre, on aura une faible idée de l'effet produit par les rayons solaires écrasant l'hémisphère terrestre.

IX

Supposons que la terre soit une sphère parfaite, que sa surface soit homogène et polie, selon l'exigence des rayons ; arrêtons-la pour un moment et mettons le soleil dans l'équateur. Les ondes de rayons tombent sur la terre et son hémisphère est éclairé. La lumière se fait instantanément ; la limite des rayons est l'horizon.

Les rayons dans la ligne des centres du soleil et de la terre tomberont verticalement, nommons-les rayons centraux, ils rebondiront dans la même direction, et ils représenteront le maximum de la lumière et de la chaleur. Nous pouvons nous imaginer la surface de la sphère composée d'un système de cercles infinis en nombre, les uns concentriques à l'horizon et les autres concentriques à l'équateur : les intersections de ces deux sortes de cercles donnent les angles. Avec la distance du point central, les

angles croissent, ils croissent depuis zéro jusqu'à 90 degrés. Plus l'angle d'incidence s'accroît, plus l'intensité de la lumière et de la chaleur produites décroît; plus les angles deviennent grands, plus les rayons réfléchis devenus lumière sont longs.

Chaque rayon en tombant sur la sphère rencontrera une demi-circonférence d'angles de réflexion égaux, ce qui le force à se réfléchir suivant un demi-cône renversé. Considérés dans leur ensemble autour du point central, les rayons réfléchis décriront des demi-cônes creux; ces cônes s'ouvrent et se déplient en grandissant avec les angles; arrivés à 45 degrés, ils sont horizontaux, et un seul rayon forme un plan lumineux de plus de deux mille lieues carrées. Mais à 45 degrés il tombe une infinité de rayons, et, par conséquent, une infinité de demi-cercles se couvriront les uns les autres comme autant d'éventails, ils représenteront la couche de la lumière parallèle à l'horizon.

En dépassant 45 degrés les rayons réfléchis s'allongent toujours de plus en plus, et en arrivant aux pôles, ils deviennent parallèles aux rayons solaires qui passent sans toucher à la terre et qu'on appelle rayons rasants.

Le lecteur pourra compléter ce qui manque à notre description; en résumé, pour que l'hémisphère soit éclairé, il faut que des couches à l'infini forment ainsi la masse d'onde de lumière entourant la moitié de la terre.

La figure géométrique de la masse lumineuse est un hémisphère aplati, dont le pôle déprimé se trouve dans le point central. La terre se trouve ainsi au milieu des

flammes, flammies de lumière qui restent constantes pendant qu'elle se tourne autour de son axe.

X

L'intensité de la lumière et de la chaleur dépend donc des angles, comme la longueur des rayons en dépend elle-même ; elle décroît selon que les rayons s'allongent.

Pour se donner l'idée de l'affaiblissement graduel, imaginons-nous un disque projeté par la lumière la plus faible, disque lumineux invisible ; un second disque projeté sur le premier pourra devenir perceptible ; supposons que ce second disque soit d'un diamètre un peu plus petit que le premier, et que d'autres disques de diamètres décroissants viennent le recouvrir, ils deviendront de plus en plus brillants ; par l'infinité des couches égales on parviendra jusqu'au point central qui représentera le maximum d'intensité ; en partant du centre, le disque décroîtra graduellement jusqu'à ce qu'il devienne invisible dans ses contours.

C'est l'image générale de la croissance et de la décroissance graduelles d'une intensité quelconque, soit de lumière, soit de couleur, d'une densité quelconque, soit d'atmosphère, soit de gaz, soit de fluides, soit de corps quelconques ; c'est l'image enfin de l'attraction elle-même : intensités et densités, toutes et toujours inversement proportionnelles avec le carré des distances.

Nous avons regardé la fonction des angles en général, en supposant une sphère régulière, homogène et polie.

La terre est aplatie, elle est composée de substances diverses répandues à sa surface, elle est pleine d'aspérités qui présentent des angles différents aux rayons.

Par sa rotation, la terre amène à ces rayons toujours d'autres angles, toujours d'autres substances; par sa marche dans son orbite elle présente au soleil des hémisphères nouveaux, et nous concevons que, même en regard de l'effet des angles seuls, les variations de l'intensité de la lumière et de la chaleur doivent être infinies.

XI

Selon l'idée que nous avons émise, idée en concordance d'ailleurs avec les expériences, la lumière se fait par l'ébranlement, par le frottement, par la déviation, par le choc des rayons; son intensité est donc en proportion avec la grandeur de l'ébranlement et avec l'impétuosité du choc. Il s'ensuit que, plus les corps ont de dureté ou de densité, plus les rayons tombés sur eux deviennent promptement lumière et chaleur, et nous pouvons dire en général que l'intensité de la lumière et de la chaleur est en proportion permanente et directe avec la densité des corps sur lesquels les rayons tombent, les autres conditions restant les mêmes.

Les phénomènes de la lumière produite par réfraction sont étudiés par l'optique avec prédilection; les expériences innombrables faites par les hommes les plus éminents de la science ont amené à des résultats frappants, qui permettent de jeter un regard sur la nature merveil-

leuse de la lumière. Presque tous les corps organiques et inorganiques ont été tour à tour passés en revue, et surtout on a eu des différences, des variations, des changements, des modifications.

De ces expériences, souvent d'une finesse admirable, on peut tirer comme résumé une conclusion générale, à savoir, que les modifications dans les substances réfringentes déterminent des modifications dans la lumière. Quel que soit le changement physique, mécanique ou chimique, soit à l'extérieur, soit dans l'intérieur des substances ou des corps, quelque petite que soit la variation des angles extérieurs ou intérieurs, des densités des couches différentes, des affinités chimiques, des mélanges physiques ou chimiques, n'importe, on a des modifications dans les phénomènes de la lumière; ajoutons que chaque degré différent de la température modifie les modifications.

Ce qui se passe par la réfraction doit se passer par la réflexion dans les limites que nous avons déjà indiquées.

Il y a donc une puissance réfléchive et un pouvoir réfléchant pour la matière; il doit y avoir un indice de réflexion. Pour nous, qui regardons la distribution de la lumière sur la terre, la réflexion surtout a la plus grande importance.

L'eau, par exemple, substance si répandue dans le système, et qui couvre les deux tiers de la surface terrestre, est un élément trop considérable, en regard de la production de la lumière, pour être négligé.

Cet élément se montre dans quatre états différents,

qui, pris séparément, donnent chacun une série de modifications.

Les vapeurs aqueuses réfléchissent, réfractent, décomposent, diffractent et contiennent la lumière ; leur densité et leur température font varier tous ces phénomènes. L'eau à l'état liquide est pourvue, mais à un degré différent, de toutes les qualités modifiantes des vapeurs ; nous savons, par exemple, que les rayons ne pénètrent plus dans l'eau si l'angle d'incidence surpasse $48^{\circ} 35'$, d'où il suit que les rayons passant cette limite sont réfléchis et deviennent lumière faible. A l'état de neige, l'eau est cristallisée. Ces cristaux sont différents selon la température ; les angles, par conséquent, varient et réfléchissent diversement. La neige réfracte encore une portion des rayons. A l'état de glace, l'eau est solide, inégalement dense et diaphane, selon la température ; elle transmet et retient une portion des rayons et réfléchit l'autre dans la direction de ses angles.

Dans tous ces quatre états, l'eau a la qualité éminente de donner des couleurs.

Toutes les substances donc répandues à la surface terrestre, sans exception, contribuent à la production de la lumière et de la chaleur, selon leurs angles et selon leurs densités.

XII

Nous avons un troisième élément modifiant des plus curieux, la couleur. Ici c'est la lumière qui agit sur elle-

même. L'expérience journalière nous en donne la première idée.

Si nous prenons maintenant deux corps égaux, d'une figure égale, d'un poli pareil, d'une densité, d'une température et d'une couleur semblables et de même inclinaison, les rayons tombants doivent être réfléchis par chacun absolument de la même manière, et ils doivent produire la même somme de lumière et de chaleur. Dépolissons l'un, il y aura modification ; il en sera de même si nous changeons la couleur, la température, etc., etc. Nous voyons que le même corps peut faire varier à l'infini la lumière. La science nous apprend qu'on peut ramener l'intensité au même degré en combinant les éléments influents deux à deux, trois à trois, etc., etc., et aussi la faire varier.

Tout le monde connaît, par exemple, que dans les grandes villes les rues nous présentent des intensités différentes de la lumière et de la chaleur, selon leur situation ou leur direction, et selon les élévations ou distribution des bâtiments ; c'est l'effet des angles. Si nous nous plaçons devant des maisons construites avec des matériaux différents, avec du granit, du marbre, de la pierre légère, de la brique, de la terre, du bois, de la paille, etc., etc., nous ressentons devant chacune d'elles une autre température, nous voyons une autre lumière : c'est l'effet des densités. Si nous changeons la couleur, nous changeons également la lumière.

Tous ces phénomènes servent à démontrer que la lumière et la chaleur se font partout où les rayons ren-

contrent une résistance, et que leur intensité dépend de la combinaison des éléments influents.

Parmi ces éléments, dont le nombre nous est inconnu, nous pouvons ranger le mouvement, dont l'influence sur la production de la lumière est incontestable. Un corps diaphane, par exemple, doué d'un mouvement rapide, ne transmet plus les rayons, il les réfléchit. On peut s'imaginer qu'une sphère diaphane en rotation transmettra encore les rayons jusqu'à un certain degré de vitesse, passé lequel ils seront forcés de se réfléchir.

L'eau en mouvement, par exemple, ne laisse plus pénétrer les rayons; sa transparence se perd et la lumière se fait.

L'atmosphère en mouvement oppose une résistance plus forte aux rayons que dans son état de repos, et si ce mouvement est coordonné ou extraordinaire, les rayons sont différemment déviés de leur route. Il est encore à remarquer que l'atmosphère, dans cet état, colore la lumière naissante ou déjà produite, et que sa couleur favorite est la couleur rouge, plus ou moins rosée, plus ou moins jaunie.

XIII

Si nous nous étendons un peu longuement sur ce sujet, ce n'est pas à cause de sa nouveauté; ce que nous traitons est déjà bien connu, mais le haut intérêt que nous attachons à la production de la lumière sur la terre nous excusera, et encore pensons-nous que les notions sur

ce sujet ne sont pas peut-être données d'une manière assez élémentaire.

La production de la lumière et de la chaleur par l'eau mérite d'être regardée de près.

L'eau est rarement en repos; les lacs mêmes, quoique souvent entourés de montagnes, se trouvent le plus souvent en agitation.

Supposons qu'une partie de l'Océan soit en repos. Les rayons solaires pénétreront dans les profondeurs, 1° selon le degré de la transparence; 2° selon la densité, et 3° selon les angles d'incidence. Nous faisons abstraction de la température.

Si l'eau est peu profonde et parfaitement limpide, on voit le sol : dans ce cas les rayons traversent la masse entière de l'eau, et la lumière se fait par réflexion sur le sol même au-dessous de l'eau, qui préalablement a réfracté les rayons entrants.

Si l'eau est plus profonde et que, malgré sa pureté, le sol ne se voit plus, les rayons pénètrent jusqu'à ce que la densité soit capable de les réfléchir.

Les rayons pénètrent dans l'eau en raison inverse des angles d'incidence. Les rayons verticaux arrivent aux plus grandes profondeurs relatives, ces profondeurs décroissent avec l'augmentation des angles d'incidence; sous l'angle de 48 degrés les rayons effleurent la surface de l'eau, avec l'angle de 48°,35 ils se réfléchissent.

Il s'ensuit qu'une partie de la lumière se fait dans l'eau par des réfractions successives dans des couches différentes et finalement par la réflexion, à des profondeurs

déterminées, et que l'autre partie se fait simplement par la réflexion à la surface.

La lumière produite dans l'intérieur des eaux ne sort pas totalement, une partie est retenue par l'eau. Il est donc concevable qu'en comparaison avec les corps opaques et denses, l'eau ne donne que de faibles intensités de lumière, soit dans son intérieur, soit à sa surface. La chaleur produite avec la lumière est en grande partie retenue par l'eau.

Nous devons remarquer que ce n'est pas l'eau seule qui retient la lumière ; selon l'opinion des savants les plus distingués, il n'existe pas un corps qui ne contienne une certaine portion de lumière. On pourrait en conséquence dire que, s'il y a une chaleur latente, il doit y avoir aussi une lumière latente, comme il y a une électricité latente, c'est-à-dire que ces forces sont et restent en connexion inséparable dans tous les corps, dans toutes les matières, dans tout l'univers.

Si la neige et la glace font des couleurs, c'est que la réfraction s'en mêle : la lumière se colore en général dans toutes les intensités, mais surtout dans ses intensités considérables. Les couleurs des masses de lumière distribuées sur la terre sont dans une liaison intime avec les éléments qui contribuent à les produire.

En parcourant les divers climats, en regardant alternativement la nature et la configuration du sol, les substances distribuées à la surface, en comparant les températures des saisons, on parvient à saisir la cause des couleurs perceptibles et distinctes de la lumière.

Les étoiles comme les planètes se montrent avec des couleurs différentes, et ces couleurs doivent avoir la même origine, la même cause, soit que les corps célestes aient une lumière propre, soit que leur lumière soit empruntée ou réfléchie. Quant aux planètes, la couleur de leur lumière réfléchie doit dépendre de la nature et de la densité de leurs substances.

XIV

Pour se faire une idée de la distribution de la lumière et de la chaleur sur la terre, il faut se rappeler avant tout que la lumière comme la chaleur se perd. La lumière se perd instantanément dès qu'elle cesse d'être produite, la chaleur reste un peu plus longtemps sous des conditions que nous verrons, mais elle aussi se perd. La condition nécessaire est donc que la lumière doit se faire toujours et qu'elle est toujours nouvelle. C'est absolument comme un feu d'artifice : autant qu'il y a des matériaux pour continuer le spectacle, autant il dure. Il s'ensuit que la lumière et la chaleur ne se trouvent sur la terre qu'autant qu'elles y sont produites, et seulement dans des quantités proportionnelles aux forces productrices.

Il est peut-être superflu de remarquer que nous faisons abstraction de la chaleur intérieure de la terre, et que nous regardons seulement exclusivement la production permanente faite par les rayons solaires.

Cette production s'effectue à la surface terrestre. En cherchant la quantité probable de la lumière et de la cha-

leur, nous ne devons pas oublier qu'il y a souvent interruption, c'est-à-dire que sur certains points les rayons peuvent se trouver interceptés par des substances ou matières qui les empêchent de tomber. Dans ce cas, la lumière et la chaleur produites atteignent rarement la surface terrestre et ne peuvent pas être comptées. Si, par exemple, le ciel est couvert, la lumière et la chaleur se font par et sur les nuages. Supposons que cet état persiste pendant quelques jours sur une étendue de quelques lieues carrées; sur ce point de la terre et pendant ce temps, ni lumière ni chaleur ne se font à la surface, et ce qui se produit dans l'espace ou dans l'atmosphère, ne descend pas à l'horizon.

Nous savons qu'il est presque impossible que dans le même lieu la lumière et la chaleur restent constantes pendant deux jours consécutifs seulement. Nous ne pouvons pas avoir l'idée d'une quantité probable de lumière et de chaleur, par exemple pendant un an, puisque cette idée supposerait une production égale et non interrompue, ce qui n'existe pas.

XV

Nous avons regardé l'effet des angles sur une sphère régulière; s'il n'y avait pas d'autres influences, la diminution des intensités à partir de l'équateur serait graduelle et constante jusqu'aux pôles : nous verrons qu'il n'en est pas ainsi, mais en général nous pouvons cependant regarder l'effet des angles comme la cause première

de la distribution inégale de la lumière et de la chaleur sur la terre.

Les aspérités de la surface par leurs configurations diverses et par leurs densités différentes, feront sans aucun doute les plus grands effets. Supposons, par exemple, des montagnes groupées de manière à se présenter aux rayons comme des miroirs concaves; n'est-il pas naturel qu'il en résultera une intensité considérable de la lumière et de la chaleur? Cette sorte de configuration se trouve partout sur la terre, aussi bien dans les hauteurs que dans les plaines, ou dans les déserts au milieu des sables : partout les rayons trouvent des concavités sphériques qui, en déterminant leur convergence, produisent des intensités plus ou moins grandes. Les élévations parallèles produisent des réflexions successives, et s'éclairent mutuellement en rehaussant ainsi la lumière et la chaleur. Dans les vallées presque fermées le phénomène est assuré; il y a donc une infinité de variations et de modifications.

Par les observations thermométriques faites à l'horizon, on a établi les lignes isothermes; le lecteur voit qu'on pourrait les remplacer par une détermination géométrique de la configuration de l'écorce terrestre, et par des connaissances géologiques et physiques, — la lumière et la chaleur étant dans une proportion permanente, — on aurait ainsi à la fois les lignes isophores et isothermes.

XVI

Si c'était la lumière même, la lumière toute faite qui

nous viendrait du soleil, ces phénomènes d'intensité ne pourraient se montrer, parce qu'il est établi et suffisamment prouvé que le disque solaire nous envoie de toutes ses parties invariablement la même quantité de lumière et de chaleur.

Il serait donc impossible de concevoir comment cette lumière toujours égale du soleil pourrait subir sur la terre des modifications à l'infini.

Depuis Newton la science s'est emparée de la lumière, elle est parvenue à prouver que les rayons solaires subissent des transformations de toutes sortes. Il est établi que la première se fait par la réfraction qui comprend déjà la vibration et l'ébranlement préalable des rayons.

En effet, l'arc-en-ciel se fait par les rayons qui ne sont pas encore tombés à la surface terrestre ni sur aucun corps opaque ou matière d'une densité capable de réfléchir; il n'y a donc pour produire l'effet éblouissant que réfraction par l'atmosphère, puis réfraction subséquente par les vapeurs, et très peu de réflexion par ces mêmes vapeurs.

Une autre série de modifications se fait encore par le passage des rayons à travers les substances diaphanes. La densité, l'épaisseur, la figure, la composition physique ou chimique de ces substances déterminent des phénomènes optiques superbes, obtenus par des expériences souvent ingénieuses. Vienne la réflexion, les rayons se transforment par la secousse en lumière, la chaleur s'y joint, c'est ce qu'on appelle la lumière blanche, qui ne se décompose plus.

Le rapprochement, la convergence des rayons, leur réunion dans le foyer, produisent le maximum de l'effet. La lumière ainsi condensée se jaunit par la chaleur. Ici finit l'action ; la lumière est faite, elle ne se transforme plus. Si la lumière nous venait du soleil elle devrait être perpétuellement dans ce dernier état, lumière de foyer, et l'optique n'aurait aucun phénomène à contempler.

XVII

Les notions sur la distribution de la lumière et de la chaleur sur la terre et sur les variations de leurs intensités, resteraient très imparfaites, très défectueuses, sans la connaissance de l'atmosphère et de ses propriétés. Nous savons que c'est un élément capricieux, très inquiet, et qui tend toujours à défaire ce que font les autres éléments.

Comme enveloppe de la terre, l'atmosphère sert de couverture pour la chaleur, et jusqu'à un certain point pour la lumière.

Tout ce qui se passe à la surface terrestre doit se passer en même temps dans l'atmosphère ; jamais elle ne se déplace pour aucun phénomène ; elle veut tout voir, tout connaître.

C'est par elle que les rayons solaires se décident à devenir lumière ; c'est elle qui donne asile aux rayons réfléchis devenus lumière, c'est elle qui garde la chaleur produite, c'est elle qui fournit à l'observation la mesure des intensités, c'est elle enfin qui en dernière instance détermine la valeur des modifications de la lumière et de

la chaleur qui restent en proportion avec ses densités. C'est en conséquence de ce rapport que la lumière et la chaleur diminuent avec la densité de l'atmosphère.

Ainsi, pour notre vision, pour notre sensation, l'intensité de la lumière et de la chaleur dépend de la densité de l'atmosphère, les autres conditions restant égales. Que d'autre part cette densité de l'atmosphère décroisse avec les hauteurs, ce n'est contesté par personne.

La lumière ou en général un phénomène lumineux s'affaiblit donc selon que la densité de l'atmosphère décroît, indépendamment de la loi optique sur le carré des distances. Mais en examinant un peu la décroissance des densités atmosphériques, on se convaincra bientôt qu'elle aussi est liée aux carrés des distances.

La lumière se trouvant à l'horizon s'affaiblit aussi avec la distance, quoique nous la voyions à travers une atmosphère d'égale densité. Ici l'accumulation des mêmes couches produit l'effet optique des densités décroissantes; mais nous ne devons pas oublier que l'atmosphère dans ses couches inférieures contient une quantité des substances hétérogènes.

C'est par l'atmosphère que nous voyons la lumière déjà produite, mais jamais nous n'apercevons les rayons solaires. Si nous voulons absolument les regarder, il faut que nos yeux se dirigent vers le soleil; mais alors ces rayons pénètrent dans notre télescope délicat, s'y convergent dans le foyer et nous aveuglent tout simplement. Nous pouvons impunément regarder le soleil couchant ou levant, mais tout près de l'horizon seulement, parce

qu'une illusion optique ne nous envoie pas de rayons.

La lumière et la chaleur contenues en même temps dans l'atmosphère offrent des différences. Tandis que l'atmosphère en mouvement emporte avec elle la chaleur, la lumière reste à sa place, tout en se laissant un peu dévier. La raison en est que l'atmosphère est chauffée, mais non pas éclairée.

Nous avons vu que plusieurs observateurs ont remarqué que les queues des comètes quelquefois semblent comme agitées par les vents, qu'il y a des comètes dont la queue se trouve détournée de sa position ordinaire. Eh bien ! si les comètes se trouvent dans l'atmosphère terrestre, parmi les couches en mouvement, l'agitation des queues pourra être une réalité, comme leur détournement.

Le phénomène de l'agitation de la lumière se montre partout aux observateurs habiles, dans l'aurore boréale, dans la lumière zodiacale, dans la couronne lunaire pendant les éclipses totales, etc., etc. Comme nous l'avons suffisamment remarqué à propos des comètes, la lumière se produit continuellement, et cette production continue s'aperçoit.

Mais tous ces phénomènes de la lumière, sans exception, ne bougent pas, ils restent à leur place, là où ils ont été produits, et si nous les voyons marcher comme les comètes, par exemple, et la lumière zodiacale, ce ne sont pas eux qui sont en mouvement, mais bien la cause qui les fait naître.

Nous tenions à constater que la lumière ne se laisse pas emporter par l'atmosphère en mouvement, comme se

laisse réellement emporter la chaleur. Un autre phénomène semble appuyer notre remarque, que la lumière et la chaleur se comportent différemment dans l'atmosphère.

La chaleur étend, dilate tous les corps, quelle que soit leur densité ; elle pénètre toutes les substances, elle étend et dilate considérablement l'atmosphère. Cet effet de la chaleur nous mène à la pensée qu'elle occupe effectivement un espace, et que, par conséquent, elle est plus matérielle que la lumière, qui ne manifeste rien de pareil. Si on dit que ce sont les molécules de l'air qui sont éclairées, on ne veut nullement entendre que par l'éclairage ces molécules subissent une altération appréciable.

Ces considérations nous montrent que l'élément unique, les rayons solaires, se dualise, et que la lumière et la chaleur, malgré leur union intime, peuvent produire des phénomènes dissemblables, indépendants les uns des autres. Ainsi, malgré leur connexion inévitable, les trois puissances, l'électricité, la lumière et la chaleur, peuvent se séparer ; mais qu'on les considère soit isolées, soit réunies, toujours est-il qu'elles nous ramènent fatalement à leur grand principe, les rayons solaires.

XVIII

L'atmosphère contient la lumière, et en la transmettant, elle nous la fait voir ; elle contient la chaleur, mais elle la répand.

Lumière et chaleur perdent leur intensité en raison

des hauteurs atmosphériques, et finissent par disparaître.

La distribution de ces deux éléments sur la terre dépend donc aussi de l'atmosphère. Les limites des neiges s'expliquent surtout par elle. Ces phénomènes des neiges et de leurs limites seraient inexplicables si la lumière et la chaleur nous venaient du soleil.

Malgré le maximum de la chaleur dans les régions équatoriales, les neiges perpétuelles existent.

L'idée que ce sont les rayons obliques du soleil qui causent la diminution de la chaleur répandue également par l'astre lumineux, ne peut pas s'appliquer aux montagnes situées à l'équateur. Outre que les rayons tombent sur elles verticalement, à cause de leur plus grande proximité du soleil, elles doivent encore, selon les opinions d'aujourd'hui, recevoir plus de chaleur que toute autre portion de la terre.

Nous savons que l'atmosphère se chauffe, qu'elle peut même monter à un degré assez élevé de température. Si la chaleur venait toute faite du soleil, l'atmosphère terrestre devrait être chauffée partout également, parce qu'elle se présente tout entière par la rotation aux rayons qui la traversent partout dans la même direction. Il s'en suivrait qu'aux pôles, l'atmosphère devrait être à la même température qu'à l'équateur. Dans ce cas, ce serait l'atmosphère qui, quoique mauvaise conductrice, chaufferait la terre.

Le lecteur voit que, quel que soit le côté sous lequel nous regardions la question, nous arrivons au même résultat, à savoir, que la lumière et la chaleur se produisent sur la

terre, ce qui n'exclut pas qu'elles soient d'origine solaire, mais ce qui exclut qu'elles nous viennent toutes faites.

La distinction entre les rayons solaires et la lumière doit donc s'établir.

Quand nous nous trouvons sur l'hémisphère éclairé de la terre, nous sommes au milieu des ondes de lumière produites autour de nous, et il est impossible que nous voyions une lumière plus faible que celle qui nous enveloppe; cette lumière réfléchiée par les surfaces nous apparaît avec des intensités différentes selon notre entourage, elle suit la direction donnée par les angles et disparaît dans cette direction. La longueur des rayons de lumière, comme nous l'avons vu, dépend des angles d'incidence, et il est probable que les rayons réfléchis au delà de 45 degrés acquièrent une longueur qui peut dépasser la quatrième partie du rayon terrestre, à peu près quatre cents lieues.

Autant que la lumière se fait sur une partie quelconque de notre hémisphère, autant nous la voyons, de près ou de loin, elle nous éclaire; mais sans être renouvelée, elle se perd.

Si nous regardons le ciel à travers cette lumière, nous ne voyons rien que cette même lumière; si elle disparaît, les objets célestes deviennent visibles en proportion de leur éclat: preuve que l'intensité de la lumière produite autour de nous surpasse celle des corps célestes.

En observant un phénomène céleste quelconque par un polariscope, toute lumière semble être polarisée, tant qu'il reste un peu de lumière terrestre. On en a conclu

que la lumière terrestre, c'est-à-dire la lumière solaire sur la terre est fortement polarisée.

XIX

Il est généralement admis que l'atmosphère réfléchit la lumière, du moins on se sert des expressions « la lumière réfléchie par l'atmosphère, la lumière atmosphérique. »

La question est trop importante pour ne pas être examinée de près, et nous devons nous demander si l'opinion est correcte.

Il est possible que cette opinion ne soit pas peut-être une conviction, et que l'expression dont on se sert, ne soit qu'une espèce de locution pour dénoter une chose qu'on connaît être autrement. Cette sorte d'expressions indéfinies, de locutions usitées, d'abus même de mots, nous la rencontrons souvent dans les sciences. Il est en effet difficile, d'une part, de trouver toujours les mots propres pour exprimer clairement, précisément l'idée en rapport avec la nature de la chose traitée, et d'autre part, on est souvent contraint de conserver les expressions en usage, pour ne pas nuire à la simplicité et à la clarté des explications, et aussi pour ne pas forcer le lecteur ou l'auditeur par l'introduction de mots nouveaux à une espèce de déviation de la pensée. C'est là une des petites misères.

Nous disons, par exemple, que le soleil se lève et qu'il se couche, malgré que nous sachions qu'il n'en est pas

ainsi ; mais la grandeur du phénomène impose à nos sens, et plutôt que de parler correctement nous aimons mieux accommoder le soleil à notre manière de voir. Mais quelle est la conséquence ? C'est que pour ceux qui cherchent le soleil constamment autour de la terre, les phénomènes célestes, en général, restent incompréhensibles, et que les résultats les plus magnifiques de l'astronomie ne peuvent pas pénétrer dans leur entendement.

Heureusement que la question sur la réflexion de la lumière par l'atmosphère ne se trouve pas dans une position aussi désespérée.

Nous disons que l'atmosphère terrestre ne réfléchit pas du tout la lumière, et qu'il est absolument impossible qu'elle la réfléchisse. La matière diaphane jusqu'à l'invisibilité ne peut pas réfléchir la lumière, elle la transmet. Nous savons que l'atmosphère réfracte la lumière.

On ne connaît pas un état d'atmosphère visible ; sa propriété la plus éminente, la plus essentielle pour nous, c'est son invisibilité, d'où la conséquence qu'elle ne réfléchit pas la lumière.

Si nous cherchons des atmosphères sur les planètes, ce ne sera pas par leur visibilité que nous les trouverons.

Si l'on dit que l'atmosphère réfléchit la lumière, la loi doit être générale ; l'atmosphère en entier, chaque partie de l'atmosphère doit également réfléchir toute lumière sans exception.

Voudrait-on localiser le pouvoir réfléchif de l'atmosphère ? Par où, dans quelle direction, dans laquelle de ses couches doit-elle réfléchir ? Si elle réfléchit la lumière,

elle doit commencer ou dans sa couche supérieure limite, ou si vous préférez dans une couche un peu plus basse, ou n'importe dans quelle couche.

Dans tous les cas, il en résulte une nuit éternelle ; ni le soleil, ni les étoiles, ni les planètes, ni rien au dehors de la terre n'est plus visible, l'ensemble des lumières est réfléchi dans les cieux.

Voulez-vous que la réflexion se fasse à l'horizon ? Dans un seul instant nous sommes aveuglés tous, nous ne voyons que le soleil remplissant tout l'espace céleste : si vous parvenez à écarter le soleil, les étoiles, les planètes rempliront avec leur lumière votre entourage, et un seul réverbère suffira pour que vous ne puissiez voir autre chose. Voulez-vous enfin que ce soit une lumière spéciale et spécialement localisée que l'atmosphère réfléchisse ? Choisissez, mais par votre choix vous avez déjà démontré que l'atmosphère ne peut pas réfléchir la lumière ; elle la contient. — La lumière qui se fait sur la terre doit donc nécessairement se trouver dans l'atmosphère qui nous entoure, autant que cette lumière existe, autant qu'elle se produit. Quant à la lumière déjà réfléchie par la terre en dedans de l'atmosphère, elle n'a plus besoin d'être *reréfléchi* par cette même atmosphère pour devenir largement visible.

Avec la lumière venant du soleil et avec la réflexion de l'atmosphère, — même dans un degré très faible, — il est impossible d'avoir une nuit. En effet, la lumière venant toute faite du soleil traverse l'atmosphère ; quel que soit donc le point de la terre où nous soyons placés, même

au centre du cône d'ombre, il faut nécessairement que nous voyions la lumière et que la terre soit éclairée partout, étant entourés partout d'atmosphère, qui par la réflexion, renvoie partout et toujours la lumière et l'éclat du soleil. Pour que les nuits ne soient pas une illusion, il faut bien se résigner à ce que la lumière ne nous vienne pas toute faite, et à ce que l'atmosphère ne réfléchisse pas la lumière.

XX

Nous avons faiblement esquissé une faible partie des études immenses sur la lumière et sur l'atmosphère ; à nos vues purement élémentaires, le lecteur ajoutera ses connaissances et il se convaincra que les rayons solaires ne sont pas de la lumière pour nous, qu'ils ne contiennent pas de la chaleur sensible pour nous, mais que lumière et chaleur se produisent sur la terre selon les lois déjà établies par la science ; il se convaincra que l'atmosphère terrestre ne peut pas réfléchir la lumière, mais qu'elle la contient et nous la fait voir par sa qualité éminente, par sa diaphanéité.

Les phénomènes de la lumière ne pourraient pas se manifester si elle nous venait toute faite ; nous avons vu qu'elle devrait en effet affecter une seule modification, une même intensité toujours constante, toujours permanente ; sans cela, nous tomberions inévitablement dans le cercle des hypothèses et dans des imaginations inadmissibles. Nous devrions, par exemple, supposer que cette lumière solaire est un composé de modifications à l'infini

de toutes sortes de lumières diverses en intensité et en couleurs, qui, en arrivant à la surface terrestre, se divisent, se partagent, se groupent selon les positions géographiques, selon la distribution de masses plus ou moins denses, plus ou moins opaques, selon les angles que les corps ou substances présentent, selon leurs couleurs, etc.

Ce qui s'entend pour la lumière s'entend également pour la chaleur.

Nous ne croyons pas que les deux propositions suivantes : le soleil ne nous envoie pas la lumière et la chaleur faite ; l'atmosphère ne réfléchit pas la lumière, soient en contradiction avec la science, ni même avec les théories. Nous sommes plutôt convaincu que le résultat final restera en pleine concordance avec les observations.

Ce qui nous reste à considérer, dans nos conclusions, exige la vérité des deux propositions qui précèdent, sans lesquelles nous chercherions en vain à comprendre la corrélation des phénomènes de la lumière.

XXI

Arrivé où nous en sommes, nous pouvons sans danger restituer au soleil sa puissance entière et le regarder comme source unique de la lumière et de la chaleur répandues sur la terre ; nous pouvons même admettre une quantité d'opinions diverses sur la lumière et la chaleur, en nous souvenant toujours que la lumière est *une*, qu'il n'y a pas deux lumières, comme il n'y a pas deux chaleurs.

La lumière est la même partout ; quel que soit son nom de baptême, sa nature reste invariable.

La lumière de la lune, lumière du soleil réfléchie, se comporte pour nous, quoique affaiblie, absolument de la même manière que la lumière du soleil lui-même. La lune nous envoie ses rayons, qui, en devenant lumière, nous éclairent.

La lune est en comparaison du soleil un bien petit corps, plus petit que la terre, et pourtant elle éclaire l'hémisphère terrestre entier ; elle nous envoie ses rayons de toutes les parties de son disque à la fois, et ses rayons sont parallèles. Les phénomènes optiques de la lumière lunaire sont les mêmes que ceux des rayons solaires ou, si l'on veut, de la lumière solaire. La différence est dans les intensités ; la lumière doit s'affaiblir par des réflexions successives, et si nous avions un autre satellite éclairé par la lune, cette troisième réflexion nous enverrait une lumière encore plus faible.

Les lumières connues sur la terre montrent les mêmes phénomènes. Chaque lumière émet des rayons invisibles qui s'étendent dans toutes les directions, traversent ce qui est traversable, éclairent ce qui est éclairable ; les rayons en marche rencontrent les corps et deviennent lumière, absolument de la même manière que ceux du soleil et selon les mêmes lois optiques : il s'agit toujours de la proportion entre les intensités.

La propagation de la lumière est ainsi infinie. Tant que la lumière existe, elle émet les rayons qui deviennent lumière à leur tour, selon les conditions énoncées,

la lumière faite continue à suivre la loi, et ainsi de suite.

Il se conçoit donc que la lumière ne bouge pas, et que chaque lumière peut être regardée comme une flamme localisée, mais que ce sont les rayons qui se répandent; il est aussi concevable comment la lumière doit s'affaiblir par sa propagation.

L'éclair, lumière d'un moment, atteint quelquefois une intensité prodigieuse, il se trouve près de nous, mais ce moment suffit pour que ses rayons éclairent tout ce qui se trouve dans la sphère de leur action. De cette remarque il suit que c'est de l'intensité et de l'étendue de la lumière faite que dépendent l'intensité et l'étendue des rayons émis, et que, par exemple, l'action d'une lumière faible comme force éclairante n'a pas une grande étendue. Il suit encore que la lumière peut être regardée comme une quantité qui se laisse augmenter ou diminuer, et que l'effet de la lumière est en proportion avec sa masse et avec son intensité.

La lumière électrique, selon les notions d'aujourd'hui, se laisse comparer à la lumière du soleil. Elle surpasse en intensité tout ce que nous connaissons, elle surpasse en chaleur notre imagination même. Il est donc réservé à l'électricité de nous donner une idée de la corrélation des forces en connexion avec elle, parce qu'elle se présente comme étant la plus rapprochée de cette force universelle, immense, que l'homme doit chercher.

XXII

Mais si la lumière est une, ni le soleil, ni les étoiles, c'est-à-dire ni l'un ni l'autre des soleils à l'infini ne sont lumineux par eux-mêmes, il n'y a pas de corps célestes en ignition, en combustion, en incandescence, mais chaque soleil réfléchit la même lumière qui se fait sur lui par les rayons de cette force universelle répandue dans l'espace infini, de la même manière que la lumière se fait sur la terre, par les rayons du soleil réfléchis.

Nous voilà dans des idées générales sur l'attraction et sur la répulsion, du positif et du négatif!

L'astronomie nous apprend et prouve que le soleil n'est qu'une masse de matière, matière semblable à celle des autres corps célestes du système. Le soleil a toutes les propriétés des planètes; il marche dans son orbite encore inconnue, il a sa rotation, il a une grandeur mesurée, une densité, une pesanteur, etc., connues. Mais par son volume immense le soleil, comme la plus grande puissance, est le chef, et peut être le producteur du système, et il s'est placé dans le foyer général, forçant les autres corps à marcher autour de lui. L'endroit choisi par le soleil, le foyer, est significatif.

Les rayons de la force céleste gravitent vers les foyers, ils s'y convergent; les soleils se trouvant dans cette sorte de foyer sont donc enveloppés par ces rayons, et doivent nécessairement produire la lumière et la chaleur sur toute leur sphère. Les soleils sont donc éclairés en entier,

tandis que les planètes ne peuvent recevoir d'eux que les rayons qui se réfléchissent sur leur moitié.

S'il en est ainsi, la lumière ne s'épuise pas ni la chaleur, et nous n'aurons pas des étoiles éteintes.

Parmi les idées cosmogoniques on ne trouve pas d'éclaircissements sur la nature de la lumière. Il est vrai que l'univers une fois construit, la lumière se fait elle-même.

Mais pour la pauvre humanité c'est l'existence ; le soleil, la lumière et la chaleur font la vie !

XXIII

Toutefois qu'on laisse marcher un peu la pensée, elle rencontre inévitablement des pensées contraires ; c'est une conséquence nécessaire des forces diverses en action répandues dans l'espace limité de la nature humaine.

Le grand Cartesius a dit : « Je pense, donc je suis ; » il était en plein droit de dire : « Je doute, donc je pense. » Et si quelqu'un renverse la thèse en disant : « Je suis, donc je doute, » il se trouve encore dans la même espèce de vérité.

Le doute légitime est souvent dépassé. La vérité la plus pure pour l'un devient pour l'autre un vil mensonge. Les vérités de la raison, intenses comme le soleil, sont les ténèbres ; l'extrait de l'absurdité la plus assommante est la vraie lumière, cela dépend.

La science du moins ne devrait-elle pas être soustraite

à ces transitions subites et inconcevables, surpassant même celles de la comète la plus capricieuse.

La science est humaine, non pas par état, mais par métier.

Le développement de la science, comme en général le développement de l'entendement, n'est pas régulier, n'est pas constamment progressif, ne se fait pas selon une loi perceptible; indépendant du temps et de l'espace, il montre des intermittences, des interruptions, des interpositions, des mouvements directs et des mouvements rétrogrades. Le lendemain change en déception la conviction d'aujourd'hui et *vice versa*. Partout les hypothèses s'entre-choquent, et rarement du choc la lumière jaillit.

XXIV

Le progrès dépend du développement de la pensée, la science est la démonstration de la justesse de la pensée.

La corrélation des idées ressemble à la corrélation des forces physiques ou universelles, que nous voudrions appeler « manifestations de la nature ».

Comme il est impossible d'isoler une idée, de même nous ne pouvons pas concevoir une manifestation de la nature tout à fait indépendante des autres.

L'idée même de l'abstrait est déjà une idée concrète, ou si nous aimons mieux une idée relative. Un atome, un moment, un point géométrique, un rien, le vide, etc., c'est toujours l'espace, c'est toujours l'étendue; l'étendue

c'est la direction en tous sens, la direction c'est le mouvement, etc.

Le néant absolu, la non-existence, n'est pas une idée, c'est un mot. Demandez à quelqu'un de s'imaginer quelque chose qui n'est pas, qui n'existe pas, c'est lui demander l'absurde ; mais l'absurde est encore une réalité, encore une conception complexe, elle appartient à la fantaisie et à l'imagination qui, elles aussi, ont leur monde, leur univers, plein de mouvements indéfinissables.

La tendance des forces n'est pas de s'isoler, elle est ou d'agir en concert pour produire des effets, ou de réagir pour produire encore des effets, quelquefois les mêmes.

L'analyse cherche à isoler ces forces autant que possible. Mais les notions ainsi séparément acquises pour trouver leur application, doivent enfin se réunir selon la loi des corrélations observées. Sans cette réunion finale nos travaux restent infructueux, leur direction indécise et nos explications défectueuses.

XXV

Nous voudrions bien, par exemple, regarder la lumière comme elle est, indépendante et isolée, mais c'est impossible, la chaleur s'y mêle malgré nous ; nous ne voulons pas regarder la chaleur, mais elle ne se laisse pas éconduire.

Nous remarquons dans la lumière deux qualités très prononcées : son intensité à l'infini, depuis une faiblesse à peine perceptible à notre vision, jusqu'à une force insup-

portable pour nos yeux; sa couleur dans toutes les variétés imaginables. Ces deux qualités, la chaleur ne les quitte pas.

Nous demandons à la lumière ce que la chaleur nous veut en s'introduisant toujours. La lumière répond : « Mais la chaleur c'est moi. » Nous demandons à la chaleur pourquoi elle ne veut pas laisser en repos la lumière. Elle dit : « Mais je suis la lumière. » Et qui êtes-vous donc toutes les deux ? Nous sommes le mouvement ! Nous marchons toujours ensemble, et si nous vous quittons, ce n'est pas pour nous perdre, mais pour revenir plus tard. Si nous regardons comment la lumière s'y prend pour avoir autant d'intensités qu'il y a de points sur la terre, nous rencontrons la chaleur qui fait absolument la même chose. Le moyen de s'en débarrasser !

Nous voudrions bien regarder l'atmosphère terrestre isolée, telle qu'elle entoure la terre de ses couches toujours de plus en plus denses en s'approchant du centre, voilà la chaleur qui ne la quitte pas un seul instant, qui l'habite dans des quantités précisément proportionnelles à sa densité, « parce que, dit-elle, moi, chaleur, je suis d'autant plus intense que les corps qui me contiennent sont plus denses, et que vous concevez que je dois être plus faible dans cette pauvre atmosphère que je ne le suis dans le platine que je volatilise, du reste, tout aussi facilement que je disperse l'air terrestre. »

Voilà pourquoi les couches moins denses sont moins chaudes; pourquoi la chaleur, qui tend toujours à sortir de l'atmosphère, et en sort finalement, marche d'autant

plus vite qu'elle a plus d'intensité ; pourquoi elle chauffe en montant les couches supérieures en proportion de son intensité ; pourquoi il est concevable que, par exemple, sous l'équateur, où la chaleur à la surface terrestre dans les couches les plus denses de l'atmosphère est à son maximum, elle chauffe un peu plus qu'ailleurs les couches supérieures, élevant ainsi la limite des neiges. La chaleur, c'est le mouvement ; elle va, et, pendant qu'elle va, elle chauffe tout ce qui est chauffable.

XXV

Jusqu'ici c'est l'observation qui a parlé. Mais si nous demandons quelle est la cause de ces variations de la lumière et de la chaleur et de leur distribution inégale sur la terre, c'est à la science de nous en instruire. Pour voir la lumière et pour sentir la chaleur, nous n'avons pas besoin d'elle.

Et si la science nous explique, nous enseigne que les rayons solaires viennent pour éclairer et chauffer la terre, nous n'avons encore rien appris, d'autant qu'elle nous dit que la lumière et la chaleur viennent du soleil dans un même degré d'intensité, et que le soleil entier les envoie de toutes les parties de sa sphère également, invariablement et en permanence.

Si, après cela, la science nous affirme que les rayons obliques sont moins lumineux et moins chauds, elle veut simplement se débarrasser de nos questions importunes, et, si nous persistons pour savoir ce que c'est que des

rayons obliques, elle répond que le soleil émet des rayons parallèles, mais qu'ils tombent sur la terre, et que par conséquent ils tombent selon autant d'angles différents qu'une sphère en contient. Voilà les rayons obliques.

Vous êtes sans doute édifié, mais, en poursuivant vos recherches, vous dites : Je vois bien qu'en effet les rayons tombent sous des angles différents, mais je ne conçois pas l'influence de ces angles sur la lumière et la chaleur ; il fallait m'expliquer comment avec l'agrandissement des angles les intensités s'affaiblissent ; pourquoi les angles diminuent la lumière et la chaleur qui frappent la terre partout également.

Si la science ne répond pas, c'est qu'elle ne veut pas appliquer et réunir les connaissances acquises sur la nature de la lumière et de la chaleur étudiées isolément.

Les rayons solaires tombent et rebondissent selon les angles, comme les corps en général tombent et rebondissent. Le plus grand choc qu'un corps tombant puisse éprouver, c'est quand il tombe verticalement ; dans ce cas, la secousse est centrale ; avec l'accroissement des angles, le choc, de plus en plus excentrique, décroît pour devenir nul à 90 degrés.

Si nous disions maintenant que c'est par la force du choc que la lumière s'affaiblit, il s'ensuivrait que la plus grande intensité de la lumière et de la chaleur devrait se trouver aux pôles, et qu'elle devrait arriver à son minimum à l'équateur.

Si nous disons, au contraire, que c'est par la force du choc que la lumière s'agrandit, ou ce qui revient au même,

qu'elle décroît avec l'accroissement des angles, il s'ensuivra qu'aux pôles, où il y a peu de choc ou point de choc, où les angles sont les plus grands et où même ils se confondent avec la ligne droite, la lumière et la chaleur venant du soleil devront rester intactes, c'est-à-dire telles qu'elles arrivent, et qu'en commençant par les pôles leurs intensités devront s'accroître toujours, jusqu'à leur maximum sous l'équateur.

Ainsi la vraie lumière et la vraie chaleur émises par le soleil se trouvent aux pôles, le reste est modifié par les angles, le reste est lumière et chaleur factices.

XXVI

Pour concevoir l'inégale distribution et faire fonctionner en même temps les angles, il ne nous reste qu'à dire que la lumière conjointement avec la chaleur se fait sur la terre.

Si maintenant la terre est considérée comme étant une sphère régulière et polie, un miroir sphérique convexe par exemple, il y aura autant d'intensités différentes qu'il y a d'angles différents sur la sphère, et la quantité théorique de lumière et de chaleur émises par le soleil se pourra calculer.

Mais la terre est un sphéroïde qui n'est ni régulier ni poli. Dans ses parties aplaties les angles s'accroissent très vite, le nombre des grands angles est plus considérable là que partout ailleurs, et par conséquent la masse de lumière produite aux pôles doit être nécessairement la plus

faible. Les océans qui forment les deux tiers à peu près de la surface, peuvent être regardés comme partie de miroir, comme sphériques, la partie terrestre proprement dite est un conglomérat, un composé d'angles à l'infini; angles dont la distribution ne connaît pas la géométrie.

Le calcul théorique est donc confondu, d'ailleurs les lignes isothermes, quoique dans leur enfance, ne sont ni circulaires ni concentriques, ni parallèles.

Ainsi la figure de la terre et ses angles ne suffisent pas pour nous instruire.

Nous devons regarder les substances répandues à la surface selon leurs densités, et ne pas oublier que le sable et la poussière produisent plus de lumière et de chaleur que la terre cultivée; les contrées pierreuses plus que les forêts, chaque solide plus que l'eau, etc, etc. Nous devons tenir compte des couleurs des substances diverses et de leur degré de diaphanéité, nous devons compter même toutes les interceptions des rayons, tout ce qui les empêche de tomber sur le sol, et encore nous n'apprendrons rien si nous n'étudions l'atmosphère.

Quelle raison prise hors de l'atmosphère pourrait-on assigner à l'affaiblissement de la lumière et de la chaleur sur les points élevés de la terre, sur les hauteurs plus rapprochées du soleil? Sa densité en commençant avec le niveau de la mer décroît en montant.

XXVII

La lumière et la chaleur se font à la surface terrestre :

elles ne se laissent pas absorber, mais elles se laissent contenir et retenir pour un certain temps, après lequel tôt ou tard elles s'en vont.

L'atmosphère contient donc la chaleur selon sa capacité. Mille et mille expériences démontrent que cette capacité décroît avec la densité, comme la densité décroît avec l'attraction de la terre. Il est donc concevable que — les autres conditions restant égales — la chaleur reste en proportion avec l'élévation, et qu'en commençant au niveau des mers elle décroisse avec la hauteur de l'atmosphère jusqu'à ce qu'en arrivant aux couches qui n'ont plus ni densité ni capacité, elle sorte définitivement de la terre.

Il est donc concevable que sur les parties de la terre plus élevées, malgré leur position géographique d'ailleurs favorable, la chaleur soit moindre et que les limites des neiges soient variables.

Ce qui est démontré pour la chaleur est démontré pour la lumière, ces deux sœurs étant inséparables.

Il s'ensuit : 1° que la lumière et la chaleur répandues sur la terre restent en proportion avec la densité de l'atmosphère et que leur intensité décroît avec cette densité jusqu'à ce que la lumière devienne invisible et la chaleur insensible ; 2° que sans l'atmosphère terrestre, il n'y aurait pour nous ni lumière visible, ni chaleur sensible, malgré que les deux continuassent à se produire incessamment.

Nous avons établi que la lumière et la chaleur se font partout où les rayons solaires rencontrent un obstacle, une

résistance, et qu'en tombant sur la terre, ces rayons donnent des intensités selon les angles, selon la densité, la couleur, la transparence, etc., des substances parsemées à la surface.

De là, il suit que la lumière et la chaleur sont produites de la même manière et avec les mêmes intensités sur les cimes des montagnes qu'à l'horizon, parce qu'il n'est pas admissible qu'elles se produisent en raison de la densité de l'atmosphère. La conséquence naturelle est que l'intensité de la lumière et de la chaleur, sur la terre, est en liaison inséparable avec la capacité de l'atmosphère à contenir et à retenir l'une et l'autre et à les transmettre.

La capacité se confond donc avec la densité et toutes les deux trouvent leur expression à l'horizon, dans l'idée de saturation.

L'atmosphère collecte, réunit de la chaleur produite à la surface terrestre autant qu'elle est capable d'en contenir; le maximum de sa capacité peut s'appeler saturation; après la saturation commence la transmission.

En regardant une certaine couche isolément, par ex. : la couche à l'horizon, l'atmosphère commence à se dilater aussitôt que la chaleur atteint le degré répondant à sa densité, et quoique la chaleur tende toujours à se disperser, elle la retient selon sa capacité; le maximum de la chaleur est donc produit directement par les rayons et graduellement collecté, réuni et retenu par l'atmosphère.

Les observations faites avec le thermomètre ne peuvent

donner les valeurs absolues de la chaleur solaire, mais en indiquant la température de l'une des couches atmosphériques, elles donnent la mesure de la capacité de cette couche, elles donnent la mesure de la quantité de chaleur ramassée, collectée par cette couche pendant un temps indéterminé, chaleur produite sur la portion de la terre couverte par cette couche.

On comprend ainsi que par exemple, dans certains lieux, la plus grande chaleur ne soit pas à midi, mais plus tard, quelquefois à deux heures. Eh bien, quel est le temps assigné à l'atmosphère selon ses couches, pour ramasser la chaleur produite jusqu'à saturation ?

Les couches supérieures moins denses reçoivent donc la chaleur : 1° par les couches inférieures qui leur communiquent leur superflu ; 2° par la transmission régulière de la chaleur à travers toute la masse atmosphérique, c'est-à-dire par la chaleur montante ou sortante ; 3° par la production directe si, dans ces couches supérieures, il se trouve des élévations terrestres ou des nuages assez denses pour produire de la chaleur.

Le maximum de chaleur que les diverses couches peuvent ainsi collecter ou retenir est constamment en proportion avec leur capacité, mais il faut remarquer que la transmission doit être plus prompte, la marche de la chaleur plus rapide avec le décroissement de la capacité des couches, jusqu'à ce qu'enfin tout l'ensemble se perde, couches, densités, capacités, chaleur et lumière.

XXVIII.

Ces considérations nous mènent inévitablement à la conclusion que la chaleur produite sur la terre ne se ferait pas sentir sans l'existence de l'atmosphère et qu'ainsi sur les planètes sans atmosphère ou sur la lune, par exemple, la chaleur produite ne reste pas un moment et que, s'il y a de l'eau, elle doit se trouver dans l'état solide, et en outre que la chaleur produite par les rayons solaires pénètre très peu dans les corps solides ou liquides à la surface, mais que leur échauffement se fait par l'atmosphère, qui, non-seulement communique aux différents corps sa chaleur, mais encore l'empêche de sortir en les couvrant. Sans la couverture par l'atmosphère, sans son influence constante, ces substances laisseraient bientôt perdre toute leur chaleur.

Il n'est pas dans notre dessin de considérer la chaleur répandue ou distribuée sur la terre, mais le lecteur voit que, sans l'étude approfondie de l'atmosphère, la science ne peut parvenir à la connaissance de cette chaleur terrestre.

Les éléments influant sur la production de la lumière et de la chaleur, nous les avons regardés, autant que nous pouvions les saisir, il doit y en avoir de nombreux qui nous échappent, d'autres qui resteront à jamais inconnus.

Si maintenant nous voulons rechercher les variations dans les effets, il faut que nous nous adressions au mouvement.

XXIX.

De l'inclinaison de l'orbite terrestre sur l'équateur céleste résultent les climats.

Si le soleil se trouvait constamment dans l'équateur, c'est-à-dire si les rayons solaires venaient sur la terre dans des angles constants, les climats resteraient aussi constamment les mêmes, ils seraient sur chaque point du globe ce qu'ils sont aujourd'hui pendant les équinoxes, il n'y aurait nulle part une transition dans la température appelée moyenne, il n'y aurait pas de saisons.

Avec chaque mouvement dans son orbite, la terre présente au soleil, et par conséquent à ses rayons, un autre hémisphère, autrement composé, d'autres angles, et quoique la transition se fasse lentement, les effets sont toujours sensibles.

Les deux déclinaisons ou inclinaisons de l'équateur terrestre sur son orbite s'accroissent jusqu'à $23^{\circ} 27'5$. Ces inclinaisons de la sphère terrestre vers le soleil et vers la direction constamment la même de ses rayons, combinées avec l'effet des éléments, donnent la solution presque entière des climats.

Pendant que l'inclinaison de l'équateur terrestre s'accroît, la terre présente aux rayons solaires, chaque jour, des surfaces différentes et les parties solides sur lesquelles se produisent les plus grandes intensités de la lumière et de la chaleur, reçoivent les rayons dans des angles chaque jour différents.

L'inclinaison vers le sud étant égale à celle vers le nord, il s'ensuit que, relativement au soleil, le déplacement de l'équateur terrestre atteint 47 degrés entre les deux limites.

Pour les parties de la terre qu'on appelle équinoxiales, équatoriales, zone torride, etc., etc., la différence des angles n'influe pas beaucoup sur les saisons; mais pour toutes les positions géographiques de la terre au delà ou en deçà de l'équateur, dépassant 23 degrés, les différences de la température deviennent de plus en plus sensibles. Un exemple suffira.

Supposons que Paris se trouve dans le cercle concentrique à l'équateur distant de 49 degrés. Pendant que l'équateur terrestre se confond avec le plan de l'écliptique, c'est-à-dire pendant les équinoxes, les rayons solaires tombent sur Paris dans des angles de 49 degrés. Mais l'équateur terrestre s'incline de plus en plus vers le sud et les angles de Paris diminuent chaque jour. Avec l'inclinaison maximum ils sont devenus $25^{\circ} 5'$, c'est la plus grande chaleur possible à Paris. Après un demi-an, l'inclinaison boréale arrive à son tour à son maximum et les rayons solaires tombent sur Paris dans des angles de $72^{\circ} 5'$. La différence entière est donc de 47 degrés entre les angles des deux limites et elle explique la différence des températures.

XXX

Pour se rendre encore mieux compte des faits, il est nécessaire de regarder la rotation de la terre sur

son axe, axe dont la direction est invariablement la même.

Si nous supprimons les 25 degrés restant pendant l'été, dans la supposition que l'équateur s'incline d'autant, Paris n'aura plus de nuits, mais il sera déserté à cause de la chaleur insupportable; si nous ajoutons, d'autre part, une vingtaine de degrés à ceux de l'hiver, Paris n'aura plus de jour, et il deviendrait inhabitable à cause du froid.

A Paris et dans ses environs il doit faire nécessairement plus chaud pendant que les rayons tombent sous des angles de $25^{\circ},5$ qu'il ne fait dans les régions équatoriales quand les rayons y tombent sous ces mêmes angles, parce qu'alors les jours à Paris sont de seize heures, pendant qu'ils dépassent à peine onze heures près de l'équateur. Avec la durée de leur production, la chaleur et la lumière s'accroissent. C'est la raison pourquoi, sur certains points de la terre, malgré la position géographique défavorable, la température se trouve quelquefois très élevée.

La rotation de la terre influe donc sur l'intensité de la lumière, et son influence se manifeste par la diversité des couleurs. Une de ces couleurs est due exclusivement à la rotation de l'atmosphère qui se présente en mouvement opposé à la direction des rayons solaires. C'est la couleur de l'aurore et du crépuscule.

La lumière ainsi rougie doit être plus intense à l'équateur et s'affaiblir graduellement avec la vitesse de la rotation. Il est même possible que l'aurore soit plus rougie

que le crépuscule, dont l'intensité est plus forte que celle de la lumière produite aux pôles, plus forte que celle de la lumière réfléchie par la lune, plus forte que la lumière cométaire et zodiacale, plus forte enfin que la lumière de plusieurs planètes autres que Mercure, plus brillant, lui, que le crépuscule, etc., etc. Ces études intéressantes nous mèneraient trop loin, nous devons nous contenter avec des fragments.

Il nous reste à voir deux phénomènes charmants, l'un exclusivement produit par les rayons solaires; l'autre engendré par ces mêmes rayons et par l'atmosphère terrestre.

Ces deux phénomènes doivent servir à prouver la justesse de nos considérations, en nous montrant, l'un la lumière réfléchie, l'autre la lumière réfractée.

Un effet de la lumière.

Le lecteur aura la complaisance de mettre le soleil à l'équateur.

Les rayons invisibles du soleil tombent sur la terre, et la lumière réfléchie devient visible. La moitié de la terre est éclairée.

Divisons le grand cercle horizontal formé par les rayons rasants ou éclairants en quatre parties, en menant deux demi-cercles parallèles à l'équateur à 60 degrés, par exemple, nous avons ainsi 120 degrés pour chaque

partie équatoriale des deux côtés de l'hémisphère, et il restera pour chacune des parties polaires 60 degrés.

Nous savons que la masse de lumière tombe autour de notre sphère à une distance considérable au delà et au-dessous du cercle horizontal; nous savons que cette masse, onde ou flamme, de lumière entourant l'hémisphère est d'une intensité différente, et qu'en commençant par l'équateur elle s'affaiblit graduellement vers les pôles; nous savons encore que, selon la longueur des rayons réfléchis, la masse lumineuse devient plus étendue, mais aussi plus faible.

Nous pouvons regarder la terre tournant autour de son axe comme une sphère dont la moitié est au milieu des flammes et l'autre dans le cône de son ombre.

La partie orientale de l'onde lumineuse s'appelle l'aurore; la partie occidentale le crépuscule, et les deux parties polaires les aurores boréale et australe.

L'observateur se trouvant dans l'ombre terrestre, peut voir selon sa position géographique l'une ou l'autre de ces lumières, jamais deux à la fois.

Le phénomène en entier est constant, la beauté de chacune de ses parties dépend, d'une part, de la rotation de la terre qui, comme nous l'avons vu, amène toujours de nouvelles substances et configurations, d'autre part, du mouvement propre de l'atmosphère et de sa pureté.

La différence d'aspect dans les parties équatoriales, entre l'aurore et le crépuscule n'est pas grande, toutes les deux sont en général rouges ou rougeâtres, tirant au

jaune; il est pourtant possible que l'aurore ait un peu plus d'intensité, soit un peu plus rougie à cause de l'opposition du mouvement de rotation de l'atmosphère à la direction des rayons.

Les lumières polaires diffèrent essentiellement des deux lumières équatoriales. Tandis que l'aurore et le crépuscule s'approchent ou s'éloignent, et sont par conséquent de courte durée pour l'observateur en rotation, les deux lumières polaires restent constamment visibles, pendant que le soleil reste au-dessous de l'horizon.

Pendant que le crépuscule persiste, la lumière polaire ne se voit pas et elle s'efface à l'approche de l'aurore. Preuve que la lumière polaire est plus faible.

L'aurore et le crépuscule s'étendent bien au delà de 60 degrés des deux côtés de l'équateur, mais, plus ils s'étendent, plus ils deviennent faibles; plus ils sont hauts, moins ils sont rougis, jusqu'à ce qu'en atteignant les lumières polaires, ils se confondent avec elles.

L'aurore et le crépuscule ne peuvent pas être vus de loin à cause de la rotation, par conséquent, ils ne rayonnent pas, ils restent des ondes presque terminées et unies.

Les lumières polaires se voient de très loin, à cause de leur plus grande hauteur et à cause de leur permanence, alors elles rayonnent, regardées de près, le rayonnement cesse.

Quoique la masse et l'étendue de la lumière polaire soient considérablement moindres que ne sont la masse et l'étendue des lumières équatoriales, cette lumière occupe

pourtant un espace très grand ; elle peut être vue et observée en entier, si on se trouve à la distance convenable. En s'approchant trop, la masse s'étend, sa beauté se perd ; en s'éloignant trop, la masse reste visible, mais elle est moins belle. Pour la meilleure position de l'observateur il y a une limite optique, comme pour tous les phénomènes de la lumière. Qui se trouve trop approché voit trop, jusqu'à ce qu'il arrive au milieu de la flamme, position dans laquelle il ne voit autre chose que le ciel bien éclairé.

Ces quatre portions de l'onde lumineuse sont en grande partie constamment traversées par les rayons solaires, sans que leur aspect ou leur intensité s'en ressente.

L'observateur à l'abri de l'ombre n'étant plus exposé aux rayons solaires, regarde ces phénomènes à travers et par l'atmosphère qui les contient. Il s'ensuit donc 1° que les rayons solaires ne sont pas lumineux par eux-mêmes, et que 2° l'atmosphère ne réfléchit pas la lumière.

* *
*

Nous avons considéré les rayons réfléchis par les angles de la surface terrestre, nous avons vu les masses, les ondes de lumière tombant vers les pôles et au delà des pôles en les entourant.

Ces masses se touchent, se frottent, se choquent, s'entre-traversent, se mêlent ou restent séparées, parfois elles se réunissent et elles donnent des résultantes.

Ces effets doivent se produire sur une sphère régulière,

ils seront plus variés, plus compliqués sur la terre aplatie selon la configuration de sa surface, et selon les substances qui la composent.

Nous ne connaissons pas la forme exacte de la terre, en regard de l'exigence des rayons nous ne la connaissons jamais ; nous ne savons pas quelle est sa figure aux pôles, nous ne connaissons pas les substances qui s'y trouvent ; mais nous savons que l'intensité, la couleur et même l'étendue des masses de lumière, dépendent des corps réfléchissants, de leur distribution angulaire, de leur densité, de leur couleur et de leur température, etc.

Dans les régions polaires, l'étendue des glaces dépend de la proximité des continents et de la profondeur des eaux ; vers le pôle boréal par exemple, les glaces commencent vers 70 à 75 degrés ; d'après les descriptions le spectacle donné par les glaces est magnifique ; les montagnes de glaces ont les configurations les plus bizarres, elles sont plus ou moins transparentes, plus ou moins couvertes de neige ; tantôt elles sont réunies, tantôt isolées, tantôt plongées dans l'eau toute noire, tantôt très élevées, etc., etc. ; elles doivent donc produire des lumières inconnues extrêmement variées.

Il est par exemple probable qu'entre ces masses flottantes ou consolidées, entre les neiges et l'eau jusqu'aux pôles il se trouve des parties de terre, des élévations, des roches, des aspérités de toute sorte dans lesquels il doit y avoir des pierres différentes, du cristal de roche, du spath d'Islande, un peu de tourmaline, enfin un peu de tout.

L'onde de la lumière polaire contient ainsi à elle seule l'ensemble des phénomènes optiques ; il y a réfraction, réflexion, aberration de sphéricité, dispersion, décomposition ; il y a des raies, des spectres, de l'interférence, de la diffraction, des franges, de la réfraction double, de la polarisation simple, atomique, rotatoire, électrique et magnétique.

Ajoutons-y les vapeurs constantes plus ou moins légères répandues dans l'atmosphère, très peu de courant d'air ; la rotation de la terre amenant toujours des formes, des figures nouvelles, et nous aurons la production permanente et variée de la lumière, et le mouvement inévitable des masses lumineuses ; nous nous ferons ainsi une idée de la grandeur du phénomène.

Il y a dans l'excellent livre sur la physique de M. Pouillet une description de l'aurore boréale racontée par M. Lottin. Cette description surprenante est plus qu'une observation, c'est toute une théorie, presque à la fois l'explication et la démonstration du phénomène. Une observation et une description pareilles sont inspirées par l'amour vrai de la grande nature et de la science. Nous ne pouvons pas priver le lecteur de cet exposé charmant, étant sûr que l'illustre savant dont nous empruntons le texte nous permettra de la donner à la fin de nos conclusions.

* *
*

Le phénomène doit être le même aux deux pôles, les

conditions sont égales. Les différences d'aspect, de lumière et de couleurs doivent être déterminées par la différence des configurations et la variété des matières répandues à leurs surfaces.

Selon les explorateurs, les mers australes sont plus étendues, à cause de leur plus grande profondeur, la température des eaux est différente; cette seule circonstance doit influencer sur l'aspect du phénomène sans compter d'autres causes d'ailleurs inconnues. Il existe peu d'observations sur la lumière australe.

Nous savons que la rotation de l'atmosphère aux pôles est très lente, presque nulle, elle n'est pas considérablement influencée par la température restant presque sans variations; il y a donc peu de mouvement coordonné de l'atmosphère aux pôles, le phénomène par conséquent est peu troublé par elle.

Tout au contraire, les deux lumières d'orient et d'occident n'ont pas de repos, les mouvements de l'atmosphère et des nuages sont fréquents, et comme ils font varier leur aspect et leur couleur, ils nous empêchent souvent de les voir.

Pour tous les phénomènes célestes, le détail est lié au mouvement de la terre et à sa position vers le soleil, au lieu de l'observateur, etc., de même les phénomènes qui se passent sur la terre autour de nous sont liés à ces conditions. Ce détail devient plus compliqué, plus délicat pour cette sorte de phénomènes qui se trouvent peu distants de nous; le plus petit changement devient sensible, et nous entraîne à des idées et à des explications souvent

erronées, même quand nous connaissons la nature du phénomène.

Par les observations diverses il est établi qu'en regard de la lumière polaire boréale, il y a par année deux maxima et deux minima pour la splendeur et la grandeur du phénomène : les premiers ont lieu vers les équinoxes, les seconds vers les solstices, — surtout vers celui d'été, ajoute un écrivain ; ce surtout se trouve là par hasard, mais il dit que pour la lumière australe c'est le solstice d'hiver.

En mettant le soleil dans le point de l'un des équinoxes, nous sommes tombés dans le maximum.

Le lecteur connaît la marche annuelle de la terre autour du soleil. Les déclinaisons de cet astre produisent toujours de nouvelles lumières polaires ; les plus grandes déclinaisons sud et nord — jusqu'à 23 degrés — donnent les minima.

Il est évident que chaque inclinaison de la terre, et nous pouvons dire chaque jour ou presque chaque moment présente aux rayons solaires des surfaces différentes. Peu à peu les rayons quittent l'un des pôles pour se rapprocher de l'autre, et, tandis, par exemple, que la beauté de l'aurore boréale diminue, la beauté de l'aurore australe augmente.

Les masses, les ondes de lumière constamment produites aux pôles se déplacent donc journellement, et le phénomène s'approche ou s'éloigne — selon les déclinaisons, — de l'observateur restant à la même place.

Avec l'éloignement de l'aurore, l'observateur remarque

des variations d'intensité, d'extension, jusqu'à ce qu'avec la distance les couleurs qui se voient de près disparaissent, alors le rayonnement commence. Avec son approchement l'observateur se trouve de plus en plus enveloppé de la masse lumineuse, et enfin il ne voit plus ni figure, ni couleurs, ni mouvement, ni rien, excepté l'éclairage général aux pôles, pendant que le soleil y reste invisible.

Ce genre de phénomènes lumineux reste tout à fait incompréhensible sans la connaissance de la production de la lumière. Les voyageurs aux pôles, les Franklin, les Ross, etc., connaissent bien les couleurs différentes dans lesquelles le ciel se montre sous certaines latitudes; ils sont entrés dans ces couleurs, ils se trouvaient au beau milieu de ces flammes colorées, les aurores.

Ne serait-il pas intéressant de déterminer par l'observation des mouvements des ondes lumineuses dans les aurores, les mouvements des masses, des montagnes de glace, qui contribuent si puissamment à leur formation?

Quand on lit dans les livres que, sur certains points de la terre on a vu pendant la nuit une lumière extraordinaire, une clarté surprenante, comme, par exemple, en 1831, dans une partie de l'Italie et dans le nord d'Allemagne où « les nuits étaient si merveilleusement éclairées qu'on pouvait lire à minuit les caractères les plus fins, » et quand on fait attention que cette lumière exceptionnelle se transporte d'un lieu à l'autre, on doit être sûr qu'un phénomène lumineux a parcouru les lieux

éclairés, et en conséquence de nos considérations on peut supposer le passage des comètes à la surface terrestre, ou ce qui revient au même, à l'horizon.

* *
*

Le lecteur saura maintenant ce que c'est que la couronne de la lune, la lumière observée autour de la lune pendant les éclipses totales.

En effet, le phénomène n'a rien de surprenant quand on connaît qu'une couronne semblable se produit sur chaque sphère éclairée à demi, et que pour la voir, il faut se mettre dans l'ombre de la sphère.

La couronne de la lune est donc de la même espèce que la couronne de la terre que nous avons regardée. Elle rayonne, parce qu'elle est éloignée; elle est uniforme partout égale en grandeur, en étendue, presque égale en intensité, parce que la lune nous présente son équateur, sa plus grande section, parce que peut-être les substances répandues à sa surface sont plus homogènes, parce qu'enfin la lune peut bien ne pas avoir d'atmosphère, ni par conséquent de vapeurs, ni de nuages, ni de vents, toutes choses qui contribuent à produire des couleurs.

La lumière blanche et faible de la couronne lunaire, est la même lumière que notre satellite nous envoie en éclairant nos nuits. La couronne lunaire s'étend autour du disque régulièrement, elle a une épaisseur presque égale au tiers du diamètre du satellite. Nous pourrions en

conclure que la couronne de la terre s'étend au moins à huit ou neuf cents lieues; mais il faut tenir compte de l'affaiblissement graduel des rayons lumineux jusqu'à leur invisibilité. Nous devons remarquer aussi, que la couronne terrestre ne peut pas être régulière à cause de l'aplatissement, — aplatissement qui semble tout à fait manquer sur la lune, — et que les lumières polaires doivent être plus longues, plus étendues en hauteur que ne sont le crépuscule et l'aurore.

Les observations diverses, faites sur des points différents de la terre pendant les éclipses, nous donnent une preuve suffisante de la finesse et de la délicatesse extrême du phénomène.

Les observateurs situés différemment doivent nécessairement voir différemment dans le même instant, et si deux observateurs distants seulement de 2 ou 3 kilomètres l'un de l'autre, prétendent avoir vu exactement la même chose, c'est-à-dire le même aspect en tous sens, on peut hardiment affirmer que l'un d'eux a fait une mauvaise observation. Il s'entend qu'il s'agit d'observations dans le même temps.

La couronne lunaire se trouve dans sa plus grande beauté et perfection pour l'observateur placé dans la ligne traversant les centres du soleil et de la lune, c'est-à-dire pour l'observateur de l'éclipse centrale; pour tous les autres autour de lui la couronne se montre différemment. Cet observateur ne bougeant pas, verra les phases ou transitions du phénomène; un autre observateur se trouvant dans la ligne de l'ombre centrale, verra avant ou

après lui les mêmes transitions ; le reste des observateurs ne verra qu'en partie le phénomène.

Les aspects divers de la couronne lunaire donnent la preuve évidente qu'ils sont la conséquence des mouvements combinés de la lune et de la terre, et que, selon la position de l'observateur, tout doit changer tôt ou tard. Si un observateur pouvait suivre la lune dans sa marche, en restant toujours dans la ligne centrale, il verrait constamment la couronne dans toute sa splendeur.

Dans la couronne, le même mouvement de la lumière se fait remarquer que nous avons suffisamment mentionné dans les comètes et dans l'aurore boréale.

La durée du phénomène dépend de la durée de l'éclipse totale. Plus le diamètre apparent de la lune surpasse le diamètre apparent du soleil, plus la couronne reste visible.

La couronne commence à se perdre du côté de la lune opposé à la direction de sa marche, elle devient invisible avant que le soleil apparaisse, c'est-à-dire avant que les limbes arrivent à leur contact intérieur, parce que la lumière du soleil fait déjà son effet, et que les rayons solaires deviennent rasants pour ce côté de la lune ; autour des autres parties du disque, il y a encore une portion de la couronne qui reste visible jusqu'à ce que le premier point lumineux du soleil apparaisse.

S'il était possible d'écarter la lumière du soleil, la couronne lunaire pourrait être vue pendant ses conjonctions sans éclipse, quoique moins circulaire, un peu elliptique. Mais dans ces positions la lune est éclairée de deux côtés,

par le soleil et par la terre; la rencontre des deux lumières rend la plus faible invisible.

* *
*

Ces considérations, conformes aux observations, nous autorisent à remarquer que l'opinion sur la couronne lunaire, qui semble l'attribuer au soleil, n'est nullement en harmonie ni avec le phénomène, ni avec la nature de la lumière solaire.

Si le soleil avait une couronne lumineuse, elle devrait avoir presque la même intensité que celle de son disque; il n'y aurait aucune raison pour que cette couronne ne fût constamment visible et qu'elle attendît une éclipse totale par la lune pour devenir apparente.

Si le soleil avait une couronne, elle ne pourrait pas être composée d'autre chose que de la lumière même du soleil, de rayons visibles émanant de toutes les parties de sa sphère. Mais alors l'étendue de la couronne serait indéfinie; en regardant le soleil par tous les moyens d'observations, rien de semblable ne se manifesterait.

L'ensemble, comme chaque partie, phase ou aspect du phénomène, démontre clairement l'instabilité d'une pareille hypothèse, mais la preuve que la couronne vue sur la lune ne vient pas du soleil, n'appartient pas au soleil, résulte de la couleur et de l'intensité de la lumière. La lumière du soleil est jaune, jaunie par la chaleur dans le foyer; la lumière de la couronne est blanche et faible,

c'est la lumière faite par les rayons solaires sur la lune réfléchie par elle.

Imaginons-nous qu'un autre corps céleste s'interpose entre la lune et le soleil pendant une éclipse totale, par exemple un autre satellite de la terre : nous voyons une couronne. A laquelle des deux lunes appartient-elle ? Si les diamètres sont égaux ou si le diamètre du satellite interposé est plus grand, il n'y a pas de doute que la couronne ne lui appartienne; mais si le diamètre de la lune interposée est moindre, la couronne sera double, appartiendra à toutes les deux, elle restera confondue ainsi jusqu'à ce que le diamètre de la lune interposée arrive aux deux tiers du diamètre de la vraie lune ; alors la couronne restera exclusivement à cette dernière.

Si quelqu'un cherche la couronne du soleil en couvrant le disque de l'astre par une plaque et s'il voit quelque chose, il peut être convaincu que c'est la couronne de sa plaque qu'il a contemplée. C'est à peu près de cette manière que J. Herschel a toujours aperçu des formes et des figures différentes aux étoiles, en plaçant devant l'objectif des télescopes des diaphragmes de formes différentes. Du moins ce grand observateur n'a pas cru que c'étaient les étoiles qui se changeaient selon la figure du diaphragme. Ces amusements scientifiques peuvent quelquefois amener des découvertes importantes.

* *
*

Complaisance pour complaisance.

La lune présente et montre sa jolie couronne à la terre en éclipçant pour elle le soleil ; la terre reconnaissante éclipse à son tour pour la lune le même soleil et lui montre sa couronne encore plus jolie.

Pour admirer la couronne terrestre, la lune se permet quelquefois de passer par l'ombre de la terre : elle est récompensée par un spectacle superbe, par une couronne fantastique parée de couleurs charmantes ; mais avant d'entrer dans l'ombre, la lune doit passer par une espèce de frontière lumineuse, lumière faible mais agréable, qu'on appelle vulgairement la pénombre. Quant à nous, nous ne voyons pas trop cette lumière autour du cône d'ombre terrestre, mais la lune nous fait une pénombre pareille pendant les éclipses solaires, et celle-là nous la voyons sur la terre.

Les deux pénombres sont produites par les couronnes. En ayant la mesure de la pénombre ou de la couronne, on doit connaître la grandeur de la couronne ou de la pénombre.

Un autre effet de la couronne lunaire, c'est la lumière cendrée. N'est-il pas admirable comment les expressions quelquefois sont heureusement choisies ?

Le lecteur connaît les phases de la lune se suivant régulièrement. Les mêmes phases que nous montre la lune, la terre les présente à la lune régulièrement aussi, mais inversement.

Quand il y a nouvelle lune, il y a pleine terre.

La lune commence à s'éclairer graduellement, l'éclairage de la terre décroît dans la même proportion. La

lune arrive à sa quadrature, à son premier quartier, la terre se trouve dans son dernier quartier.

Quand il y a pleine lune, il y a nouvelle terre.

Les deux corps célestes s'envoient donc mutuellement leur lumière réfléchie, de sorte que la somme des deux parties des disques éclairés fait toujours un disque entier : ce qui manque à l'un se trouve précisément sur l'autre.

On croit que la lumière cendrée de la lune c'est la lumière réfléchie par la terre. Voyons le phénomène.

D'abord l'observateur ne voit que les bords de la lune, la circonférence plus ou moins complète, selon que l'astre s'éloigne apparemment du soleil après la conjonction. S'il voit autre chose qu'un contour très faiblement éclairé, c'est son imagination qui travaille et qui, à ce contour, ajoute le disque, l'hémisphère dont l'existence lui est bien connue ; le reste c'est l'effet optique de ses yeux : de pareils effets, d'ailleurs, se produisent souvent.

Selon nos conclusions, la lumière cendrée n'est que l'effet de la couronne même qui n'est plus visible pour nous, mais qui se manifeste encore pendant quelque temps par l'éclairage des bords de la lune.

Si la lumière réfléchie par la terre était visible pour nous sur la lune, elle devrait se montrer également partout, sur le disque entier et même plutôt sur les parties centrales du satellite que sur ses bords. Il y a plus : si la lumière réfléchie de la terre était visible pour nous sur la lune, on ne pourrait pas concevoir pourquoi la lune,

pendant les éclipses totales, n'est pas éclairé. C'est une bien petite partie de la terre que l'ombre de la lune occupe pendant ce phénomène.

* * *

Chaque planète a sa couronne; chaque couronne produit la pénombre et la lumière cendrée. Il s'entend que, de la terre, il n'y a pas d'autres couronnes visibles que celles des planètes inférieures.

Mercure et Vénus doivent donc avoir leur couronne. Ces deux planètes nous montrent des phases, et, pour voir leur figure et grandeur, il faut qu'elles passent sur le disque solaire, place favorable pour voir en même temps leur couronne.

Mais la lumière excessive du soleil permet-elle de voir une lumière plus faible?

Les observations diverses sur les phases et les lumières de Mercure et de Vénus, le lecteur les trouvera dans l'*Astronomie populaire* d'Arago. Ce que nous mentionnons est emprunté à ce livre important.

« Messier, Mechain et Schröter disent avoir aperçu autour du disque noir de Mercure, passant sur le soleil, un anneau très mince et faiblement lumineux, ce qu'ils ont attribué à l'affaiblissement que la lumière solaire éprouvait en traversant une épaisse atmosphère dont la planète serait entourée; mais je dois ajouter, — dit Arago, — que ces observations ont été contredites. Herschel notamment prétend avoir constaté que le contour de

Mercure resta parfaitement terminé pendant toute la durée du passage. »

Les explications sont différentes, mais le résultat final est que Mercure possède une atmosphère.

Les recherches sur la figure de Mercure nous montrent qu'il existe sur cette planète des montagnes d'une hauteur considérable, de cinq lieues, la 125^e partie de son rayon.

Les observations sur Vénus sont plus nombreuses; elles constatent les changements des phases et les variations lumineuses de son disque. Les observateurs habiles ont souvent vu le disque entier faiblement éclairé; la lumière s'étend quelquefois plus que n'indique la théorie. Vénus aussi est hérissée de montagnes très étendues et très hautes.

Ces phénomènes de la lumière de Vénus sont en tout point semblables à ceux des couronnes de la lune, de la terre, et à ceux de la lumière cendrée. Quelquefois on a vu même pendant le jour le disque entier de Vénus. L'illustre Arago finit ce chapitre ainsi :

« Ce rare et curieux phénomène ne pourrait-il pas être » expliqué à l'aide d'une certaine lumière cendrée, analogue à celle de notre lune, et qui aurait sa cause dans » la lumière réfléchie par la terre ou par Mercure vers la » planète? N'en donnerait-on pas une explication plus » plausible en le rapportant à la classe des visibilités négatives ou par voie de contraste? Faut-il l'attribuer à » une sorte de phosphorescence qui se développerait parfois dans la matière dont Vénus est formée? Doit-on » supposer enfin que l'atmosphère de la planète est quel-

» quefois le siège, dans toute son étendue, de lumières
» analogues à celles qui, sur la terre, constituent les au-
» rores boréales?

» Les observations n'ont, jusqu'ici, rien fourni d'assez
» précis pour qu'on puisse se décider en faveur d'une de
» ces hypothèses de préférence aux autres. »

Sans la connaissance de la production de la lumière, ces phénomènes ne sont pas explicables, et il n'est pas étonnant qu'on en ait cherché la cause presque toujours dans les atmosphères. Mais les connaissances sur l'atmosphère sont aussi défectueuses, et l'on n'y rencontre que confusion : jamais on n'a pu faire une distinction réelle entre la réfraction et la réflexion.

Cette question de la réflexion doit pourtant arriver à sa solution, même en admettant que les atmosphères des diverses planètes puissent différer entre elles.

Il s'agit de choisir : ou l'atmosphère est diaphane, ou elle est opaque.

Si elle est diaphane, il y a transmission des rayons et réfraction en proportion de la densité. Dans ce cas, l'atmosphère reste invisible, imperceptible autour de la planète.

Si elle est opaque, la réflexion est la même que sur le corps de la planète; l'atmosphère ne devient visible que comme faisant partie complétante du disque planétaire.

En aucun cas donc l'atmosphère ne pourra être vue. Ce qui n'est pas éclairé, nous ne le voyons guère, et nous connaissons les conditions pour que la lumière se fasse : la lumière produite par la réfraction devient visible dans

le foyer; d'autre part, toute lumière faite peut être traversée par les rayons solaires sans altération, ainsi que nous en voyons un exemple dans les couronnes de la terre et de la lune.

* *
*

Les observations très délicates sur la lumière de Mercure et de Vénus, faites par les savants les plus habiles en ces sortes de recherches, nous donnent des éclaircissements précieux que nous pouvons maintenant comprendre.

De la configuration des deux planètes, principalement des contours de Vénus, et des changements dans leur éclairage, on peut conclure qu'il n'y a pas d'eau à leur surface. La hauteur de leurs montagnes se conçoit, en effet : si notre globe n'avait pas d'eau, la mesure des hauteurs commencerait avec les plus grandes profondeurs des mers.

De l'absence d'eau sur les deux planètes il peut résulter que leur atmosphère, ne contenant pas de vapeurs, soit différente de celle de la terre, et qu'elle soit plus dense, par exemple.

Sur la chaleur sur Mercure, qui doit être 6,67, ou presque sept fois plus grande que sur la terre, Arago dit :

« On arrive à ce résultat en admettant que l'intensité
» de la lumière et de la chaleur émises par une source,
» et qui tombent sur des corps diversement éloignés, varie
» en raison inverse du carré des distances de ces corps
» à la source. D'après cette loi et à cause de l'excentricité

» considérable de l'orbite de Mercure, la lumière et la
» chaleur que cette planète reçoit du soleil varient depuis
» 4,59 à l'aphélie jusqu'à 10,08 au périhélie. »

La terre, elle aussi, devrait donc être un peu plus chauffée dans son périhélie.

Selon nos conclusions, Mercure doit nécessairement produire plus de lumière et de chaleur que Vénus, Vénus plus que la terre, et la terre plus que la lune, indépendamment de leur distance du soleil.

Dans Mercure, nous avons pour la production d'une lumière intense : 1° des angles en grand nombre; 2° les hémisphères entièrement solides; et 3° une densité de 2,94, presque trois fois celle de la terre, presque celle de l'or; cette densité énorme doit inévitablement donner des intensités de lumière et de chaleur également énormes. Ajoutons à ces éléments l'atmosphère de Mercure, probablement plus dense, qui doit nécessairement retenir la chaleur produite et la lumière faite.

Pour Vénus, nous avons les mêmes angles et la même surface entièrement solide; mais, la densité égalant seulement celle de la terre, la lumière et la chaleur doivent être moindres que celles de Mercure, quoique considérablement plus grandes que celles de la terre.

La lune, enfin, parfaitement régulière dans ses contours, moins hérissée de hautes montagnes, semble avoir pour surface de l'eau à l'état solide; eau qui, par des soulèvements successifs produits par l'attraction terrestre, a pu engendrer toutes les montagnes et déterminer sa configuration. La densité de la lune est la moitié de celle

de la terre, et, selon toute probabilité, elle n'a pas d'atmosphère pour retenir et contenir la chaleur et la lumière; il est donc naturel que la lumière de notre satellite soit la plus faible.

Cette étude sur la différence des lumières des planètes doit être suivie, et elle mènera à des conclusions satisfaisantes.

En supposant un observateur placé sur Mars, il verrait avec Mercure et Vénus la lune et la terre, qui lui présenteraient absolument les mêmes phases et phénomènes et la même couronne que Vénus nous montre.

Ne serait-il pas intéressant de voir, de Mars, paraître sur le disque solaire à la fois la terre avec son satellite, Vénus et Mercure? Un vieil astronome pourrait calculer le moment du passage.

Un effet des rayons solaires et de l'atmosphère terrestre.

Nous avons vu comment la terre intercepte les rayons solaires dans leur marche, et comment ceux-ci rasant sa circonférence, mais nous n'avons pas pris garde qu'il existe un anneau d'atmosphère autour de la terre, traversé constamment par les rayons.

Cet anneau atmosphérique doit pourtant faire quelque chose, il ne peut pas rester oisif pendant que tout le monde travaille.

Eh bien ! cet anneau traversé par les rayons solaires produit une comète, une comète atmosphérique terrestre et cette comète, on l'appelle la lumière zodiacale.

La circonférence intérieure de l'anneau c'est la circonférence de la terre, sa largeur c'est la section horizontale de l'atmosphère, et son épaisseur la hauteur de cette même atmosphère.

La distance de la comète à la terre se trouve ainsi entre 33 et 36 rayons terrestres, ou entre 54 000 et 60 000 lieues, selon qu'on prend toujours arbitrairement l'étendue de l'atmosphère.

La comète se trouve constamment dans l'axe du cône d'ombre terrestre, d'où elle ne peut sortir ; le centre de son noyau coïncide avec l'axe même du cône.

La comète est visible comme nébulosité parfaitement circulaire, pour celui qui se trouve lui-même dans l'axe du cône d'ombre, et il la voit dans son zénith.

Pour tous les autres observateurs, selon leurs positions géographiques, elle se montre plus ou moins en ellipse allongée, tantôt comme une partie de cône, tantôt comme une lance. Sa position varie pour les observateurs ainsi diversement situés depuis — presque — l'horizon jusqu'au zénith. Elle reste pour chacun d'eux presque dans les mêmes constellations, sans jamais s'écarter des signes du zodiaque.

La lumière zodiacale est peu connue. Depuis Cassini et Mairan qui se sont le plus occupés du phénomène, les observations de l'illustre Arago, en mars 1843, contiennent à peu près tout ce qu'on en sait scientifiquement.

Selon ces observations, la lumière zodiacale dans son mouvement diurne suit les constellations avec lesquelles elle correspond ; elle se lève et se couche avec elles ; elle est douée d'un mouvement propre, dirigé comme celui du soleil de l'occident à l'orient ; et enfin elle devient visible dans deux époques de l'année, en mars et en septembre, c'est-à-dire pendant les équinoxes, un peu avant, un peu après.

Sa lumière est rougeâtre tirant sur le jaune, sa couleur et son intensité changent brusquement ; on remarque des mouvements.

En parcourant les détails des observations connues, le lecteur pourra s'expliquer lui-même le phénomène.

Nous devons, en nous conformant aux observations, voir ce qui se passe.

Notre comète, comme nous l'avons prise en général, devrait être constante, c'est-à-dire toujours visible ; l'anneau est constamment prêt à recevoir les rayons qui, à leur tour, agissent sur l'atmosphère incessamment. Pourquoi donc la comète ne veut-elle pas se montrer toujours, pourquoi choisit-elle précisément les équinoxes ?

Pour nous en rendre compte, il faut que nous mettions le soleil à la même place où il produit les aurores les plus superbes.

Le soleil étant dans l'équateur, ses rayons traversent l'atmosphère, mais ils ont horreur du mouvement et s'enfuient. Autrement dit, les portions de l'atmosphère en forte rotation, dévient trop les rayons et, par conséquent, ne font pas la comète. Il s'ensuit que les rayons doivent-

se contenter, pour produire la comète, des deux lentilles atmosphériques des pôles qui ont peu ou point de mouvement.

La plus belle, la plus complète lumière zodiacale se fera donc pendant que le soleil se trouvera précisément au beau milieu de ces deux lentilles, de manière que celles-ci lui présentent la plus grande masse d'atmosphère sans mouvement ou dans un mouvement très lent.

Dès que le soleil s'avise de se déplacer un tout petit peu à droite ou à gauche de sa bonne position, la comète commence à se fâcher, elle rougit, elle pâlit tour à tour, elle devient inquiète, elle s'agite et s'assombrit. Si le soleil s'éloigne un peu plus, la comète se prépare à s'éteindre, et en effet avec une déclinaison australe ou boréale de 12 à 13 degrés, les rayons ne trouvent plus sur la terre la moindre lentille sans mouvement, pour produire ou continuer la comète.

Le lecteur se souvient que, de tout temps, on a comparé la lumière des comètes à la lumière zodiacale, aussi la différence entre elles réside-t-elle uniquement dans la différence des substances productrices.

Aussi a-t-on déjà émis l'idée que la lumière zodiacale pourrait bien être produite par la réfraction de l'atmosphère terrestre, cette idée appartient à l'astronome Young. Dans le livre sur l'astronomie de M. Delaunay, la lumière réfractée par l'atmosphère se trouve déjà dans le cône d'ombre terrestre. Nous n'inventons donc rien de nouveau.

La figure de la lumière zodiacale seule pourra donner à penser, figure différente pour les observateurs diversement situés, figure d'une lance, par exemple, pour la latitude de Paris. Il serait difficile d'en trouver une autre cause que celle de la perspective, la proximité du phénomène est attestée d'ailleurs par la circonstance que la lumière zodiacale ne rayonne pas ; il faut néanmoins remarquer que ce qu'on voit en dehors de l'axe de l'ombre peut être regardé pour les positions éloignées de l'équateur, comme la queue de la comète, c'est-à-dire comme le cône renversé produit par les rayons solaires, après avoir traversé le point d'intersection, le foyer.

Il est possible que les observations futures établissent qu'il n'existe pas même un noyau proprement dit, ce qui nous donnerait la preuve que l'atmosphère terrestre force bien les rayons à se converger et à se réunir dans un foyer, mais qu'elle n'a pas assez de force et de densité pour les contraindre à produire l'image du soleil.

Toutefois, vu centralement, le phénomène doit nécessairement montrer une plus grande intensité vers ses parties centrales, et diminuer vers les extrémités.

Dans l'équinoxe de printemps la lumière zodiacale est visible à Paris, le soir ; dans l'équinoxe d'automne, le matin. Ce changement de temps s'explique naturellement. Le lecteur connaît en effet la différence entre le temps sidéral et le temps solaire. Pendant que la terre dans son orbite arrive d'une équinoxe à l'autre, c'est-à-dire pendant un demi-an, elle a fait sur son axe une demi-révolution de plus, relativement au soleil ; la consé-

quence en est que les jours et les nuits sont intervertis sur toute la terre.

La lumière zodiacale restant localisée dans le cône d'ombre terrestre, la durée de sa visibilité dépend de la position géographique pour chaque observateur et du changement de déclinaison du soleil. Le phénomène est donc parfaitement calculable comme une éclipse, sa durée assignable pour chaque lieu d'observation. La grandeur, elle pourra être déterminée à l'équateur, dans l'axe du cône d'ombre; la durée de la production est limitée par le pouvoir réfringent de l'atmosphère et dépend enfin de la déclinaison du soleil, elle aussi peut être précisée par l'observation. Il est clair qu'en commençant par le plus grand éclat de la lumière, chaque jour doit amener des variations d'aspect, d'intensité et de couleur. Le mouvement de la lumière, le lecteur le connaît.

Les observations et les déterminations de grandeur de la lumière zodiacale doivent augmenter les connaissances sur l'atmosphère terrestre, le phénomène, comme étendue, est en proportion avec l'atmosphère sinon dans son entier, du moins dans celles de ses parties qui ont assez de densité pour déterminer les rayons à concourir à sa production. Il est probable que les parties supérieures peu denses de l'atmosphère laissent passer les rayons sans les dévier suffisamment; il resterait ainsi peu de matériel pour la production de la lumière visible, et il est concevable que le phénomène ne puisse pas avoir une longue durée, et que son intensité et sa beauté soient restreintes à peu de jours.

La lumière zodiacale n'est pas visible pendant le crépuscule ou l'aurore. Nous connaissons déjà cet ordre de gradation entre les lumières. La lumière polaire, quoique lumière réfléchie, pâlit devant les lumières équatoriales : la lumière zodiacale réfractée par une substance dont l'indice de réfraction est très faible, doit être nécessairement la moins intense entre toutes les lumières produites sur la terre que nous avons examinées.

La lumière zodiacale étant connue, un autre phénomène intéressant s'explique de lui-même.

On a observé que la lune en passant par l'ombre terrestre est quelquefois visible, c'est-à-dire éclairée. Il est évident que le temps des deux phénomènes doit coïncider ; il y a peu d'observations qui se relatent à cet éclairage, une seule porte une date, laquelle est précisément le mois d'octobre.

Dans divers livres on trouve que la lumière zodiacale est constamment visible à l'équateur ou dans les régions de l'équateur ; que la lune éclipsée par l'ombre terrestre est toujours visible. Ces deux opinions sont en contradiction avec les observations.

De ce phénomène nous pouvons tirer une autre conséquence, c'est que la lune n'a pas une atmosphère semblable à celle de la terre.

Si la lune en effet avait de l'atmosphère, celle-ci devrait produire une comète ou une lumière zodiacale, et cette lumière rougeâtre nous devrions la voir sur le centre du disque lunaire pendant les éclipses totales, malgré la couronne.

Si Mercure et Vénus ont de l'atmosphère, ils doivent produire des comètes, etc.; ces comètes atmosphériques pourraient bien se trouver entre les nébulosités télescopiques sans noyau apparent, entre les petites comètes à courtes périodes. Il semble que la comète d'Enke se trouve en rapport avec Mercure.

« Pendant le passage de Mercure de 1799, Schrœter et Harding à Lilienthal, Kœhler à Dresde, virent sur son disque obscur un petit point lumineux, d'où l'on a conclu qu'il y a dans cette planète des volcans actuellement en ignition.

« Le déplacement de ce point, relativement au bord apparent de Mercure, servit sinon à mesurer, du moins à constater le mouvement de rotation de la planète sur son centre. » (Arago.)

Mercure produit donc une comète.

Un effet probable du mouvement.

Nous avons regardé comment les intensités plus grandes de la lumière dominant, subjugent les intensités plus faibles.

Abus de force, mauvais exemple!

Nous pouvons demander maintenant de quelle nature peut être la lumière des comètes pour remplir quelques-unes des conditions de leur visibilité.

1° La lumière des comètes est une lumière réfractée;

faible par sa nature, elle doit s'effacer devant les lumières plus fortes, devant toute lumière réfléchie, principalement devant la lumière de la lune.

2° Pour être visibles, les comètes doivent nécessairement se trouver non loin de la terre ; sans cela, si toutefois elles restent encore visibles, elles doivent rayonner.

3° La visibilité des comètes doit inévitablement dépendre des positions relatives de la terre et du soleil.

4° Les matières gazeuses ou atmosphériques donnent des lumières trop faibles pour produire de belles comètes ; il faut donc que les substances capables de produire la lumière blanche des queues et l'intensité quelquefois considérable des noyaux, soient d'une densité plus considérable.

5° D'autre part, plus les corps diaphanes sphériques sont denses, plus leur distance focale devient petite, les autres conditions restant égales.

* . *

Les idées cosmogoniques modernes commencent à se conformer peu à peu au développement de l'astronomie, et aux exigences des lois scientifiques basées sur l'observation.

On s'habitue à la pensée que la distribution de la matière englobée dans le système solaire n'est pas uniquement restreinte aux grands corps si faciles à apercevoir, ni en général aux corps opaques qui deviennent visibles par leur capacité de réfléchir les rayons solaires.

Mais on peut demander, resteront-ils, ces corps, pour ja-

mais inaccessibles à notre vision, existent-ils dès l'origine, sont-ils contemporains du système solaire entier, sont-ils d'une nature éphémère, ou enfin, est-il admissible que de nouveaux corps célestes se produisent constamment d'une manière ou d'autre ?

Il s'entend qu'à priori nous devons exclure toute idée que la matière en dehors du système y puisse jamais pénétrer, que nous devons exclure aussi toute idée qu'une matière non existante dans le système puisse y apparaître.

Ceci admis, les idées des hommes aussi divergent, sauf à se converger finalement.

Tout est achevé dès l'origine, rien ne peut plus se faire, les éléments, la matière, les forces sont là : il ne reste rien à ajouter, dit l'un.

C'est la vérité pure, dit l'autre, et c'est à cause de cette vérité que les éléments se modifient et se transforment, les forces agissent sur la matière, et leur action constante, invariable, permanente, doit produire son effet inévitable.

Les forces en action, c'est la pensée universelle !

Malgré sa petitesse, malgré ses facultés restreintes, l'homme peut en contempler l'effet.

La terre est parsemée de volcans éteints et en activité, son intérieur est en plein travail, son extérieur exposé aux changements.

La lune semble avoir aussi ses volcans ; apparemment qu'ils se trouvent de l'autre côté, sans cela elle nous régalerait plus souvent des échantillons de ses produits.

Le soleil apparaît comme le prototype des transitions,

comme un système de volcans en action. Si ses taches sont des cratères, ceux-là du moins sont assez spacieux pour vomir les plus grosses planètes.

Il y a activité partout.

* * *

A peine a-t-on eu trouvé les quatre premiers astéroïdes entre Mars et Jupiter, que l'opinion se faisait déjà qu'il y avait là une grande planète dont les petites ne sont plus que des débris. On a commencé par faire éclater cette planète comme une bombe; mais on a bientôt remarqué que les petites planètes ne sont pas dispersées dans des directions différentes, mais qu'elles sont toutes directes et que leurs orbites sont toutes peu inclinées.

Plus tard on a dit tout simplement que la ci-devant planète s'était brisée, et que les petites sont ses fragments. Mais pour briser quelque chose il faut un marteau, un choc, une force brisante. Le choc est-il dirigé dans le sens du mouvement, la vitesse de la planète sera accélérée; brisée ou non, elle ne se comportera plus selon les lois de Képler. A-t-il lieu angulairement au plan de l'orbite, l'orbite changera et la planète ou ses débris seront lancés en dehors de ces mêmes lois; se fait-il enfin contre le mouvement, la planète pourra bien être brisée, mais sa vitesse sera anéantie.

Il est pourtant possible que les astéroïdes soient des débris.

La rotation des planètes autour de leur axe est une cause permanente de changements.

La rotation proprement dite suppose un axe de rotation, et cet axe exige une direction invariable; il ne faut pas confondre cette rotation avec le pivotage autour d'un centre, comme, par exemple, celui de la lune.

Chaque corps en décrivant une figure géométrique fermée quelconque, depuis le triangle jusqu'au cercle, doit nécessairement pivoter, ce qui implique la nécessité de tourner une fois autour de son centre pendant qu'il parcourt la figure. Tout corps qui se transporte ainsi dans une courbe fermée, montre constamment le même côté au centre de la figure, et met dans son orbite toujours la même portion de sa masse en avant, il se comporte de tous points absolument comme se comporte la lune pendant sa révolution.

Mais ces corps dans une condition pareille n'ont pas un axe de rotation assignable, parce que tous les axes imaginables se tournent aussi une fois autour de leur centre, et si l'on s'imagine une force qui empêche cette sorte de rotation, il en résulte simplement une rotation contraire à la première, une rotation rétrograde.

Si la lune n'a pas de rotation proprement dite, la cause en est qu'à l'origine, la force qui l'a lancée dans l'espace était dirigée sur son centre; le même cas s'est présenté pour les satellites pareils à la lune. Il semble que les petits corps célestes se trouvent dans la même condition.

* *
*
.

Mais il y a des rotations effrayantes dans le système so-

laire. Les deux plus grosses, les deux plus belles planètes portent l'élément de leur destruction dans la vitesse formidable de leur rotation.

Il est tout à fait impossible qu'elles puissent résister à la longue à cette vitesse. Jupiter et Saturne sont d'une densité très faible, mais même avec la densité de Mercure elles devraient se disperser dans l'espace tôt ou tard, ou du moins se réduire à des volumes peu considérables.

L'action de la rotation est toujours et partout la même. Elle a pour effet l'aplatissement des pôles, leur dépression et en conséquence l'agglomération de la matière à l'équateur. Plus la vitesse de rotation est grande, plus son effet devient sensible.

La pression sur les pôles, c'est la compression de la matière composant la planète : arrivée au maximum de sa compressibilité, la matière se répand autour des parties équatoriales en s'élevant.

Les crevasses, les fissures, en un mot, le manque de contiguïté à la surface de Jupiter, qu'on appelle les bandes, doivent être la conséquence de la cohésion rompue; ces bandes ne sont ni de l'atmosphère, ni des nuages, qui seraient invisibles à cette distance, elles sont l'ombre du soulèvement; d'ailleurs elles ne changent pas de place mais elles changent d'aspect; elles grandissent, elles s'étendent à vue d'œil, elles sont aujourd'hui plus nombreuses qu'elles n'étaient au commencement du siècle.

La vitesse de rotation sur l'équateur de Jupiter surpasse trois lieues par seconde, surpasse plus de vingt-sept fois la vitesse sur l'équateur terrestre. Jupiter a atteint déjà

un aplatissement d'un dix-septième, de même que Saturne.

Avec l'accroissement de l'aplatissement, la vitesse de rotation sur l'équateur s'accroît proportionnellement, et la conséquence est la dispersion des parties les plus extérieures de la planète, qui se trouvent déjà presque détachées, et dont la cohésion est anéantie par la vitesse, comme est anéantie ou annulée la force attractive du centre.

Les astéroïdes se sont rangés entre Jupiter et Mars, ils y occupent un espace à peu près de 35 millions de lieues; ils sont plus rapprochés de Mars que de Jupiter, ce qui s'explique par la différence entre les attractions des deux planètes.

Les astéroïdes semblent ne pas avoir de rotation, ils semblent même n'être pas tout à fait sphériques. Leur lumière est la même que celle de Jupiter.

La découverte des quatre premières planètes date du commencement de notre siècle, la cinquième n'a été trouvée que trente-huit ans plus tard. Depuis ce temps leur nombre s'accroît toujours.

Il semble donc que Jupiter est arrivé à sa crise avec le *xix*^e siècle, et que les quatre précurseurs donnaient le signal de sa décomposition partielle : depuis ce temps avec la croissance de l'agglomération à son équateur, et avec l'accélération de sa vitesse il s'y trouve des parties considérables prêtes à se détacher et à se disperser.

Cette dispersion inévitable et désormais certaine pourra être périodique, selon qu'il se trouvera des masses plus ou moins grandes incapables de résister.

La vitesse de translation de Jupiter dans son orbite, combinée avec sa vitesse de rotation, suffit pour déterminer la vitesse des petites planètes qui se trouvent en effet presque en harmonie. S'il arrive que des parties détachées soient lancées dans des directions trop rapprochées de l'orbite, celles-là devront retomber sur la planète pour être une autre fois mieux projetées.

Si une pareille hypothèse est probable, il doit exister un nombre égal sinon supérieur de petites planètes entre Jupiter et Saturne, dans une distance de 7,2 à 8,2.

Saturne à son tour semble vouloir bientôt suivre l'exemple donné par Jupiter, et tout porte à supposer qu'il a déjà commencé l'œuvre de la destruction par la disjonction de ses anneaux.

En tout cas, les observations exactes et suivies de ces deux planètes doivent nous apprendre la nature des variations incessantes que l'une montre dans ses bandes et l'autre dans ses anneaux : c'est plus que jamais l'occasion d'employer la photographie.

Les investigations rigoureuses sur la masse de Jupiter doivent donner un point d'appui pour des recherches ultérieures. Aujourd'hui peut-être on ne pourrait pas établir que la masse de soixante et dix petites planètes déjà trouvées, manque à Jupiter,

La vitesse de la rotation équatoriale de la terre n'est pas considérable en comparaison de celle de deux grandes planètes, et sa densité est assez grande ; mais l'aplatissement aux pôles étant dû à une action constante, doit nécessairement s'accroître, quel que soit l'état de la ma-

tière dans l'intérieur de la terre : liquides, en fusion ou solidifiées, n'importe, les masses doivent s'agglomérer autour de l'équateur et la tension accumulée doit produire son effet.

Il y aura donc toujours des soulèvements, toujours de nouvelles époques géologiques.

Le baromètre.

En cherchant à connaître l'atmosphère, nous devons rencontrer le baromètre, œuvre de hasard, instrument de physique universellement répandu et même devenu un meuble indispensable.

Le baromètre est traité par tout le monde absolument comme une montre, et il est même chaudement recommandé de le regarder le plus souvent possible — personne ne sait pourquoi.

Le laïque, curieux de savoir le temps qu'il fera, le consulte comme un bon ami : l'anxiété se mêle à l'espérance : les mots sacramentels beau temps, pluie, variable, tempête, beau fixe et très sec, gravés sur de jolies plaques argentées le séduisent. Mais le savant jaloux ne veut pas lui laisser sa douce illusion, et il prêche hautement que le baromètre n'est pas un prophète, qu'il ne doit pas être regardé, mais qu'il doit être observé et que les observations doivent se faire assidûment.

Et voici en quoi consistent ces observations. On con-

temple la colonne avec fierté tous les jours et à plusieurs heures chaque jour, ensuite on note exactement les millimètres, on les enregistre, et quand on possède assez d'observations, on en construit des tables très régulières, pourvues de toute sorte de différences et garnies de nombres moyens. Avec le temps ces tables deviennent volumineuses et elles s'impriment. On arrive au moins à cette conséquence qu'on abîme pas mal de papier.

Mais si nous demandons pourquoi on fait les observations et quel est l'enseignement qu'on en a tiré depuis plus de deux siècles que cela dure, pas de réponse.

Est-ce que ce serait un phénomène aussi que le baromètre, une autre espèce de comète, par exemple ?

*
*
*

En ouvrant un livre quelconque sur la physique, livre destiné à l'instruction publique, bien entendu, on lit :

« Les fonteniers de Florence virent, avec grande surprise, que l'eau ne voulait pas monter plus haut que 32 pieds. A cette époque, on expliquait l'ascension des liquides en disant que la nature avait *horreur du vide* et qu'elle y poussait les liquides pour le remplir. Les explications par les *causes occultes* n'étaient pas de celles dont Galilée pût se contenter ; aussi, dès qu'il eut connaissance du fait observé par les fonteniers, il supposa que la pesanteur de l'air en était la véritable cause.

« Toricelli, son disciple, en donna la preuve la plus

décisive en construisant le baromètre de mercure, comme Pascal a construit le baromètre d'eau.»

De ce fait et de quelques expériences on a déduit, entre autres, les conclusions scientifiques suivantes :

1° Que la pression atmosphérique est représentée par une colonne de mercure de 76 centimètres ou par une colonne d'eau de 10^m,33, *mais* que cette pression ne peut être véritablement exprimée qu'en poids et qu'elle est égale à 1^{kil},033 sur chaque centimètre carré ;

2° Que la colonne barométrique est en équilibre avec une colonne atmosphérique d'une hauteur de 7991 mètres, supposée de couches uniformes ou d'égale densité ; que d'ailleurs la hauteur réelle de l'atmosphère doit être plus grande ;

3° Que le baromètre donne toujours la hauteur de la colonne atmosphérique, c'est-à-dire la pression de la colonne d'air ;

4° Que la pression de la colonne atmosphérique est en proportion avec la surface pressée, et qu'ainsi cette pression sur un homme, d'un mètre carré de surface, est de 10 330 kilogrammes ;

5° Que la force expansive des gaz, comme celle de l'atmosphère, est infinie et que les molécules de l'air sont toujours poussées par leur force élastique à se dissiper à l'infini ;

6° Que les couches inférieures de l'air sont pressées par les couches supérieures, mais diversement selon leur hauteur ;

7° Que la pression de l'atmosphère est en tous les sens,

de haut en bas, de bas en haut, de droite à gauche et de gauche à droite, etc., etc.;

8° Que, puisque l'atmosphère enveloppe la terre, elle en presse tous les points; comme elle presse la membrane du crève-vessie, elle presse toute la surface des continents et toute la surface des eaux, soit dans l'immense étendue des mers, soit dans les lacs, soit dans les vases qui servent à nos expériences.

Les déterminations numériques servant aux calculs sont :

Poids d'un litre d'air, 1^{re}, 293187;

Poids de l'air sec à Paris, comparé à celui de l'eau distillée, comme 1 est à 773,28;

Poids du mercure également comparé à celui de l'eau, comme 13,598 est à 1;

Poids de l'air comparé à celui du mercure, comme 1 est à 10517,3 ;

Hauteur de la colonne du baromètre à eau, 10^m 33/48;

Hauteur de la colonne de mercure, 76 centimètres.

Chacune des trois colonnes d'un centimètre de diamètre pèse, d'après les déterminations récentes, 1^{re}, 0598.

On calcule donc :

1° La pression de l'air d'après la hauteur de la colonne barométrique ;

2° Les hauteurs de la colonne atmosphérique d'après l'échelle barométrique;

3° Les distances ou hauteurs des points élevés de la terre ,d'après cette même échelle.

* * *

Selon les anciens, c'était la nature qui poussait les liquides à monter dans le vide, et, selon les modernes, c'est l'atmosphère qui les pousse à monter dans ce même vide. Il semble que nous ne sommes pas beaucoup plus avancés, et l'étonnement des fonteniers reste toujours le même : ils demandent encore « pourquoi l'eau ne veut pas monter plus haut que 32 pieds. » La pensée de Galilée n'en a pas donné la raison.

La théorie de la pression de l'air ne repose sur aucun fait, sur aucune expérience, ni directe, ni indirecte ; les explications sur l'effet de la machine pneumatique sont entièrement erronées, et, si on a substitué la pression atmosphérique à l'action du vide, c'est qu'il y avait partout et toujours des physiciens qui avaient plus d'horreur pour l'attraction que jamais la nature n'en a montré pour le vide ; cette horreur allait si loin, qu'ils ont substitué le mot *pesanteur* à celui d'attraction.

Quand on commence à expliquer comment l'atmosphère presse toujours et partout, sous le ciel, dans la chambre, sous la cloche, sous l'eau même, comment elle pousse de haut, de bas, de droite, de gauche, de tous côtés enfin, on s'embrouille, et on finit par démontrer simplement que tout se trouve ici-bas dans la meilleure harmonie du monde, dans un équilibre parfait, et qu'il n'y a pas de pression du tout.

L'intelligence la plus faible sait bien qu'un poids de 10 000 kilogrammes nous doit écraser, et nul ne saurait

prétendre qu'un aérostat, un ballon d'un modeste rayon de 5 mètres, soit pressé par plus de 3 000 000 de kilogrammes en montant rapidement à travers cette formidable atmosphère. C'est précisément le contraire qui se passe : nous nous sentons plus légers, dans l'atmosphère, que nous ne sommes en effet, plus légers du poids du volume d'air que nous déplaçons. C'est peu, mais c'est positif.

L'organisme est, de fait en équilibre, parce qu'il contient et aspire autant d'air qu'il lui en faut, et l'atmosphère le laisse en repos, comme toute autre chose.

D'ailleurs, l'explication de cette pression se modifie pour la sphère de Magdebourg : tandis qu'il se trouve de l'atmosphère dedans, il n'y a pas de pression ; mais, aussitôt cette atmosphère sortie, la colonne, de tous côtés, commence à presser terriblement sur la pauvre sphère : cela prouve que l'air sait distinguer et bien choisir son temps pour presser.

En démontrant la pression de tous côtés, on démontre tout simplement qu'il n'y a ni colonne, ni couches atmosphériques.

Pour bien établir la pression des couches les unes sur les autres, il ne serait pas superflu de les connaître. On peut s'imaginer toutes sortes de couches sans avoir la moindre idée de l'action qu'elles pourraient exercer sur elles-mêmes.

Pour avoir une colonne d'air, il aurait fallu l'enfermer dans un tube vertical, comme on enferme l'eau et le mercure.

Torricelli aurait pu compléter son idée et dire qu'un tube de 8,000 mètres rempli d'air, un tube de 10 mètres rempli d'eau et un tube de 76 centimètres rempli de mercure se tiennent en équilibre parfait si on les met en communication.

En d'autres termes : que 1 kilogramme d'eau, 1 kilogramme de mercure pèsent exactement autant que 1 kilogramme d'air. Voilà précisément ce que le baromètre nous apprend, et c'est consolant.

* *
*

La théorie sur l'équilibre des fluides nous montre que, pour que la plus grande masse d'eau, par exemple, se trouve en équilibre avec l'eau contenue dans un très mince tube, il faut seulement qu'elle soit à la même hauteur dans les deux vases.

Si nous faisons un baromètre aquatique au beau milieu de l'océan, notre tube de 10 mètres de haut et de quelques centimètres de large serait, selon l'enseignement public, en équilibre avec le poids qui presse sur la mer dans toute son étendue. Que devient alors la pression de la colonne de l'air sur 1 centimètre carré?

Dans le baromètre à cuvette, celle-ci présente à la pression atmosphérique une surface au moins dix fois plus grande que la section du tube; la colonne de mercure ne bouge pas; la pression n'en reste pas moins proportionnelle aux surfaces.

Quel que soit l'entourage pressé de la colonne baro-

métrique et quelle que soit la grandeur de la pression, toujours est-il que l'eau ne veut pas monter plus haut que 32 pieds.

Nous posons deux questions :

Avant l'aspiration de la colonne, le mercure et l'eau étaient-ils en équilibre avec l'atmosphère, oui ou non ?

Avant l'aspiration, le mercure et l'eau étaient-ils sous la pression atmosphérique, oui ou non ?

Les théorèmes énoncés ont démontré qu'il y avait, avant l'aspiration, équilibre et pression. Ces mêmes théorèmes doivent établir qu'après l'aspiration il y a encore équilibre et pression, d'où il suivra naturellement qu'il y a deux sortes d'équilibre et deux sortes de pression atmosphérique.

En faisant le baromètre, on évite avec soin tout contact avec l'atmosphère : on l'écarte ; le baromètre achevé, on peut fermer aussi la petite branche du siphon en y laissant un peu d'air ou pas d'air du tout, et dans les deux cas la colonne reste suspendue ; mais, si l'air est exclu, comment la pression du dehors peut-elle exister ?

On peut faire son baromètre sous l'eau, le laisser sous l'eau, et il reste toujours un baromètre. On peut faire toutes sortes d'expériences, mais jamais on ne trouve ni colonne atmosphérique, ni pression, ni équilibre avec l'air.

Nous disons donc que le baromètre n'a absolument rien à faire avec l'atmosphère ; mais nous ajoutons que, se trouvant nécessairement dans l'atmosphère, il doit obéir aux mêmes forces.

* *
*

Le baromètre change continuellement, absolument comme les comètes, et il est possible qu'il montre des phénomènes surprenants, qui échappent à nos sens grossiers. Pour nous, ses variations se confondent dans un seul aspect : son mouvement incessant de haut en bas et de bas en haut. La colonne baisse ou monte, la colonne n'a rien autre chose à faire que de monter ou de baisser.

Des observations ingénieuses ont montré que la colonne commence à tomber dès qu'elle est portée sur des hauteurs, et que ce mouvement de haut en bas se fait assez régulièrement entre certaines limites. De ce phénomène étonnant, on a spirituellement conclu que le baromètre doit mesurer les hauteurs.

A la hauteur de 4 kilomètres, la colonne normale de 76 centimètres descend à sa moitié, preuve qu'elle se trouve là au beau milieu de la colonne atmosphérique, dont la densité doit être la moitié aussi de sa densité normale; à cette hauteur les fonteniers pourraient aspirer l'eau jusqu'à 16 pieds.

A 8 000 mètres, la colonne s'évanouit, comme la comète s'éteint en arrivant à l'orbite de Jupiter; à cette hauteur il n'y a plus d'atmosphère, et l'eau ne peut plus être aspirée du tout. Ainsi, les cimes des montagnes de l'Himalaya sont dans le vide, et les aéronautes qui se sont élevés jusqu'à ces hauteurs naviguaient dans le vide.

Les expériences faites avec la machine pneumatique

disent qu'il y a des animaux qui vivent pendant plusieurs jours dans le vide; il est possible que l'homme aussi se trouve dans cette classe intéressante, puisque les aéronautes et ceux qui font des ascensions sur les montagnes respirent encore dans le vide.

L'aéronaute américain, M. Georges Elliot, par exemple, est monté à 8 kilomètres, et, comme dit la chronique, il aurait monté plus haut encore, mais il faisait si chaud, si chaud, qu'il avait été forcé de descendre dans des couches plus fraîches pour se désaltérer.

Si les uns gèlent à des hauteurs de 7000 mètres et les autres brûlent à 8000, on n'en peut rien conclure, c'est affaire de goût; mais ce qui nous tourmente, c'est de savoir comment M. Georges Elliot aurait pu déterminer sa distance du centre de la terre s'il eût dépassé deux lieues, la colonne de son baromètre ne contenant plus la moindre goutte de mercure!

* * *

Malgré la conviction générale que l'atmosphère doit s'étendre au delà de 8000 mètres, malgré la conviction que la colonne barométrique ne reste pas en proportion avec les densités ou pressions atmosphériques, et que, par conséquent, la pression de la colonne d'air n'est qu'un rêve, on a calculé des tables diverses, et on a établi la mesure des hauteurs par le baromètre sur le prétendu principe que le mercure est en équilibre avec l'atmosphère, et que les 76 centimètres de la colonne de mer-

cure sont équivalents aux 8000 mètres de la colonne d'air.

Les tables à l'usage général sont exactement calculées, parfaitement arrangées, pourvues de corrections de tout genre, et on a même pris garde à la tendance du mercure à tomber toujours un peu plus vite dans des hauteurs plus grandes.

C'est à peu près comme si on calculait des tables pour trouver les rectascensions d'après la marche d'une montre, dans la supposition qu'elle se trouve dans un rapport direct et intime avec les étoiles, ou ce qui revient au même qu'elle mesure exactement la rotation de la terre.

Si le baromètre possédait réellement la propriété inappréciable de donner les hauteurs, du moins mériterait-il qu'on mît un peu plus de soin à sa confection. On devrait, par exemple, rectifier son échelle d'après les hauteurs exactement connues. Il est vrai que ce serait un peu laborieux.

Mais nous connaissons la difficulté de construire deux choses parfaitement égales. S'il n'y a pas deux kilogrammes qui pèsent autant, deux mètres de même longueur, deux pendules qui marchent ensemble, etc., il serait bien surprenant que tous les baromètres fussent identiques. Il faut donc s'attendre à avoir pour le mont Blanc par exemple, autant de hauteurs différentes qu'il y a de baromètres.

Il semble que pour mesurer les hauteurs, le meilleur instrument est encore le pendule à secondes. Nous pensons même que les baromètres à cuvette et ceux à siphon

sout, quant à leur marche, des instruments essentiellement différents.

* *
*

En s'imaginant des couches pour l'atmosphère, l'eau et les fluides en général, on devait arriver à la pression, idée empruntée aux phénomènes journaliers, présentés par la matière à la surface terrestre, et conséquence naturelle de la prétendue superposition. Il est à regretter que les notions les plus simples puissent être tellement négligées.

La pression est l'action d'une force, l'action doit avoir son effet.

Si une couche exerce sur une autre une pression réelle, elle doit la refouler et se mettre à sa place. Si les couches ont des densités, des pesanteurs, des poids, des masses, etc., etc., différentes, elles doivent se ranger dans leur ordre. Les plus pesantes occuperont l'espace le plus bas, les égales resteront en équilibre, les légères monteront.

La pression des couches c'est le mouvement perpétuel. L'idée de la pression est d'ailleurs empruntée aux corps solides, mais encore ce phénomène donné par les solides est-il à examiner avant de se prononcer sur la pression des couches, parce qu'il s'agit toujours de leur position relativement au centre de la terre. Dans la position horizontale, par exemple, d'un livre, les feuilles superposées se pressent ; retournons le livre, les feuilles se presseront

inversement; posons le livre verticalement, il n'y aura plus de pression entre les feuilles.

Dans les liquides homogènes les couches s'établissent selon la grandeur et la position du vase : c'est toujours l'attraction qui agit. Un flacon peut contenir une infinité de couches différentes, sans que l'une ou l'autre partie du liquide soit plus dense ou plus pesante, ainsi la pression de ces couches n'existe pas. Si l'on retourne le flacon, le même ordre se rétablit entre les couches sans que le liquide remue. Tout le contraire se passe si l'on met dans un vase des couches de densités différentes; en le retournant les plus denses descendront, et chaque couche cherchera sa place selon sa densité. Il n'y a donc pour presser sur des couches inférieures que des couches superposées d'une densité plus grande.

Ni l'atmosphère ni les eaux sur la terre n'ont de direction proprement dite, mais chacune de leurs molécules est attirée par le centre de la terre. Les liquides et les gaz sont donc attirés dans toutes leurs particules ou atomes, autrement dit leur centre est partout. Là est la cause de l'écoulement, les fluides doivent donc couler et se répandre à la surface terrestre, ce qui n'exclut pas que l'eau par exemple ne se repose en trouvant des limites, c'est-à-dire un vase pour la contenir; les rivages des mers et des lacs sont les bords de ce vase.

Si l'atmosphère trouve des vases, elle y entre, mais sa masse étant trop considérable, elle doit rester en dehors et couler autour de la terre.

* * *

Dans l'hypothèse ou plutôt dans l'erreur de la pression atmosphérique, les couches superposées jusqu'aux limites doivent exercer une pression sur toutes les couches inférieures, de telle manière que chaque couche est pressée par la somme des couches qui se trouvent au-dessus d'elle; la couche limite à l'horizon est donc pressée par toutes les couches existantes. Ces pressions doivent déterminer les densités, d'où il suit : 1° qu'ainsi l'idée de la colonne atmosphérique est écartée, et 2° que chaque densité représente la masse supérieure entière de l'atmosphère.

Le baromètre doit donc se contenter de la couche dans laquelle il se trouve, cette couche exerçant sur lui la même pression qui serait exercée par toute la colonne.

La compression des gaz, la loi de Mariotte est basée ou à peu près sur ce principe hypothétique, et il est dit, par exemple, que pour réduire à moitié un volume d'atmosphère de densité normale, il faut la pression de deux atmosphères, et que cette réduction reste en proportion avec le poids. En commençant l'expérience, la pression atmosphérique, la pression de la colonne d'air est déjà comptée pour un, quoiqu'on reconnaisse qu'elle soit en équilibre avec la portion d'atmosphère soumise à l'expérience.

Cette expérience de compression nous apprend que, pour réduire le volume d'air, il faut de la force, et que cette force cessant, l'air reprend son volume primitif, ce qui

amène à conclure que pour dilater l'air il faut une force, et que cette force cessant, l'air reprend sa densité antérieure.

Si donc on avait un moyen sûr de dilater l'air jusqu'aux degrés voulus, le baromètre devrait se conformer aux densités obtenues, et son échelle pourrait ainsi se déterminer et être regardée comme valable pour des couches correspondantes dans des hauteurs différentes.

Les expériences avec la machine pneumatique en mettant une branche du baromètre sous la cloche, montrent que la colonne de mercure baisse dans une certaine proportion selon qu'on extrait l'air. On dit en conséquence que l'air est raréfié, que sa densité est amoindrie, qu'il est dilaté et que la portion restante ainsi dilatée remplit toujours la cloche.

* * *

Nous avons maintenant quatre propositions qui ne sont pas conciliables :

1° La pression de la colonne atmosphérique d'un kilogramme par chaque centimètre carré;

2° La dilatation de l'air par l'aspiration de la pompe pneumatique;

3° La dilatation de l'air qui empêche la cloche pneumatique de se désempir.

4° L'abaissement du mercure selon les densités de l'air sous cette cloche.

La cloche d'une machine pneumatique d'un volume ordinaire n'a pas moins de 1000 centimètres carrés de surface, elle est donc constamment, également pressée par

1000 kilogrammes, quels que soient sa position, sa situation ou son état, mais la cloche peut être commodément enlevée, et l'on dit qu'elle contient encore de l'atmosphère.

Avec le premier mouvement du piston, avec la plus petite partie de l'air tiré la pression commence, et on dit que c'est l'adhésion de la cloche qui empêche qu'elle ne soit déplacée sans l'application d'une certaine force. Plus on tire de l'air, plus cette adhésion devient grande, jusqu'au vide parfait. La pression de l'air ou l'adhésion de la cloche est donc en proportion avec la quantité tirée.

De la diminution de la quantité d'air contenue dans la cloche, sa dilatation ne s'ensuit pas. Si on met la cloche en communication avec de l'eau ou du mercure, il montera précisément autant d'eau ou de mercure dans la cloche qu'on en aura extrait d'atmosphère, jusqu'au remplissement, et dans aucun moment il n'y aura de dilatation. On pourra faire le vide par l'eau ou par le mercure, si la cloche pneumatique en était remplie au lieu d'air, et l'on pourrait se convaincre par ses yeux de ce qui se passe.

La théorie sur l'expansion des gaz n'est pas d'ailleurs admissible, l'idée de leur tendance à se dilater à l'infini est contraire à la loi de l'inertie. Mais en acceptant pour le moment la théorie, il s'ensuit que si l'atmosphère restant dans la cloche se dilate et la remplit toujours, par sa tension elle exercera une pression toujours égale, qui devra maintenir la cloche amovible de sa place à chaque moment, quelle que soit la quantité d'air restée dedans.

S'il y a des densités successivement moindres dans la cloche avec la diminution de la quantité d'air, et si le baromètre tombe en proportion, il s'ensuit qu'il doit tomber partout où il rencontre des densités analogues.

Supposons que les $\frac{14}{15}$ de l'air soient tirés de la cloche, la densité de l'air restant sera le quinzième de sa densité normale, et la colonne du baromètre tombera presque entièrement. Mettons le baromètre dans l'hydrogène dont la densité est un quinzième de l'air et le baromètre ne bougera pas.

Nous voyons donc que cette espèce de notions ne suffit pas pour expliquer le phénomène dans la cloche pneumatique ou dans la sphère de Magdebourg, et qu'il faut en chercher la cause — ailleurs. Aussi ne croyons-nous pas que l'aspiration soit la force propre à dilater ; nous en connaissons une autre, essentiellement dilatante. Mettez de la chaleur dans la cloche contenant la quinzième partie de l'atmosphère et la cloche sautera.

* *
*

Sur l'atmosphère et sur le vide les expériences avec des crève-vessies se font *con amore* et les pauvres vessies finissent toujours par crever ; ces expériences pittoresques nous font craindre que les corps célestes, autant de vessies, finissent aussi tôt ou tard par crever dans le vide.

Les pressions de haut en bas et de bas en haut se trouvent partout ; les liquides aussi pressent de bas en haut !

Si un corps léger ne peut pas se submerger, c'est que

l'eau le presse de bas en haut. On a donc tort de dire que la matière est *brute*, elle est plus intelligente qu'on ne le pense.

L'eau, par exemple, est assez complaisante pour se déplacer si l'air veut monter de dessous ; le mercure, avec toute sa grossièreté, s'efface devant l'hydrogène qui s'élève en le traversant. Il est difficile de distinguer si c'est le mercure qui pousse et presse de haut en bas l'hydrogène, ou si c'est l'hydrogène qui pousse et presse le mercure de bas en haut.

Si les substances plus légères veulent s'affranchir de la pression gênante exercée sur elles par la matière plus pesante, on n'en doit pas s'étonner, parce que, plus la matière est subtile, plus elle doit aimer la liberté, et si les gaz cherchent à s'élever, il ne faut pas dire qu'ils pressent ou qu'ils veulent se dilater à l'infini. L'hydrogène, par exemple, considère naturellement les vases dans lesquels on le captive comme des balons et il veut naviguer. — Pourquoi ? Parce que ses couches pressent les unes sur les autres absolument comme celles de l'atmosphère, mais inversement, de bas en haut.

* *
*

Si nos notions sur l'atmosphère sont défectueuses, ce n'est pas à cause de son invisibilité, car nous voyons beaucoup de choses sans les connaître, et si nous pouvions voir l'atmosphère et les gaz, il est possible que nous perdriions plus que nous ne gagnerions ; en les con-

templant plus qu'il ne convient, peut-être que nous oublierions de regarder les comètes.

Cette sphère nommée terre entourée de l'eau et de l'atmosphère, c'est-à-dire de la substance flottante autour d'elle, vue de loin ou de près n'importe, reste la matière englobée. Elle est difforme et sa rondeur est intégrée par les deux mers qui lui servent de balancier.

Au fond de l'une de ces mers se trouve l'homme avec la plus grande quantité de l'organisme, il y a bâti sa maison absolument comme a fait le castor ; dans et sous l'autre mer se trouve aussi de l'organisme jusqu'à la surface du globe solide.

S'il y a des savants parmi les poissons, — ce dont on ne saurait douter, ceux-là au moins doivent connaître leur élément, puisqu'ils le parcourent de bas en haut et de haut en bas.

La matière s'englobe par l'attraction du centre, et les substances sont attirées selon leurs masses, selon leurs distances. Si la terre à l'origine avait été dans l'état liquide ou gazeux, les substances se seraient groupées autour de son centre selon leur pesanteur, masse, densité, poids, — comme vous voudrez ; mais le platine et l'or se trouvent à la surface, il y a donc eu mélange pour les solides.

Les fluides coulent et doivent nécessairement chercher à se caser selon leur pesanteur, selon leur attraction. Les cavités de la terre sont donc occupées par eux, jusqu'à ce qu'une substance plus pesante veuille s'emparer de leur place.

L'eau coule jusqu'à ce qu'elle trouve un vase, et nous avons dit que les bords des mers sont des parois pour elle.

L'atmosphère coule aussi, mais elle est trop étendue; une trop petite partie trouve des vases, le reste doit couler et flotter autour de la terre et à la surface des eaux.

Les gaz plus pesants que l'atmosphère cherchent à tomber au-dessous d'elle, les plus légers à s'élever au-dessus, sans que jamais les premiers montent, sans que jamais les seconds descendent.

Si la substance des comètes est plus légère que l'air, quelle que soit son envie, elle ne pourra jamais balayer la terre, elle en sera réduite à s'amuser sur la lune qui n'a pas d'atmosphère.

L'atmosphère bonne pour l'homme, doit consister dans le mélange de deux gaz connus dont la pesanteur est la même. Ce qui est plus pesant ou plus léger, cesse pour lui d'être de l'air.

Les fluides sont donc placés sur le globe selon la loi de l'attraction, et si les corps solides ne peuvent pas nous donner la valeur de cette loi, les fluides, par leurs couches ou leurs densités différentes en proportion avec leur distance du centre terrestre, pourraient nous la fournir.

Matière au milieu de la matière, l'homme subit les lois, subit l'action des forces. Il se trouve répandu à la surface terrestre, partout où il trouve de la nourriture et quel que soit le point de sa situation géographique, les phénomènes de l'attraction restent pour lui les mêmes. Il a partout sa verticale, son horizon, sa colonne, les

couches, les pressions de haut en bas et de bas en haut ; la terre l'emporte et le tourne avec son baromètre qui reste toujours vertical et monte et baisse selon son bon plaisir.

* * *

Les densités ou pesanteurs des substances varient beaucoup : entre le platine et l'eau, la différence est de 22 ; entre l'air normal et l'hydrogène, elle est de 15 ; entre l'atmosphère et l'eau, de 773, et entre le platine et l'hydrogène, de 246 700. On peut regarder ces deux dernières substances comme les limites.

L'attraction du centre terrestre sur l'hydrogène étant prise pour unité, devient donc 247 mille fois plus grande pour le platine. Ce dernier devrait se trouver dans le centre de la terre même et l'hydrogène voisin du vide. Quelle que soit du reste la distance de ces deux substances du centre terrestre, l'attraction sur elles restera proportionnelle à leurs masses, densités, pesanteurs, etc., etc. Le centre de la terre exerce donc son action à travers toute la matière englobée, et cette action constante suffit pour expliquer sans couches, sans colonnes et sans pressions tous les phénomènes de l'équilibre, la chute des corps et leur vitesse accélérée, aussi bien que le pendule et le giroscopie.

Dans l'action exercée sur les autres corps célestes, chaque particule ou molécule de la terre prend sa part proportionnelle, sans exception aucune et l'hydrogène, limite des pesanteurs, agit lui-même sur le soleil avec

une attraction selon sa masse. Réciproquement, les corps célestes qui, par leurs masses et leurs distances, peuvent exercer une action sur le centre de la terre, agissent sur chaque molécule de la terre et l'hydrogène est à son tour attiré par le soleil proportionnellement à sa masse.

Cette action extérieure, constante de l'attraction des corps célestes exercée sur la terre, doit influencer en dehors de son état planétaire, — sur tous les phénomènes terrestres, et si nous ne connaissons jusqu'à présent d'autre effet que les marées, c'est la preuve que nous ne nous attachons qu'aux grandes manifestations.

Le but des sciences naturelles n'est autre que l'étude de l'action des forces, depuis la gravitation universelle et l'organisme jusqu'aux affinités chimiques. Pour connaître ces forces, pour saisir leur action, l'esprit de l'homme doit s'élever aux abstractions résultant d'autres forces qui agissent sur ce qui est immatériel en lui, forces que nous aimons à croire différentes de celles qui agissent sur la matière.

Deux ou trois sortes de gaz diversement combinés, un peu plus ou moins de rayons solaires et voilà l'infinité des produits différents organiques et anorganiques. Les mastodontes et les ichthiosaurus n'ont pas été autrement produits jadis, que ne sont produits aujourd'hui l'oïdium et la maladie des pommes de terre. S'ensuit-il que les forces baissent ou que les combinaisons à l'infini se plaisent dans l'infiniment petit, ou que l'infini lui-même, dans un certain sens, commence à finir? Non, la matière transfor-

mée à l'infini reste matière et l'action des forces demeure constante.

Les *causes* et les *effets*, l'*action* et le *résultat* sont des mots, des conceptions prosaïques. Le pauvre Spinoza, si misérablement persécuté par ses semblables, — semblables seulement en matière et en figure, — Spinoza les a embellis, il a conçu la nature naturante et la nature naturée ! Les Spinoza ont été partout et toujours de trop : les temps sont changés, et s'il y a encore çà et là des pensées désagréables, heureusement il n'existe plus ni des inquisitions, ni des Galilée, et la recherche de la force universelle peut se poursuivre. Plus le nombre des travailleurs s'accroîtra, plus vite on arrivera à un résultat satisfaisant ; toutefois dans nos jours il n'est pas à méconnaître que l'opinion relative à cette force, sinon de la généralité, du moins de l'immense majorité, se penche vers l'or.

* * *

Il est parfaitement indifférent de savoir comment l'atmosphère est venue à la terre ; si dès l'origine elle y était déjà attachée, si elle est sa conquête par attraction, si elle s'est déposée sur la terre refroidissante, ainsi qu'on l'a prétendu pour l'eau, si elle est sortie de son intérieur, ou enfin si elle s'est détachée des autres substances. Il s'agit de la connaître telle qu'elle est aujourd'hui.

Des savants distingués ont pensé que l'atmosphère est quelque chose à part, une espèce de satellite qui agit sur la terre ; un astronome célèbre a dit qu'il semble que

quelquefois l'atmosphère se comporte comme un corps solide ; sa pression sur la terre est souvent revenue, et le grand Laplace disait même qu'elle exerce une action sur l'axe terrestre.

Comme partie intrinsèque de la terre, obéissant à l'attraction, l'air ne peut s'isoler, et si l'on veut appeler la force qui tient ensemble la matière et l'attire au centre, une pression exercée par la matière sur elle-même, et former ainsi des couches de plus en plus denses, on renverse la question tout simplement, sans penser qu'il en faut sortir tôt ou tard.

On a observé que les densités de l'atmosphère varient au même niveau sur la terre, on a même pensé que sur l'hémisphèreboréal ou vers le pôle nord, il y a une plus grande masse d'atmosphère agglomérée. Si nous connaissons parfaitement la corrélation des forces et des phénomènes engendrés par elles, la science aurait beau jeu.

Quand on donne la mesure de la terre, ses diamètres, l'atmosphère est toujours exclue, parce qu'on ne l'a jamais comprise comme partie intégrante du globe. Il est vrai qu'on a calculé déjà à plusieurs reprises et différemment son poids total, sans la connaître, mais ces choses se rencontrent assez souvent. Il fallait donc ajouter l'atmosphère à l'attraction terrestre comme aussi à sa figure et à ses dimensions.

On a dit également que, par une plus grande attraction, l'atmosphère pourrait être enlevée à la terre. Mais l'attraction s'exerce par et sur les centres, proportionnellement aux masses ; si donc la plus grande attraction

s'approchait assez pour enlever quelque chose, ce serait la terre elle-même qui serait enlevée, l'atmosphère restant à sa place.

*
*
*

Des observations de tout genre, en nombre considérable prouvent que la terre n'est pas une figure régulière, qu'il n'y a pas de niveaux égaux, d'horizons de même hauteur, que la pesanteur est partout différente, et qu'enfin il serait difficile de trouver à la surface deux points, — un peu éloignés l'un de l'autre, — à distance égale du centre.

Les observations assignent à l'hémisphère boréal une plus grande attraction, à cause de l'agglomération des parties solides des continents qui, à l'hémisphère austral, se trouvent balancées ou équilibrées par la plus grande masse des eaux.

Des recherches faites et des idées souvent émises par de grands penseurs, on pourrait conclure que, outre que la terre est en effet un sphéroïde irrégulier, défectueux, il est possible que son centre ne se trouve pas précisément au milieu de son axe de rotation, mais un peu rapproché du pôle boréal; que même il serait possible que l'axe de rotation ne passât pas exactement par le centre du plan de l'équateur.

Quelles que soient les conséquences d'un pareil état du globe, jamais l'atmosphère ne jouera un autre rôle que de suivre ou partager les mouvements produits par les attractions, et principalement les mouvements des

eaux pour les remplacer partout d'où elles se retireront.

Il est assez connu que la surface de la terre est exposée à des changements qui, quoique lents, doivent nécessairement produire leur effet. Les parties mobiles de son écorce, les sables, les substances légères, les morceaux de pierre eux-mêmes détachés par l'influence de l'atmosphère, sont emportés par les fleuves, déposés dans les mers. De là soulèvement des eaux, changement de leurs lits, déplacement, etc., etc.

Par la rotation, la figure de la terre doit changer constamment, l'aplatissement doit s'accroître. Chaque mesure nouvelle doit donc donner un autre quart de cercle méridien, chaque jour un autre niveau des mers. Les deux mouvements de la terre influent sans doute sur le mouvement des fluides, mais les plus grands effets sont produits par l'attraction extérieure.

* * *

Séduits, — selon toute apparence, — par l'étonnant spectacle de la marche continue des corps célestes, plusieurs écrivains soutiennent que le *mouvement* est une force à part, force distincte et indépendante. Pour rester dans cette idée, il faut absolument se passer des phénomènes observables même sur la terre, et regarder les lois connues comme non avenues. Nous lisons aussi que le mouvement se communique et ne se perd jamais, qu'il faut du mouvement pour détruire le mouvement, et qu'enfin les résistances et les frottements le dispersent, mais ne

l'anéantissent jamais. Des théorèmes pareils se détruisent très bien, aussitôt qu'ils sont émis; et si nous les trouvons encore dans les ouvrages modernes, c'est qu'ils y sont restés par inadvertance.

Selon d'autres opinions tout est mouvement, et il n'existe rien qui ne soit en mouvement, les corps ou parties détachées de la terre se meuvent, mais nous ne voyons pas leur mouvement. Chacun se compose ainsi sa petite force universelle.

Le mouvement, selon nous, n'est que la force elle-même transformée en mouvement. Comment les forces agissent pour produire le mouvement, comment les vitesses, autant de degrés de mouvement, sont en proportion avec les forces et avec les masses, la mécanique l'enseigne suffisamment.

Les vitesses des grandes forces se calculent. L'action des forces devrait se trouver en raison des vitesses; mais cette action se modifie à l'infini, sans que les vitesses se modifient de même; ce genre de modifications se calcule difficilement parce que les proportions échappent.

Le grand Laplace a calculé la vitesse de l'attraction, et il l'a trouvée huit mille fois plus grande que celle de la lumière. Il sera toujours difficile de comprendre la vitesse d'une force ou de l'action d'une force qui n'a ni commencement ni fin; il est difficile d'assigner à la permanence, des moments, des points de départ, quoiqu'il ne soit pas impossible de mesurer l'espace parcouru par l'invisible. Si l'on cherche à connaître la vitesse de la lumière, de la chaleur et de l'électricité, c'est différent.

L'attraction n'est pas le mouvement, mais elle l'engendre. Depuis les marées, en passant par la chute des corps jusqu'à l'aiguille aimantée, nous pouvons nous convaincre du fait.

Autant de corps célestes, autant de forces en action. Les résultantes des actions déterminent avec le mouvement produit, la direction et la vitesse proportionnelle. L'ensemble des actions règle les distances, maintient la gravitation ou balancement, et nous donne ainsi l'idée de la stabilité de l'univers.

La condition de cette stabilité, l'attraction mutuelle rend superflue l'idée des deux forces *centripète* et *centrifuge*. L'idée peut être abandonnée d'autant plus que, par exemple, la force centrifuge n'est pas de l'attraction, mais son contraire.

Quant à l'ensemble des corps célestes, ces deux forces n'ont aucun sens et ne pourraient que produire de la confusion. Leur adoption s'explique par l'application des expériences de mécanique aux corps célestes.

Il nous semble que de tout temps on a eu le sentiment général que le système solaire est une exception et représente un phénomène céleste à part. Les idées cosmogoniques et les vues spéciales appliquées à ce système nous l'attestent. Mais, soit qu'il manifeste des différences, — jusqu'à nos jours inconnues, — avec d'autres systèmes ou avec l'ensemble du système universel, toujours est-il que la loi simple de la gravitation suffit pour l'expliquer.

*
*

Toutefois, si nous voulons suivre les grands génies, un Laplace par exemple, dans leurs pensées élevées, il faut que nous sortions du cercle tracé par la physique expérimentale, il faut que nous quittions la manière ordinaire d'interpréter les phénomènes.

Le mouvement, c'est la force en action ; la manifestation de la force, c'est le mouvement. Ainsi la force inhérente à la matière, c'est la matière elle-même.

La fécondité de ces idées générales est saisissante. Les forces en connexion avec la matière peuvent être à l'état latent ; leur action peut être déterminée par l'action des autres forces ; l'effet principal se manifeste par le mouvement.

Une force mise dans la matière y reste : elle peut agir, elle peut rester latente ou en équilibre avec une autre ou avec d'autres forces. Si l'une des forces diminue ou cesse d'agir, l'autre s'accroît et agit d'autant plus.

Sans l'action d'une force il n'y a pas de mouvement, où il y a du mouvement, il y a nécessairement action d'une force, ou de plusieurs forces, etc., etc.

Cette sorte d'investigations appartient à l'analyse, elle exige des connaissances étendues, des travaux considérables. Dans nos conclusions élémentaires nous ne pouvons qu'appeler l'attention du lecteur et le faire souvenir que, quelle que soit en apparence la petitesse d'un phénomène, il doit résumer et contenir toutes les conditions qui, comme action des forces, produisent les effets que nous pouvons regarder comme les plus immenses.

Le baromètre, par exemple, nous apparaît comme un

simple instrument de physique dont la colonne est en équilibre avec la colonne atmosphérique. En le regardant de près, nous trouvons qu'il n'est en aucun rapport direct avec l'atmosphère, mais que c'est un des phénomènes le plus intéressants, et à la fois le plus instructifs entre tous ceux que nous rencontrons sur la terre.

* * *

En cherchant l'extension de l'atmosphère terrestre nous ne rencontrons que des difficultés.

L'idée que l'atmosphère se dilate avec les hauteurs, qu'elle peut se dilater à l'infini, nous mène à une hauteur infinie.

Les lois que les densités de l'atmosphère décroissent en raison du carré des distances, et que les volumes sont en raison inverse des densités, nous mènent également à l'infini. Du fait que l'atmosphère est dix mille fois plus légère que le mercure, on ne peut absolument rien conclure.

En restant dans l'hypothèse en connexion avec le baromètre, que la colonne atmosphérique est représentée par 8000 mètres — en nombres ronds, — on cherche en vain un résultat.

Tout le monde est convaincu, — excepté le baromètre, — que la hauteur de l'atmosphère doit surpasser deux lieues, à cause même du décroissement de ces densités, sans compter qu'à cette hauteur l'homme respire encore.

Si l'on dit que, par aspiration ou par dilatation, une

couche d'un mètre de densité normale peut s'étendre jusqu'à 8 kilomètres, on a du moins une limite; et on arrive à une extension ou hauteur de 16 000 lieues.

Si l'on dit que la hauteur de l'atmosphère représente 8000 mètres de densité normale, et que cette densité décroît selon les deux lois citées, on doit dire que la couche limite supérieure a pour densité 1 et pour volume 8000, et que la couche à l'horizon a pour volume 1 et pour densité 8000 : ainsi on est conduit à regarder l'atmosphère entière comme composée de huit mille couches qui décroissent en densité et croissent en volume. En partant de l'horizon on aura les densités décroissantes, données par les nombres 8000, 7999, ... 4, 3, 2, 1, et les volumes croissants seront donnés par la série des nombres 1, 2, 3, 4, ... 8000. La hauteur de l'atmosphère ainsi considérée serait à peu près de 8000 lieues. Avec cette hauteur, la loi des densités selon l'attraction de la terre serait en harmonie parfaite, comme aussi l'opinion qu'une colonne atmosphérique d'un centimètre carré en diamètre, pèse un peu plus d'un kilogramme, resterait satisfaite. Mais chaque réduction de cette hauteur réduit nécessairement ou l'étendue des couches prises séparément ou le poids de la colonne, et il faut se résigner à admettre que la hauteur de l'air est cinq fois le rayon terrestre.

Nous savons que les poids de l'atmosphère sont comme ses densités, que les volumes des sphères sont comme les cubes de leurs rayons; supposons que les densités soient exactement selon la loi de l'attraction, supposons enfin

que nous connaissions parfaitement le poids d'une partie de la hauteur atmosphérique ; nous pourrions faire une infinité de calculs toujours différents, en commençant tantôt par le centre de la terre, tantôt par l'horizon, et tous les résultats ne vaudront absolument rien, parce qu'il restera toujours des indéterminées.

*
*
*

Sur la hauteur de l'atmosphère nous n'avons donc que des idées et pas de connaissances. Personne ne voudrait admettre pour cette hauteur un nombre considérable, surpassant, par exemple, une centaine de lieues, et pourquoi ?

Quelles que soient la hauteur et la légèreté de la substance entourant la terre, elle suivra la planète partout avec la même facilité, l'attraction suffit, et en ce qui regarde sa rotation, celle-ci pourra se modifier sans produire aucun effet appréciable à la surface.

Sur quoi sont basées les opinions pour une hauteur modeste, par exemple, de 20 à 25 lieues ? A-t-on abandonné l'idée de la dilatation à l'infini, a-t-on établi que l'atmosphère, comme matière gazeuse doit rester à peu près dans des densités moyennes et se comporter relativement aux distances du centre terrestre, comme se comportent les autres substances, c'est-à-dire perdre sa pesanteur graduellement ? Mais nous avons vu que les gaz légers doivent nécessairement se ranger au-dessus de l'air proprement dit, et continuer ainsi la masse fluide ; l'atmos-

phère ne pourrait donc avoir à ses limites supérieures plus de la vingtième partie de sa densité normale.

En observant que dans les élévations approchant de deux lieues, la diminution de la densité n'est pas encore trop sensible, on pourra conclure à une hauteur considérable.

L'eau tirée des plus grandes profondeurs des mers ne pèse pas plus que l'eau prise à l'horizon : sa densité s'est changée avec l'attraction ; une autre partie d'eau s'est mise à sa place. La même chose advient à une portion d'atmosphère descendant des grandes hauteurs ; arrivée à l'horizon, elle a sa densité normale. Il ne reste donc que l'observation de la différence des volumes.

* * *

Le baromètre se fait par plusieurs manières, mais soit qu'il s'obtienne par aspiration, par pression ou par déplacement de l'atmosphère, toujours est-il que le vide se produit et que l'eau ou le mercure prenne ou occupe la place vide. Ainsi, la colonne barométrique est, — avant tout, — en relation avec le vide.

Sur la terre, le vide c'est la place occupée par la matière. En déplaçant une portion de cette matière, le vide se produit pendant un moment, et il est aussitôt rempli par une autre portion de la matière voisine. En général, ce sont les fluides qui se mettent à la place du corps déplacé, parce que sans ces fluides il serait peut-être impossible de rien bouger. Des expériences innombrables nous

enseignent que chaque déplacement d'une matière ou portion de matière quelconque est la production momentanée du vide aussitôt rempli.

Dans l'atmosphère, ce déplacement et sa conséquence se manifestent par la musique des fils télégraphiques, par la détonation des pièces à feu ou par le bruit formidable du tonnerre; toujours déplacement et production du vide, remplacement ou comblement du vide.

Si l'on aspirait simplement l'air par le tube barométrique, cette aspiration pourrait durer pendant l'éternité, il y aurait toujours de l'atmosphère rentrant; mais si, au lieu de l'air, le tube rencontre un autre fluide, ce sera celui-là qui entrera, et si l'aspiration s'applique au corps d'un homme, ce sera son sang qui fera le baromètre.

Il est donc concevable pourquoi la nature a horreur du vide. Mais pour déplacer quelque chose il faut de la force, pour produire le vide il faut de la force, pour faire monter le mercure il faut de la force! L'aspiration, c'est l'attraction.

* *
* *

Le baromètre n'est pas baromètre s'il n'est vertical : c'est la comète en périhélie.

La colonne verticale c'est une étude à part, et cette étude contient non-seulement la loi de Mariotte, mais la théorie entière de l'équilibre des solides et des fluides, la loi de l'attraction sur les substances et la soi-disant pression des fluides sur les parois des vases, leur écoulement, etc.; etc.

La verticale c'est la ligne venant du centre terrestre, c'est le rayon prolongé; la colonne verticale c'est la position centrale. Les fluides en colonne ont trouvé leur centre d'attraction. En inclinant la colonne vers l'horizon, elle se prolonge, — quant au fluide contenu par l'aspiration, — selon la loi géométrique connue, et en devenant horizontale elle devient infinie. C'est le chemin de fer atmosphérique.

Le baromètre montre un très petit phénomène que sans doute le lecteur aura déjà aperçu. Pendant que le mercure monte, il se fait à sa surface non-seulement une convexité, mais un véritable cône presque pointu; en tombant, cette même surface montre le cône inverse, une espèce de trou dans son centre. L'attraction s'exerce par et sur les centres.

La colonne barométrique se trouve donc aussi en rapport avec l'attraction de la terre, et si le mercure ne monte pas plus haut que 76 centimètres, cela prouve que l'aspiration ne peut pas opposer une plus grande force à l'attraction, et si l'eau monte à 32 pieds, il s'ensuit que l'attraction est proportionnelle aux masses. Dans les deux cas, l'aspiration est égale en force avec l'attraction, et les colonnes se trouvent en équilibre dans le vide.

Pour en finir avec le baromètre, faisons une petite expérience.

* * *

Prenons un tube recourbé en deux parties égales de 80 centimètres de hauteur chacune; les deux branches

qui contiennent l'atmosphère sont, par conséquent, en équilibre, pleines toutes les deux et sous la pression connue.

Mettons du mercure jusqu'à ce que chaque tube contienne 40 centimètres. Les niveaux sont égaux. Aspirons l'un des tubes, le mercure montera à 78 centimètres dans la branche aspirée, et pas plus haut; dans l'autre, il descendra à 2 centimètres.

Autant que l'aspiration durera, la colonne restera suspendue; l'aspiration cessant, la colonne tombera pour rétablir l'équilibre antérieur. Si on ferme le tube pendant l'aspiration à la hauteur de 78 centimètres, la colonne restera suspendue; elle ne bougera plus, elle ne pressera plus sur rien.

En aspirant le mercure, nous avons mis une force; en fermant le tube, nous avons enfermé la force. Ce n'est donc pas le vide qui aspire, ni l'atmosphère qui presse, mais c'est le vide qui contient la colonne sans poids.

Au lieu d'aspirer, appliquons la pression sur l'une des colonnes de 40 centimètres; le poids employé pour faire monter le mercure à une hauteur de 78 centimètres représentera la force attractive d'auparavant. Si on déplace le poids, la colonne descendra, ayant toute sa force de pesanteur; mais si nous fermons le tube rempli, le baromètre sera fait comme par aspiration. L'aspiration et le poids parfaitement égaux en force expriment l'attraction terrestre exercée, sur la masse de mercure contenu dans le tube.

La seconde branche du tube est encore ouverte, en

communication avec l'atmosphère. Aspirons-la à son tour : la limite de l'action de la force aspirante sera l'équilibre des deux colonnes, qui se trouveront à 40 centimètres, comme originairement. En fermant le second tube, il y aura vide partout, équilibre partout, sans atmosphère. Les deux forces sont égales entre elles, égales au poids antérieurement appliqué, égales à l'attraction terrestre.

Maintenant, nous pouvons dire que la force était appliquée : 1° ou à déplacer l'atmosphère; 2° ou à détruire la densité de cette atmosphère; 3° ou à produire le vide; 4° ou à rompre l'équilibre; 5° ou à faire monter le mercure; 6° ou à équilibrer l'attraction terrestre. L'action est pour chaque œuvre la même.

En ouvrant l'une des branches, l'air y pénétrera pour remplir le vide, et, selon l'opinion répandue, les 38 centimètres de mercure seront refoulés dans l'autre branche par la pression atmosphérique. Mais nous avons dit que si l'une des forces cesse d'agir, l'autre reprend ses droits. La même chose serait donc arrivée en cessant d'aspirer la seconde branche. Pour s'en convaincre, on peut recommencer l'aspiration, et le mercure tombera dans la branche fermée en raison de la force appliquée, remontera quand la force cessera d'agir.

Ce phénomène nous apprend que, pour faire tomber le baromètre, il faut de la force, comme il faut de la force pour le faire monter. Si on construisait les baromètres de cette manière, avec une branche contenant la colonne et avec une branche ouverte, on pourrait dire à priori

que le mercure ne pourrait retrouver son équilibre, arriver au même niveau dans les deux branches, que quand l'instrument se trouverait élevé en dehors de l'atmosphère, dans le vide. Nous verrons si une pareille conclusion serait exacte.

* * *

Cette expérience nous éclaire sur ce qui se passe dans la sphère de Magdebourg et dans la cloche pneumatique. Ce n'est pas la pression atmosphérique, mais l'attraction *intérieure* qui agit sur les hémisphères, sur la cloche et sur tout ce qui se trouve dans la cloche.

La force nécessaire pour extraire de la cloche un certain volume d'atmosphère ou pour produire le vide, est parfaitement mesurable; chaque coup de piston fait un vide partiel, et le baromètre contenu dans la cloche tombe en proportion. La cloche entièrement vide, il n'y aura plus de colonne de mercure.

Est-ce que l'air dilaté agit sur le mercure? Est-ce que le mercure tend à remplir le vide produit? Ni l'une, ni l'autre : c'est la force aspirante qui agit sur le mercure et fait tomber la colonne. Mais, pour être tout à fait convaincu, il faut regarder le phénomène frappant qui se passe dans le verre d'eau mis dans la cloche pneumatique. Le vide étant fait, l'eau bouillonne. C'est l'image parfaite des marées.

Nous pouvons donc dire que si les mers, sur la terre, étaient de mercure, les marées ne pourraient pas dépasser la hauteur de 76 centimètres; que, si on voulait produire

le vide dans l'eau par l'eau ou dans le mercure par le mercure, comme on le produit dans la cloche remplie d'atmosphère, on devrait appliquer une force 773 fois plus grande dans le premier cas, 10 500 fois plus grande dans le deuxième.

C'est à présent que nous pouvons dire aux fonteniers de Florence, qu'en élevant l'eau par aspiration à la hauteur de 32 pieds ils ont fait leur possible, et que les forces réunies de la lune et du soleil ne pourraient pas faire mieux.

* *
*

Pour bien comprendre pourquoi la nature a horreur du vide, il faut savoir que le vide est la négation de la matière.

Si les anciens philosophes avaient connu le vide, quelle occasion pour un système ! Zénon, avec sa théorie de la matière, théorie non réfutée jusqu'à nos jours, malgré sa puissante dialectique, Zénon aurait été terrassé par Empédoclès, écrasé par Gorgias. En effet, ce qui annule tout, et la matière et les forces, n'est-il pas la plus grande des puissances, ne doit-il pas dominer tout ?

Les anciens philosophes croyaient que, pour établir un système, il fallait des pensées, des idées ; préjugé complètement détruit par les modernes : aujourd'hui, nous trouvons que les mots suffisent d'autant plus qu'ils nous laissent une latitude, un espace libre, pour leur chercher un sens.

La lumière s'éteint dans le vide !

Pour que la lumière devienne visible, il faut qu'elle soit projetée sur le cristal des cieux, sur les molécules d'éther, dit-on.

N'est-ce pas la démonstration donnée par le sentiment, que la lumière ne bouge pas, que pour la voir, il faut qu'elle se trouve attachée à la matière? Personne n'a encore vu une lumière flottante dans l'espace, et les étoiles, les soleils et les planètes nous font voir sur elles la lumière faite.

Ainsi ce n'est pas la lumière qui traverse l'espace vide de 1200 millions de lieues pour éclairer Neptune, mais bien les rayons.

Mais si le vide détruit la lumière, comment la voyons-nous, comment voyons-nous les comètes qui sont de la flamme flottante? Faut-il remonter à nos facultés, examiner notre vision, ou chercher les conditions de la visibilité?

Eh bien, la lumière zodiacale, à l'opposé du soleil, se projette sur les cieux de cristal, elle se projette sur les pléiades. Comme nous voyons la lumière zodiacale, nous voyons les comètes.

La chaleur se perd, s'annule dans le vide!

La température de l'espace est ainsi sans signification aucune. Ou il n'y a pas de chaleur, il n'y a pas de température non plus. Il est donc tout à fait égal si nous disons que les degrés dans l'espace sont de 140 au-dessous de zéro ou d'un milliard : la nullité n'aime pas à être mesurée.

Comment la chaleur anéantie par le vide se ressuscite-

t-elle, en nous arrivant du soleil toute transie par le froid?

Le mystère devrait s'éclaircir.

Il nous est enseigné que la lumière marche avec la même vitesse partout et toujours, vitesse inaltérée; qu'elle arrive du soleil à la terre en huit minutes et demie, à Neptune en quatre heures : la chaleur en connexion fait la même chose. D'autre part, lumière et chaleur perdent leur intensité en raison du carré des distances, et les calculs se font pour les planètes d'après cette théorie.

En voulant faire concorder ces deux lois sur la lumière, on tombe inévitablement dans l'absurde, parce qu'on doit dire que, tandis que lumière et chaleur se perdent entièrement avec la distance, néanmoins elles conservent toute leur vitesse !

Dans le vide il n'y a pas de son. L'espace infini est muet, le silence le plus parfait y règne; il n'y a pas de sphères musicales.

Mais l'effet le plus formidable de la négation par le vide, c'est que la matière y perd sa pesanteur et son poids, d'où la conséquence que ces innombrables soleils, ces masses énormes dans l'espace, ne pèsent absolument rien.

La facilité des mouvements, les vitesses de translation, les rapidités de rotation effroyables se laissent ainsi concevoir comme l'action totale et mutuelle des corps célestes des uns sur les autres. Le vide est donc le corollaire, le complément de l'attraction universelle qui, sans lui, reste tout à fait incompréhensible.

* *
*

L'attraction ou la gravitation universelle nous apprend que l'ensemble des corps célestes se trouve dans l'action et sous l'action; qu'il n'y a pas un seul corps, quelle que soit sa grandeur, qui ne soit attiré par le reste, et qui, à son tour, n'exerce pas une attraction sur le tout.

En se rappelant la loi des masses et des distances, en y ajoutant le mouvement par lequel les positions relatives se changent, les effets divers et les gradations de ces effets se font comprendre, la fatalité des perturbations se conçoit.

Si nous parlons des effets de l'attraction sur la terre, c'est la lune par sa proximité et le soleil par sa grandeur qui nous frappent le plus. L'attraction exercée par le reste des corps célestes dans notre système n'est pas saisissable sur la terre, mais elle est connue et appliquée par la science. L'attraction exercée sur notre système, et par conséquent, sur la terre par les corps célestes qui se trouvent en dehors, quoique insensible pour l'homme, ne peut pas rester insensible pour les planètes. L'effet nécessairement produit, renfermé selon la nature des choses dans des périodes, sera tôt ou tard reconnu. L'astronomie s'occupe à chercher et à trouver les complications qui doivent être infinies.

La stabilité n'exclut pas les variations ni les changements dans les effets.

La petite lune, par exemple, a une position assez déli-

cate; elle ne peut pas marcher si simplement qu'elle le voudrait, et elle trouve toute sorte d'obstacles qui la tourmentent. Trois genres de perturbations répondent à ses trois genres de mouvement. Elle doit se tourner autour de la terre, elle doit marcher avec la terre dans son orbite, et elle est entraînée par le soleil dans une direction.

Combien nous-mêmes avons-nous de mouvements, en nous promenant sur le pont d'un pyroscaphe dans un fleuve?

Mercure par ses caprices a été longtemps insaisissable, il échappait toujours aux investigations; les astronomes avaient horreur de lui, et pour le dompter il a fallu de la force et du courage; sans M. Leverrier on aurait peut-être attendu encore une couple de siècles pour avoir de bonnes tables de cette planète.

La sensibilité extrême des corps célestes et de la matière en général pour l'attraction nous est connue; l'explication en est donnée par la conception correcte du vide. En effet, on pourrait dire que chaque millimètre de différence dans les distances des corps attirés et attirants donne un résultat différent.

Pour les marées, les deux corps célestes, le soleil et la lune suffisent; l'attraction centrale et les distances respectives donnent la solution du problème; mais si l'action des autres planètes sur la terre, peut être ici négligée, elle n'en existe pas moins.

La lune, par exemple, pendant sa marche dans son orbite exerce son action sur le centre de la terre; mais, malgré cette direction unique et constante de l'action, les

masses environnant le centre terrestre, les masses traversées par la ligne joignant les deux centres, les masses groupées autour de cette ligne, etc., sont également exposées à l'attraction dont l'effet est trouvable. Ce que nous remarquons pour la lune s'applique à tous les corps célestes qui, en raison de leur masse et de leur distance, peuvent encore exercer une action sur la terre.

Si l'on considère exclusivement la matière composant notre sphère, on voit que l'influence de la distance du centre sur l'effet de l'attraction se montre d'une manière saisissante. Chaque différence, quelque petite qu'elle soit, se fait sentir et se laisse mesurer.

Ce que nous avons appelé l'attraction extérieure, se relate surtout aux phénomènes saisissables ou perceptibles, produits sur et par la matière mobile à la surface terrestre.

Nous connaissons un phénomène constant qui, sans cette attraction extérieure, ne pourrait pas s'expliquer. Nous voulons parler de l'évaporation permanente de l'eau liquide ou solide, évaporation qui se fait partout et toujours, indépendamment de la température.

Pourrait-on sérieusement soutenir que c'est la *tendance* de l'eau de s'évaporer? Pourrait-on avancer que c'est l'atmosphère qui, par son attraction, détermine l'évaporation?

Il serait possible à la rigueur d'admettre que l'atmosphère attirée par l'eau, attire à son tour l'eau en vertu de la loi que les parties de matière englobées, particules, molécules ou atomes, en même temps qu'elles sont attirées

vers le centre, exercent une action, non pas indépendante, mais forcée les unes sur les autres. Mais la difficulté n'est pas sérieuse.

Si l'on dit, par exemple, que l'atmosphère exerce une pression sur la terre, pression selon la théorie autre que l'attraction, cette pression doit plutôt empêcher l'évaporation que la produire. En nous tenant à la loi simple qu'il n'y a pas de mouvement sans force, il faut que nous reconnaissons que cette force, nécessaire pour donner le mouvement à l'eau, à ses vapeurs, doit être l'attraction extérieure.

* *
*

Il résulte de nos recherches que la colonne du baromètre est la matière flottante dans le vide, matière impassible n'exerçant aucune action, n'ayant aucune pesanteur; expression parfaite de l'inertie exposée à l'action des forces, elle est semblable à un corps céleste gravitant, sa sensibilité est extrême vis-à-vis de l'attraction.

Le mouvement de la colonne barométrique dépend donc de l'action des forces. Qu'elle doive être nécessairement dans l'atmosphère, et par conséquent exposée aux mêmes forces qui agissent sur l'air, cela s'entend. Si donc on dit que c'est l'atmosphère qui agit sur le baromètre, on doit comprendre que cette action n'est pas directe, mais la conséquence de l'action que l'atmosphère subit elle-même, et qu'ainsi elle sert d'intermédiaire, elle transmet, communique au baromètre l'impulsion reçue.

Il n'y a pas de doute que les densités diverses de l'atmosphère ne doivent être senties et accusées par le baromètre, parce que ces densités dépendent de l'action des forces, desquelles le mouvement de la colonne dépend lui-même. Les vents, par exemple, s'ils ne sont pas dirigés de manière à modifier la densité, n'agissent pas sur la colonne, quoique les vents soient produits par la force; les observations nous apprennent que même les ouragans sur l'équateur n'altèrent pas la colonne barométrique : il en faut conclure que ces vents ne changent pas la densité de l'atmosphère et que, s'il y a des vents, — sur quelques autres points de la terre, — qui font monter ou baisser la colonne, c'est qu'ils opèrent une compression ou une dilatation. Ces compressions ou dilatations, comme nous l'avons vu, pourront avoir des causes différentes; le mouvement de la translation de la terre, la contrariété dans les directions des courants atmosphériques, la chaleur, etc., etc.

Nous pouvons donc admettre, en général, que les petites variations barométriques, observables à la surface terrestre, restent en proportion avec la densité de l'atmosphère sur un même point d'observation, mais pour les grands changements, cette proportion n'existe plus.

Il sera possible maintenant d'aborder le phénomène montré par le baromètre dans les grandes hauteurs. Le baromètre baisse plus subitement qu'on ne pourrait le déduire des lois connues et adoptées pour la décroissance des densités. Cette baisse, ce raccourcissement de la colonne barométrique, semblent pourtant suivre une certaine

progression régulière mais indépendante de l'atmosphère.

Voyons si ce phénomène ne peut pas s'expliquer, voyons s'il est possible de lui assigner une seule cause, ou s'il faut au contraire recourir à des causes diverses.

Nous devons faire, avant tout, abstraction des imperfections de l'instrument et supposer que le mercure est de toute pureté, que le vide de Torricelli est parfait, sans air, sans vapeur de mercure, que le tube est bien calibré, etc. Nous devons remarquer que les baromètres dont on se sert pour les mesures de hauteur sont à cuvette. Nous rencontrons les circonstances suivantes :

1° La densité de l'atmosphère décroît, non pas dans une proportion arithmétique ou géométrique, non pas en raison des hauteurs, mais elle décroît dans une proportion — inconnue. Si c'est l'atmosphère qui détermine la descente de la colonne barométrique, nous avons des densités différentes, et, selon l'opinion d'aujourd'hui, la colonne atmosphérique entière au-dessus du baromètre qui presse sur lui. Ceci posé, est-ce le poids de l'atmosphère, est-ce la pression des couches ou celle d'une couche, d'une densité quelconque qui nous donnent la loi sur les variations de la colonne, ou est-ce l'échelle barométrique qui doit nous donner la loi sur la diminution des densités et sur la hauteur de l'atmosphère ou son poids ? Comme nous ne connaissons ni l'échelle du baromètre, ni la colonne de l'atmosphère, nous pouvons librement choisir, mais non pas tirer de conclusions.

2° En s'élevant dans des hauteurs, on s'éloigne du centre de la terre. Plus les hauteurs sont grandes, plus les corps

perdent de leur pesanteur; avec cette perte de poids, un certain degré de dilatation se trouve en connexion. Il semble assez clair que la diminution de la pesanteur résulte de la diminution de l'attraction, et que la dilatation de la matière est en raison des pesanteurs ou des densités. En conséquence l'eau se dilatera 773 fois et le mercure 10 500 fois moins que l'atmosphère, mais tous les deux perdent plus de leur pesanteur dans la même proportion. La colonne barométrique tombera donc en proportion de la perte de sa pesanteur et en raison de sa dilatation dans la cuvette. Plus la cuvette sera grande, plus elle contiendra de mercure et plus vite la colonne tombera. Cet élément, quoique significatif, ne nous apprend rien.

3°. Plus la hauteur s'accroît, moins l'attraction de la terre agit. De la diminution seule de l'attraction centrale de la terre il s'ensuivrait une descente régulière de la colonne barométrique selon la loi, et nous avons vu que, dans ce cas, la colonne ne pourrait tomber en entier sans être arrivée dans le vide. Il faut donc chercher jusqu'au bout pour comprendre le phénomène.

4° L'attraction extérieure permanente agit sans cesse, et nous savons que la colonne barométrique inerte obéit. Cette colonne gravitante est ainsi constamment en équilibre entre les forces, et il s'ensuit, ou qu'il n'y a pas de hauteur normale barométrique, ou que toutes les hauteurs sont normales. Plus le baromètre s'approche du centre de la terre, plus sa colonne devient haute et *vice versa*.

L'attraction de la terre diminuant avec les hauteurs, l'attraction extérieure agit non plus avec une force égale, mais avec une force progressive. La chute accélérée de la colonne barométrique est donc trouvée.

Nous pouvons conclure que, si le baromètre ne donne ni la pression atmosphérique ni les hauteurs, il donne quelque chose qui vaut un peu mieux, la valeur des attractions.

*
*
*

Les forces n'ayant aucune puissance sur le vide, agissent sur la matière, elles sont donc matérielles aussi. Mais quelles sont les forces qui agissent sur la *non-matière* qui n'est pas encore la négation de la matière ?

Nous sentons l'action de ces forces sublimes, mais nous ne savons pas les diriger, nous les subissons.

Quels sont les effets observés de ces forces, quelles sont les lois selon lesquelles les effets se font ?

L'homme compte soixante siècles ! cherchons donc les résultats de l'action continue de ces forces inconcevables. Nous montrent-elles un principe ou seulement une idée, une pensée à elles ?

Il nous semble que la résultante produite se résume jusqu'à nos jours en une espèce d'axiome, le *mundus se expedit*, dans un laisser-aller d'une sublimité, d'une transcendance sans pareille.

Nous n'avons aucun droit d'avancer que jamais la *non-matière* l'emportera, ni qu'elle pourra parvenir à assigner une certaine direction aux forces, — qui pourtant seules

lui donnent une valeur ; — nous sommes loin de supposer que jamais elle établisse un principe, et nous croyons plutôt qu'il n'est pas impossible que la raison arrive à n'avoir plus assez de temps pour avoir raison ; mais si jamais elle se fait jour, on pourra concevoir que la nature n'a pas de mystères, et alors gare les HYPOTHÈSES.

NOTE

OBSERVATION DE L'AUORE BORÉALE,

Par M. LOTTIN (1).

L'observatoire météorologique où M. Lottin a passé huit mois (de septembre 1838 à avril 1839), était établi à Bossekop, sur la côte de West-Finmark, par 70° de latitude boréale; pendant ces 206 jours on a observé 143 aurores boréales, parmi lesquelles il s'en est trouvé 64 pendant la nuit de 70 *jours* qui règne dans ces parages, depuis le 17 novembre jusqu'au 25 janvier.

Voici maintenant comment M. Lottin décrit le phénomène (la figure 12, pl. 49, copiée sur ses dessins, pourra faciliter l'intelligence de la description) :

« Le soir entre quatre et huit heures, la brune légère qui règne presque habituellement au nord dans la direction du Fjord, à la hauteur de 4 à 6 degrés, se colore à sa partie supérieure, ou plutôt se frange des lueurs de l'aurore, qui existe derrière. Cette bordure devient plus régulière et forme un arc vague, d'une couleur jaune pâle, dont les bords sont diffus et dont les extrémités s'appuient sur les terres.

» Cet arc monte plus ou moins lentement, son sommet restant dans le méridien magnétique ou à très peu près; ce qu'il n'est pas facile de déterminer avec exactitude, à cause de son mouvement ascensionnel et de sa forme déprimée.

» Bientôt des stries noirâtres séparent régulièrement la matière lumineuse de l'arc; les rayons sont formés; ils s'allongent, se raccourcissent lentement ou instantanément; *ils dardent*, augmentant et diminuant subitement d'éclat. La partie intérieure, les *pieds* des rayons, offrent toujours la lumière la plus vive, et forment un arc

(1) *Éléments de physique*, etc., par M. Pouillet, p. 828-832, édition de 1856.

plus ou moins régulier : la longueur de ces rayons est souvent très variée, mais tous convergent vers un même point du ciel, indiqué par la direction de la pointe sud de l'aiguille d'inclinaison ; parfois ils se prolongent jusqu'à leur point de réunion, formant ainsi le fragment d'une immense coupole lumineuse.

» L'arc continue de monter vers le zénith ; il éprouve un mouvement ondulatoire dans sa lueur, c'est-à-dire que, d'un pied à l'autre, l'éclat de chaque rayon augmente successivement d'intensité ; cette espèce de courant lumineux se montre plusieurs fois de suite, et bien plus fréquemment de l'ouest à l'est que dans le sens opposé. Quelquefois, mais rarement, un mouvement rétrograde a lieu immédiatement après le premier, et aussitôt que cette lueur a parcouru successivement tous les rayons de l'ouest à l'est, elle se dirige dans le sens inverse, revenant ainsi à son point de départ, sans que l'on puisse dire si ce sont les rayons qui éprouvent alors un mouvement de translation à peu près horizontal, ou si cette lueur plus vive se transporte d'un rayon à l'autre de proche en proche, sans que ceux-ci éprouvent de déplacement.

» L'arc offre aussi un mouvement alternatif dans le sens horizontal, figurant les ondulations ou les plis d'un ruban ou d'un drapeau agité par le vent, comme on le voit dans la figure 12. Parfois un de ses pieds, et même tous deux, abandonnent l'horizon ; alors les plis deviennent plus nombreux, mieux prononcés ; l'arc n'est plus qu'une longue bande de rayons qui se contourne, se sépare en plusieurs parties formant des courbes gracieuses, qui se renferment presque sur elles-mêmes, et offrent, n'importe dans quelle partie de la voûte céleste, ce que l'on a probablement nommé jusqu'ici des couronnes boréales. Alors l'éclat des rayons varie subitement d'intensité, dépasse celui des étoiles de première grandeur ; ces rayons dardent avec rapidité, les courbes se forment et se déroulent comme les plis et replis d'un serpent ; puis les rayons se colorent ; la base est rouge, le milieu vert, le reste conserve sa teinte lumineuse jaune clair. Ces couleurs ont toujours, sans exception, conservé ces positions respectives ; elles sont d'une admirable transparence : le rouge approche de la teinte sang clair, le vert de celle d'une émeraude pâle. L'éclat diminue, les couleurs disparaissent, tout s'éteint subitement ou s'affaiblit peu à peu. Des fragments d'arc reparaissent : l'arc se reforme lui-même, continue son mouvement ascensionnel et approche du zénith : les rayons, par l'effet de sa perspective, deviennent de plus en plus

courts ; on peut juger de l'épaisseur de l'arc, qui offre parfois, alors, une large zone de rayons parallèles ; puis le sommet de l'arc atteint le zénith magnétique, point désigné par la pointe sud de l'aiguille d'inclinaison. Alors les rayons sont vus par leurs pieds : s'ils se colorent en ce moment, ils montrent une large bande rouge à travers laquelle on distingue les nuances vertes qui leur sont supérieures ; et, s'ils subissent ce mouvement de translation horizontale dont nous avons parlé plus haut, les pieds forment une longue zone sinueuse et ondulante, tandis que, dans tous ces changements continuels, les rayons n'éprouvent jamais d'oscillation dans le sens de leur axe, et conservent toujours leur parallélisme.

» Pendant l'intervalle de temps qui vient d'être décrit, de nouveaux arcs se sont présentés à l'horizon, commençant d'une manière diffuse, ou avec les rayons tout formés et très vifs. Ils se succèdent en passant à peu près par les mêmes phases, et se maintiennent à distance les uns des autres ; on en a compté ainsi jusqu'à neuf, appuyés sur les terres, et rappelant, par leur disposition, ces toiles cintrées qui vont d'une coulisse à l'autre et figurent le ciel de nos scènes théâtrales. Parfois les intervalles diminuent ; plusieurs de ces arcs se serrent l'un contre l'autre : c'est une large zone de rayons parallèles qui traversent le ciel et vont disparaître vers le sud, s'affaiblissant rapidement après leur passage au zénith. Mais parfois aussi, lorsque cette zone occupe le haut du ciel, s'étendant de l'est à l'ouest, la masse des rayons qui ont déjà dépassé le zénith magnétique paraît tout à coup venir du sud, et forme avec ceux du nord la véritable couronne boréale, dont tous les rayons convergent vers le zénith. Ainsi, cette apparence de couronne ne vient, sans doute, que d'un simple effet de perspective, et l'observateur placé dans cet instant à une certaine distance au nord ou au sud, n'apercevrait qu'un arc.

» La zone totale du rayon étant moins épaisse dans le sens nord et sud que dans le sens est et ouest, puisqu'elle s'appuie souvent sur les terres, la couronne a une forme elliptique. Mais cela n'a pas toujours lieu : on l'a vue circulaire, les rayons inégaux ne s'étendant pas à plus de 8 à 12 degrés du zénith, tandis que d'autres fois ils vont jusqu'à l'horizon.

» Si l'on pense qu'alors tous ces rayons dardent avec vivacité, variant continuellement et subitement dans leur longueur et dans leur éclat, que de belles teintes rouges et vertes les colorent par intervalles, que les mouvements ondulatoires ont lieu, que les courants

lumineux se succèdent, et enfin que la voûte céleste tout entière offre une immense et magnifique coupole étincelante, dominant un sol couvert de neige qui, lui-même, sert de cadre éblouissant à une mer calme et noire comme un lac d'asphalte, on n'aura encore qu'une idée très imparfaite de l'admirable spectacle qui s'offre à l'observateur et qu'il faut renoncer à décrire.

» La couronne ne dure que quelques minutes; elle se forme quelquefois instantanément, sans aucun arc préalable. Il y en a rarement plus de deux dans la même nuit, et bien des aurores n'en ont montré aucune trace.

» La couronne s'affaiblit, tout le phénomène est au sud du zénith, formant des arcs plus pâles et qui disparaissent généralement avant d'avoir atteint l'horizon sud. Le plus ordinairement, tout ceci a lieu dans la première moitié de la nuit, après quoi l'aurore paraît avoir perdu de son intensité; des faisceaux de rayons, des bandes, des fragments d'arcs paraissent et disparaissent par intervalles; puis les rayons deviennent de plus en plus diffus, ce sont des lueurs vagues et faibles qui finissent par occuper tout le ciel groupées comme de petits cumulus, et désignées sous le nom de *plaques aurorales*. Leur lumière lactée éprouve souvent des changements très vifs dans son intensité, semblables à des mouvements de dilatation et de contraction, qui se propagent du centre à la circonférence, et réciproquement, rappelant ceux de ces animaux marins nommés *méduses*. La lueur crépusculaire arrive peu à peu, et le phénomène faiblissant graduellement cesse d'être visible.

» D'autres fois, les rayons paraissent encore avec le commencement du jour, même lorsqu'on peut lire sans difficulté le texte d'un imprimé; puis ils disparaissent tout à coup; ou bien, à mesure que le crépuscule augmente, ils deviennent vagues, prennent une couleur blanchâtre, et finissent par se confondre avec les cirro-stratus, de telle sorte qu'il devient impossible de les distinguer de cette espèce de nuage.

FIN.

