

BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET ASTRONOMIQUES

Comptes rendus et analyses

Bulletin des sciences mathématiques et astronomiques 2^e série,
tome 3, n° 1 (1879), p. 73-108

[<http://www.numdam.org/item?id=BSMA_1879_2_3_1_73_0>](http://www.numdam.org/item?id=BSMA_1879_2_3_1_73_0)

© Gauthier-Villars, 1879, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Bulletin des sciences mathématiques et astronomiques » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

COMPTES RENDUS ET ANALYSES.

GÜNTHER (S.). — STUDIEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN UND PHYSIKALISCHEN GEOGRAPHIE. 3^e fascicule. Halle, 1878. In-8°, 87 pages (1).

Le troisième Mémoire de M. Günther sur l'histoire de la Géographie mathématique et physique forme le Chapitre IV de ces recherches d'érudition. Il traite en particulier d'une question qui s'est rencontrée incidemment dans le cours des précédents Mémoires.

CHAP. IV. — *Hypothèses anciennes et modernes, relatives au changement chronique du centre de gravité de la Terre sous l'influence de la masse des eaux.* (129-215, 12 figures.)

La découverte des écrits d'Archimède avait permis de concevoir nettement la notion du centre de masse d'un corps et l'existence d'un centre de gravité unique et invariable dans un système formé de points matériels liés entre eux. On arriva bientôt à reconnaître que les divers phénomènes naturels, comme la chute d'une pierre, l'agitation de la surface des eaux sous l'influence du vent, déplaçaient nécessairement le centre de gravité de la Terre de sa position primitive et devaient modifier sa situation relativement à trois axes fixes dans l'espace. Il est vrai que de telles influences ne produisent pas de variations sensibles, mais il en est d'autres qui pourraient amener des modifications notables, comme le retour à des époques glaciaires et à des changements de climat, pour l'explication desquels les premiers géologues n'ont pas hésité à admettre des variations brusques dans la position de l'axe de la Terre, des éruptions volcaniques, la rencontre d'autres corps célestes et diverses causes surnaturelles. Nous ne suivrons pas les géologues dans leurs conceptions plus ou moins justifiées, et il ne sera question ici que de la Terre, considérée comme une sphère et même comme un ellipsoïde à trois axes principaux, dont l'un sera l'axe de rotation actuel. Nous allons voir qu'il a existé de tout temps des hommes qui ont attribué à la masse liquide une in-

(1) Voir *Bulletin*, II, 410 et 437.

Bull. des Sciences mathém., 2^e Série, t. III. (Mars 1879.)

fluence perturbatrice sur la position du centre de gravité mathématique du globe. Le développement historique de cette doctrine fait l'objet de ce troisième Mémoire, dont nous allons indiquer les principaux passages.

Le mérite d'avoir exprimé pour la première fois et avec toute la netteté désirable la sphéricité de la Terre et d'avoir cherché à en établir des preuves appartient au philosophe de Stagyre: mais il est à observer que longtemps avant Aristote s'était développée une doctrine semblable à celle que nous traitons, et qui admettait, comme hypothèse nécessaire, que la Terre est ronde ou au moins limitée de toutes parts. Hippocrate a bien compris que les inégalités de la surface terrestre n'exercent plus d'influence, mais il paraît n'avoir pas eu l'idée que les variations qu'éprouve le niveau des mers modifient nécessairement le centre de gravité de leur masse près de la surface du globe. Cette hypothèse originale semble s'être présentée à l'esprit d'Hérodote. Dans son *Euterpe* (Livre II), le célèbre historien demande la vraie cause des crues qui s'observent tous les ans dans le Nil avec une si grande régularité. Il dit qu'il en connaît trois explications :

Ou bien un refoulement des eaux par des courants de vents étésiens;

Ou bien l'influence de l'Océan qui entoure la totalité du globe et donne naissance au fleuve du Nil;

Ou enfin la fonte de grandes masses de neige amoncelées en Éthiopie.

Il examine chacune de ces hypothèses et en discute le degré de vraisemblance et de probabilité.

« En hiver », dit-il, « la violence des tempêtes rejette le Soleil hors de son orbite véritable et le dirige vers la Libye. Lorsque le Soleil parcourt ce pays, il y produit le même effet qu'il a coutume de produire en été quand il passe par le milieu du ciel, c'est-à-dire qu'il attire les vapeurs à lui et les repousse ensuite vers les lieux élevés, où les vents, les ayant reçues, les dispersent et les fondent.

» Lorsque l'hiver est adouci, le Soleil retourne au milieu du ciel et de là attire également les vapeurs de tous les fleuves. Jusqu'alors ils augmentent considérablement, à cause des pluies dont la terre est arrosée et qui forment des torrents; mais ils deviennent faibles en été, parce que les pluies leur manquent et que

le Soleil attire une partie de leurs eaux. Il n'en est pas de même du Nil : comme en hiver il est dépourvu des eaux de pluie, et que le Soleil en élève des vapeurs, c'est avec raison la seule rivière dont les eaux soient beaucoup plus basses en cette saison qu'en été. Le Soleil l'attire de même que tous les autres fleuves, mais l'hiver il est le seul que cet astre mette à contribution ; c'est pourquoi je regarde le Soleil comme la cause de ces effets.

» Si l'ordre des saisons et la position du ciel venaient à changer, de manière que le nord prît la place du sud, et le sud celle du nord, alors le Soleil, chassé du milieu du ciel par l'hiver, prendrait sans doute son cours par la partie supérieure de l'Europe, comme il le fait aujourd'hui par le haut de la Libye, et je pense qu'en traversant ainsi toute l'Europe il agirait sur l'Ister (le Danube) comme il agit actuellement sur le Nil. »

Parmi les Ouvrages d'Archimède, il en est un célèbre qui ne nous est parvenu que fort tard et sous une traduction arabe qui laissait beaucoup à désirer. Cet Ouvrage est le Livre *Des corps qui sont portés sur un fluide*. Varenius y a remarqué, le premier, qu'Archimède affirme clairement que la surface de l'Océan doit être également distante d'un point déterminé et que le centre de cette surface sphérique doit être le même que celui du globe terrestre.

Les contemporains d'Archimède paraissent avoir été moins pénétrés de cette vérité. Cependant Strabon adresse de vifs reproches à Ératosthène, parce que ce mathématicien de vocation a perdu de vue cette règle fondamentale et a pensé que certaines parties de la Méditerranée ne se trouvent point au même niveau. Il paraît qu'un nivellement de l'isthme de Corinthe, exécuté sous Démétrius Poliorcète, avait conduit à ce résultat, que le golfe de Naupacte (région ouest de l'isthme) était à un niveau inférieur à celui du golfe d'Égine (région est). Il semble qu'Ératosthène, qui devinait en l'oasis d'Ammon le lit d'une ancienne mer, avait conçu la notion paradoxale de variations du niveau des mers, afin de donner une base théorique à des résultats de recherches géognosiques et paléontologiques faites par lui. En revanche, Strabon a admis que l'Ister établit une communication entre la mer Noire et la mer Adriatique, et il a ainsi patronné cette malheureuse erreur géographique du canal océanique, qui donne aux Cartes du moyen âge un aspect si désagréable.

Strabon pouvait donc avec raison blâmer Ératosthène et Hipparque à cause de leurs méprises; mais nous devons, d'un autre côté, reconnaître que sa propre argumentation n'était pas du tout exacte et qu'elle ne fournissait pas moins une suite de sophismes comme origine et comme résultat.

Les théories des philosophes grecs ne furent pas essentiellement modifiées ni perfectionnées par les naturalistes romains. Pline ne s'est occupé qu'incidemment de la sphéricité de la Terre. Il n'en est pas de même de Sénèque, dont les idées accusent un caractère d'originalité mieux marqué. Sénèque saisit parfaitement l'importance de l'eau comme mécanisme puissant de la configuration superficielle de notre planète. Il s'est prononcé avec netteté pour la théorie de la constance de la sphéricité géométrique sous l'influence des causes ordinaires. Dans les *Questions naturelles*, il existe toute une série d'explications ayant pour objet de démontrer comment il peut se faire que, malgré la multiplicité des phénomènes, la masse de l'eau des mers puisse demeurer toujours égale et conserver la même répartition.

Sénèque se livre toutefois à une seule digression très-importante, dont Nehring a dépeint le caractère dans les termes suivants : « De temps à autre a dû certainement arriver une augmentation générale et extraordinaire du niveau de la mer, résultant, par exemple, de vagues diluviennes qui surviennent avec une grande régularité au terme de longues périodes géologiques et produisent de grandes variations dans la forme superficielle de notre planète. » Sénèque fait évidemment allusion à ces épouvantables cataclysmes dont les découvertes paléontologiques de Cuvier et d'Agassiz nous ont donné la preuve, et qui confirment la variation du centre de gravité de la Terre sous l'influence d'une des constellations connues, ou, pour employer un langage plus moderne, le déplacement continu du centre de la Terre dans le cours des siècles, car, suivant Sénèque, il n'y a qu'un événement cosmique, et non simplement terrestre, qui puisse donner naissance à des conséquences aussi étendues. « Ainsi le monde, à son origine, contenait également et le Soleil, et la Lune, et le cercle des révolutions sidérales, et les animaux encore à naître, et les principes de toutes les révolutions du globe. Parmi ces principes figure le déluge, qui, comme l'hiver et l'été, n'a lieu qu'en vertu d'une des

lois du monde. Ne donnez donc pas pour cause à cette destruction la pluie : la pluie y contribuera ; l'irruption de la mer : cette irruption y contribuera ; les tremblements de terre : ces commotions y contribueront. La nature s'aidera de tout pour accomplir ses décrets. »

Les autres écrivains latins ne donneraient pas beaucoup de renseignements. Terentius Varro, le premier, a nettement parlé d'un aplatissement de la Terre ; mais il est à croire qu'il ne l'entendait point dans le sens que l'on donne aujourd'hui à cette notion et qu'il s'agissait plutôt d'un renflement équatorial de l'Océan, tandis que les eaux abandonneraient en partie les deux pôles.

L'obscur période de la Cosmographie patristique ne nous offre rien d'intéressant ni de précis. Il faut arriver pour cela jusqu'à la seconde moitié du moyen âge, vers les ^{xii}^e et ^{xiii}^e siècles, époque à laquelle les doctrines de la Scolastique commencèrent à faire place à des notions plus exactes.

Dans son *Traité des météores*, Albert le Grand dit qu'une partie changeante des continents disparaît sous les eaux et que d'autres parties s'élèvent à leur tour. Il ne s'agit ici évidemment que des oscillations du niveau de la mer, et l'auteur n'a pas songé à un véritable changement du centre de gravité du globe, puisqu'il affirme nettement qu'une dépression de l'eau en un point correspond à une intumescence au point diamétralement opposé.

Roger Bacon se borne à savoir que l'eau et les continents ne forment qu'un tout sphéroïdal. Un passage de ses écrits semblerait devoir donner lieu à une interprétation spéciale, qui pourrait cependant ne pas corroborer certain sophisme adopté au siècle suivant. Pierre d'Ailly, son commentateur, dit en effet que « l'eau forme un bras de mer entre les deux pôles, et s'étend depuis la limite de l'Espagne jusqu'aux Indes, sans occuper une grande largeur, de sorte que le commencement de l'Inde pourrait être au delà du milieu du cercle équinoxial, sous la terre, et toucherait certainement aux confins de l'Espagne. » Ce courant à double sens que devrait suivre l'eau pourrait bien se rapporter à un bourrelet de matière fluide s'étendant le long de l'équateur, sans exercer la moindre influence sur la position du centre de gravité du globe. Peut-être s'agirait-il encore de l'aplatissement, tel que Varro l'avait conçu.

Commentant un passage d'Aristote relatif à la forme que doit prendre une masse fluide abandonnée à elle-même, Thomas d'Aquin reconnaît que l'eau, à la surface du globe, gagne toujours les parties concaves, c'est-à-dire plus rapprochées du centre. Il examine les conséquences de cette observation et conclut à la nécessité d'adopter deux hypothèses différentes : « La première est », dit-il, « que l'eau est aussi naturellement pesante; elle s'écoule, naturellement, toujours vers la région plus concave ou plus basse. Une autre hypothèse est que cette partie plus concave et plus basse est aussi plus voisine du centre du monde. » Ainsi la Terre ne peut être plane. Sa forme doit être sphérique, et les divers éléments sont rangés dans leur ordre normal, suivant des sphères concentriques, dont la Terre occupe le centre. Les autres éléments, l'eau, l'air et le feu, entourent le noyau solide. Nous retrouvons ici la théorie exposée à propos de Moïse ben Maimoun.

Nous pouvons ranger, parmi les anciens écrivains scolastiques, Vincent de Beauvais, dans l'Encyclopédie duquel on trouve une élégante interprétation de théories exactes des anciennes autorités, en même temps que les premières traces d'erreurs qui s'accréditèrent dans la suite.

Hipparque avait déjà, comme on sait, évalué assez exactement l'excentricité de l'orbite apparente du Soleil, et tous ses commentateurs avaient adopté ses démonstrations et les conséquences qui en découlaient, relativement à la connaissance de la Géographie. Les Grecs ne pressentirent pas en quoi cette circonstance pouvait produire une influence physique importante; mais on la trouve étudiée par les Arabes, qui l'ont intimement rattachée à l'hypothèse d'une action attractive exercée par le Soleil et semblable à celle qu'admettait Hérodote pour l'explication des crues du Nil. On a pu en voir déjà une trace dans le deuxième de ces Mémoires, à propos de Schems Eddin de Damas, qui, en effet, s'exprime en ces termes : « Le Soleil se meut autour de son propre centre, qui n'est pas le centre de la Terre, ainsi qu'à son périhélie il s'approche d'une partie de la Terre, la partie méridionale, en s'éloignant à son apogée de l'autre, la partie septentrionale, qui devient terre ferme et élevée, puisque les eaux sont attirées par le Soleil vers la partie méridionale en se retirant de la partie septentrionale. »

Nous ne faisons que signaler cette assertion de Schems Eddin,

le commentaire de R. Wolf et un passage de Kazouini, pour arriver aux théories de Masudi. Masudi paraît avoir été l'un des premiers savants du moyen âge qui revint à une doctrine de l'ancienne Géographie, presque oubliée à cette époque. Suivant cette doctrine, la terre ferme ne présenterait pas une courbure régulière et continue, mais offrirait, dans une direction déterminée, un renflement semblable à celui d'une coupe, d'une cloche ou d'une timbale.

Nous avons remarqué, au début même de ce Mémoire, une notion géographique analogue, à propos d'un passage d'Hippocrate. D'ailleurs, au témoignage d'Alexandre de Humboldt, Ératosthène et Polybe présumaient aussi que la Terre s'élève en bourrelet dans le voisinage de l'équateur.

D'ignorants commentateurs propagèrent encore cette doctrine parmi les théosophes de la première époque byzantine. Ce renflement équatorial passa bientôt pour être la ligne de séparation entre les contrées habitables et la région mystérieuse, inaccessible à l'homme, désignée sous le nom de *Terra incognita*.

Un voyageur qui à cette époque se rendit célèbre par le talent et l'exactitude de ses observations contribua, sans le vouloir, à l'affermissement d'une erreur accréditée *a priori*. C'est ainsi que, dans la relation du voyage que Ruysbroek (Guil. de Rubruquis) avait fait à la résidence du grand khan de Mongolie, nous trouvons le passage suivant : « A dater de notre arrivée à la cour du khan suprême Mangu, il n'alla que deux fois vers les contrées méridionales, d'où il commença à retourner vers le nord, c'est-à-dire vers Caracarum. Durant tout ce voyage, j'ai principalement porté mon attention sur un fait que m'avait signalé comme très-digne de remarque le seigneur Baudouin de Hainaut, avant mon départ de Constantinople : c'est que l'on allait toujours en montant et jamais en descendant. Et, en effet, tous les cours d'eau venaient de l'orient vers l'occident, soit directement, soit indirectement, c'est-à-dire obliquant vers le midi ou vers le nord. »

Ruysbroek ne pouvait se méprendre sur une observation personnelle, qu'il traduisait fidèlement. Mais il fallait aussi compter avec des idées moins conformes à l'expérience, de véritables préjugés, suivant lesquels la terre ferme, au lieu d'être sphéroïdique, surgissait à pic du sein des mers.

Ainsi que l'a établi Santarem dans une étude très-consciencieuse,

le mythe d'un paradis situé sur notre globe avait éprouvé successivement diverses transformations. Placé d'abord, par Honorius d'Autun, à l'extrémité orientale des continents connus, il était devenu ensuite la sainte montagne d'Aryn, dans laquelle on pourrait bien retrouver un souvenir du Meru des fables hindoues, puis la montagne gigantesque dont Cosmas Indicopleustès admettait l'existence au milieu du haut plateau asiatique. Telle a dû être l'origine de l'hypothèse d'un bourrelet fluide formant une montagne semblable sur la région opposée.

N'adoptant pas la théorie qui avait généralement cours à cette époque, plusieurs savants n'hésitèrent pas à affirmer que la surface recouverte par les eaux est notablement supérieure à celle des continents. D'autres philosophes, comme Albert le Grand, étaient disposés à placer sur l'hémisphère sud des régions partiellement habitables, mais séparées du reste des continents par d'immenses nappes d'eau. En un mot, l'ancien Océan d'Homère trouvait encore des partisans; on lui supposait une continuité parfaite, et, puisque la sphéricité était modifiée par la répartition des continents et des mers, il n'était plus nécessaire d'admettre l'invariabilité dans l'équilibre des eaux. C'est ainsi que l'on croyait avoir conclu, de mesures directes, un continuuel accroissement du niveau de la Méditerranée par rapport à celui de l'Océan. Saint Ambroise et saint Basile enseignèrent cette théorie, dont la substance se trouve dans les écrits du cosmographe arabe Edrisi.

On peut résumer ainsi qu'il suit les faits qui se rapportent à cet ordre d'idées, que l'ensemble de l'eau et de la terre réunies forme simplement des anneaux sphériques concentriques l'un avec l'autre :

1^o L'hypothèse fondamentale que l'élément de l'eau, comme déjà l'indiquent les gouttes qui tombent du feuillage des arbres, doit prendre la forme d'une sphère parfaite;

2^o L'hypothèse, qui eut cours déjà chez les Grecs et fut plus tard développée par les Arabes, que les astres attirent à eux l'eau et déterminent une précipitation générale à torrents de cette dernière vers un centre;

3^o L'erreur géographique que la terre ferme s'élève démesurément au-dessus de l'enveloppe fluide.

Les développements qui précèdent suffisent pour donner la

preuve que, vers le milieu du XIII^e siècle, l'ancienne opinion d'Aristote et des scolasticiens pesait sur l'esprit du temps.

On a découvert et publié récemment, d'après les manuscrits des bibliothèques de Paris, un Ouvrage intitulé *Li Livres du Tresor*, composé par le Florentin Brunetto Latini dans le cours de la seconde moitié du XIII^e siècle. L'auteur y traite la question de savoir « comment li mondes est reons et comment li element sont etabli ». Sa réponse est ainsi formulée : « En ce fu nature bien porveanz quant elle fist l'orbem tout reont; car nul chose ne puet estre si fermement serree en soi meisme comme cele qui est reonde. Raisons comment : regardez ces charpentiers qui font ces toniaus et ces cuves ; car il ne les porroient en nule maniere fermer ne joindre, se par reondece non neis une volte, quant on la fait en une maison ou un pont, cōvient il que il soit fermez par sa reondece, non mie par lonc ne par lé, ne en nule autre forme. » Ainsi, Latini a admis que la nature prévoyante a donné à tous les éléments la forme ronde. Dans un autre passage, où il est question « des vaines de la terre et des aigues », nous trouvons les réflexions suivantes : « Sor la Terre, de cui li contes a tenu lonc parlement, est assise l'aigue, ce est la mer greignor qui est appelée la mer Oceane, de cui toutes les autres mers et braz des mers et flueves et fontaines qui sont parmi la terre, issent et naissent premier et la meisme retornent il a la fin. »

Les figures qui accompagnent cette description donnent bien pour les éléments de l'air et du feu la forme sphérique, tandis que la Terre n'affecte pas cette forme et se trouve inégalement recouverte par les eaux sur la région équatoriale. L'hypothèse du renflement se trouve donc, sinon exprimée, du moins admise en principe.

Un autre Italien, Ristoro d'Arezzo, a publié en 1252 un Traité sur la composition du monde, réédité en 1859 par E. Narducci. Nous pouvons y remarquer un témoignage en faveur de la théorie admise au moyen âge, d'après laquelle l'inégale répartition des continents à la surface du globe correspondait à l'inégale distribution des étoiles du firmament. « Selon les savants », dit Ristoro, « la terre ferme occupe le quart de la surface du globe; les trois autres parties restent recouvertes par les mers. Les continents ont émergé sous l'action d'une grande force qui a en même temps assuré la

création des planètes et des animaux qui habitent sur la Terre. Les continents recouvrent principalement la partie du globe qui regarde le nord et qui correspond à la région du ciel la plus constellée; ils se trouvent entourés de toutes parts de nappes d'eau qui forment la mer Grande, ou, suivant d'autres, la mer Océanique. »

Ce passage exprime nettement l'opinion déjà énoncée par Albert le Grand, à savoir qu'une partie relativement restreinte du globe terrestre émerge seule du sein des eaux. Mais ce que le célèbre philosophe s'est borné à constater, Ristoro s'est appliqué à en chercher la cause probable.

Le passage suivant de son Traité offre encore un certain intérêt : « Nous constatons que la Terre est arrosée de ruisseaux, de fleuves et d'eau; celle-ci coule à travers le sein de la Terre, puis à la surface du globe. Elle parvient au sommet des montagnes, d'où elle descend ensuite pour former les ruisseaux, puis les fleuves, qui, à leur tour, s'échangent l'un avec l'autre, arrosent la terre et se jettent dans la mer. L'eau des rivières et des fleuves est douce, tandis que l'eau de mer est salée. Enfin, pour achever la comparaison, nous pouvons dire que les fleuves s'élèvent de la mer pour y retourner. » Ristoro affirme nettement la prépondérance d'énergie du ciel étoilé dans l'hémisphère boréal. Il conclut en disant que, s'il n'en était pas ainsi, toute l'eau s'étendrait sur le monde entier, mais qu'elle est actuellement retenue par une force.

La discussion des hypothèses de Dante est développée avec beaucoup de soin dans ce Mémoire. Il nous serait difficile de l'exposer sans l'accompagner, comme l'a fait M. Günther, de figures géométriques; nous nous voyons donc obligé d'indiquer simplement ici les conclusions de cet examen.

Dante considéra comme bien démontré qu'il existe entre les continents et le ciel étoilé un rapport intime qui offrirait quelque analogie avec la force magnétique. Nous ne pouvons entrer ici dans le détail des intéressantes relations établies, d'après Schmidt, entre ce dogme et les théories admises à cette époque, relativement à l'étendue des continents. Ainsi que l'on peut en juger par le premier Mémoire, toute la division du globe terrestre, telle que Dante l'a imaginée, aboutit à mettre en réquisition, comme séjour mythologique des âmes, tout un hémisphère, de manière qu'il ne reste du royaume terrestre qu'une partie habitable proportionnellement

plus faible. Tout cet ensemble forme avec les eaux réunies un seul corps qui diffère très-peu d'une sphère mathématique, et, pour expliquer comment la Terre se trouve cachée sous les eaux, Schmidt résume ainsi qu'il suit les théories de Dante :

« La cause de l'élévation locale des continents ne peut être la Terre même; un mouvement vers le haut est contraire à la pesanteur, et cette dernière est une propriété essentielle de la Terre. De même, on ne peut attribuer cette cause à l'action de l'eau, car, si elle recouvrait uniformément la Terre, elle exercerait, en raison de son homogénéité, une pression égale sur tous les points. Il faut également exclure de cette discussion les sphères emboîtées de l'air et du feu qui enveloppent les précédentes. » Il reste donc à chercher en dehors de la nature terrestre, et, à ce point de vue, l'auteur examine successivement les divers éléments célestes auxquels on pourrait attribuer l'élévation des continents au-dessus de l'Océan. La Lune et les planètes ne sauraient entrer en ligne de compte, parce que leurs attractions se contrariaient et devraient, en tout cas, produire l'élévation de l'eau sur la terre ferme. La huitième sphère n'intervient pas davantage. « Reste donc, ainsi que Dante le dit lui-même, le ciel des fixes, car nous apercevons des différences de lumière et de grandeur des étoiles, soit considérées isolément, soit groupées en constellations; c'est donc bien là que doit résider la cause cherchée. » Et, justement, la seule zone qui passe pour activement coopérante est comprise entre l'équateur et le cercle polaire arctique, trace évidente de l'éternelle théorie de la zone inhabitable.

Il faut reconnaître que, si toutes ces explications élargissent le cercle des idées du poète italien, elles n'atteignent pas complètement le but et laissent encore place à bien des doutes. Le sujet, on le voit, est difficile à éclaircir.

Un passage de Robert de Lincoln permet de bien comprendre l'influence qui dirigeait les esprits à cette époque. On fixe habituellement la mort de cet homme en 1253; mais, d'un autre côté, Cantor a récemment prouvé qu'en 1271 un maître anglais, nommé Robert, avait achevé un Livre sur la sphère. Il nous paraît donc admissible que ce dernier Robert soit la même personne que le premier : c'est d'ailleurs aussi l'opinion de Santarem, qui le regarde comme contemporain de savants qui vivaient du XIII^e au XIV^e siècle,

Brunetto Latini, Pierre de Vienne, Cecco d'Ascoli et Dante. Mais il est inutile d'insister davantage sur ce renseignement biographique plus ou moins controversé. Robert prouve d'abord que le feu renferme le principe de l'air, puis il ajoute ceci : « De même, la superficie comprise entre klm et la circonférence nkp engendre par sa rotation un corps dont l'eau occupe le volume et la situation. En outre, le mouvement du demi-cercle nhp engendre une sphère située au milieu des deux corps précédents. La Terre occupe le volume et la situation de cette sphère. Mais, pour que les animaux terrestres fussent à même de trouver un séjour et un support, l'eau a dû se rassembler dans la concavité de la Terre et la surface des continents a émergé en une région déterminée. Enfin la Terre, avec les eaux qu'elle renferme, affecte la forme d'une sphère unique. » Les figures qui se rapportent à cette description manquaient au texte de M. Günther, mais elles ne sont pas nécessaires pour reconnaître que Robert admettait à l'intérieur du globe terrestre une assez grande proportion de la masse des eaux. Ce passage pourrait très-bien s'expliquer en admettant, dans la notation des figures, de légères modifications que motiverait l'hypothèse d'erreurs commises par le copiste.

Au surplus, Zorckler a récemment expliqué, d'une manière très-remarquable, comment la théologique subtilité de l'idée assez confuse de Robert pouvait se concilier avec l'hypothèse scientifique de l'excentricité et même la fortifier. Parlant de l'archevêque espagnol Paulus de Burgos, mort en 1435, il dit ce qui suit : « Cet écrivain fit grande sensation lorsqu'il développa, avec une érudition mathématique et physique, l'explication de la manière tout extraordinaire dont Dieu a déclaré (*Gen.*, I, 9) avoir effectué la séparation de la terre et des eaux ou la création de l'Océan. Dieu a rassemblé en un globe particulier, doué d'un centre de gravité distinct, les eaux qui auparavant recouvraient la totalité de la sphère terrestre. Les deux sphères, celle de la Terre, celle de l'eau, sont restées depuis excentriques vis-à-vis l'une de l'autre, de sorte que leurs surfaces se recoupent mutuellement en plusieurs points. » Cette digression cosmologique a trouvé place dans un Ouvrage que sa tendance agressive dirigeait contre les hypothèses exégétiques du franciscain Nicolas de Lyra, savant littérateur qui, à plusieurs égards, passe pour précurseur de Luther, s'il en faut croire le

dicton latin : *Si Lyra non lyrasset, Lutherus non saltasset*. Un certain Matthias Thoring ou Doring (mieux sans doute Doornik ou Tornik), frère franciscain comme Lyra, commença en 1440 cette campagne contre l'archevêque espagnol, dans un pamphlet intitulé *Correctorium corruptoris Burgensis*. Dans cet écrit, il attaque en particulier la bizarre hypothèse du globe fluide, et il la combat par des arguments très-serrés, observant par exemple que, « si l'on admettait, avec l'archevêque espagnol, un parcil déplacement du centre de gravité de cette sphère aqueuse, les éléments de l'air et du feu auraient dû nécessairement aussi éprouver un déplacement de leur centre, et, par conséquent, l'univers entier serait tombé dans la confusion. Il en serait de même du déplacement supposé du centre de gravité de l'eau, dont la nature serait entièrement altérée ou plutôt complètement anéantie, puisqu'elle ne graviterait plus vers le centre de la Terre, et que, surtout, sa nature humide et froide aurait disparu. » Nous voilà donc encore en présence du vieux dogme.

Ceci nous amène à le constater encore chez un professeur de Padoue de la seconde moitié du xv^e siècle : il s'agit de François Capuanus de Manfredonie. On doit à ce savant un grand nombre d'éditions, enrichies de Commentaires, de l'OEuvre fondamentale et erronée de Sacro Bosco. Au Chapitre du docteur anglais, intitulé *Quelle est la forme du monde?* il ajoute : « Chacun des trois éléments environne la Terre de toutes parts ; une certaine sécheresse de la terre résiste cependant à l'humidité de l'eau pour sauvegarder l'existence des animaux. »

Un passage du Commentaire renferme une critique de la doctrine de Sacro Bosco, qui attribuait à l'élément de l'eau une forme régulièrement sphérique. Le centre de la Terre occupe le milieu du rayon de la sphère du monde. Quant à la surface de l'eau, elle ne peut avoir la forme sphérique, parce que la Géométrie nous apprend que deux sphères concentriques ne peuvent se couper, tandis que l'on sait par l'observation que les éléments solides et fluides se recoupent mutuellement. Il en résulte, dit-il, que l'eau ne peut affecter la forme sphérique.

Nous verrons encore, dans la suite, que la polémique de Dante s'est exercée dans deux directions, contre l'hypothèse de l'excentricité et contre le fantôme d'un renflement constitué uniquement

par l'Océan. Les deux paragraphes qui suivent dans le *Mémoire de M. Günther* sont consacrés à l'examen de ces deux théories, dont la première paraît devoir occuper, au point de vue scientifique, une place importante. Les noms de deux hommes célèbres se rattachent à cet ordre d'idées : l'un d'eux a été un adversaire, l'autre un ardent défenseur d'une doctrine qui se rapprochait beaucoup de la première, sans être absolument identique avec elle.

Le premier de ces deux philosophes est le célèbre Nicolas Copernic, de Thorn. Il examine, dans son *Ouvrage sur les révolutions des corps célestes*, comment la Terre, conjointement avec les eaux, ne forme qu'un seul globe. Ici Copernic dirige une vive attaque contre les péripatéticiens, qui, par une abusive application d'un fait d'expérience, que l'eau est dix fois plus légère que la terre, veulent qu'il existe une beaucoup plus forte proportion de la première que de la seconde et que, par suite, le centre géométrique de l'ensemble occupe une position différente de celle du centre de gravité. Cependant une simple notion de Géométrie leur aurait fait reconnaître l'inanité de cette illusion, car, en l'admettant, ils oubliaient que les sphères varient comme le cube de leurs diamètres et que, en regardant comme exact ce rapport entre la matière plus lourde et la matière fluide, l'hémisphère ne pouvait avoir la grandeur réellement trouvée. En outre, il ne peut y avoir aucun rapport entre les deux centres, bien qu'il puisse se produire un perpétuel et impétueux courant marin et une irruption de l'Océan dans les continents. Mais des renseignements géographiques bien établis ne confirment pas cette explication : « Il est avéré qu'entre la mer Égyptienne et le golfe Arabe (mer Rouge), il est resté à peine quinze stades de largeur, presque au milieu de la Terre entière. » Cependant la surface continue de l'Océan est divisée de tous côtés par des îles, observation indiquée par les découvertes des Portugais, plus spécialement par l'existence de l'Amérique, pays que son étendue doit faire assimiler à un continent. Aussi la Terre n'est-elle ni un disque, ni un hémisphère, ni un cylindre, comme le croyaient les anciens philosophes grecs, mais bien une sphère réelle et complètement pleine, en considérant ensemble la terre et les eaux. « Et de tout cela, certes, je crois pouvoir conclure, à l'évidence, que la terre et l'eau ne possèdent qu'un centre de gravité, et que la grandeur de la terre est

seule à considérer. Bien qu'elle soit la plus lourde, elle se remplit d'eau si plusieurs de ses parties viennent à s'entr'ouvrir. C'est pourquoi l'eau est assez rare, en comparaison de la terre, bien que, par sa situation à la surface, elle semble plus abondante. »

Le philosophe Patritius a pris un point de départ essentiellement différent. Il considère, suivant Harms, quatre autres éléments : l'espace, qui embrasse tout ; la lumière, qui remplit tout ; le fluor, qui produit toutes les choses variables, et la chaleur, qui accompagne la lumière, façonne et anime tous les corps.

Il est étrange de le voir déclarer que les géographes, les astronomes et les philosophes enseignent que l'eau et la terre forment un seul et même globe. Patritius conteste d'abord que l'eau, abandonnée à elle-même, puisse prendre la forme sphérique. Il cherche à en donner des raisons spécieuses. Pour lui, la surface de l'eau est toujours plane, et il s'efforce de développer les arguments et les expériences qui doivent réfuter la théorie de la sphéricité de la terre et des mers.

Patritius s'est inspiré des théories du philosophe Zoroastre, et, lorsqu'il a discuté la situation de la Terre dans l'espace, il a admis que la terre se trouvait au centre de l'univers et que l'eau affectait une surface concave. Il a ainsi été amené à conclure à l'existence de trois centres au milieu de la Terre.

L'examen des assertions de Patritius forme dans cette monographie le sujet d'un long paragraphe, dans lequel M. Günther a fait ressortir les origines de ces théories singulières.

Nous avons acquis la conviction que la forme la plus scientifique de ce système erroné, contre lequel Dante avait dirigé ses attaques, conserva jusqu'au milieu du xvi^e siècle une certaine vitalité ; mais l'hypothèse, incomparablement plus fantastique, d'un relèvement de la mer pour former un bourrelet au-dessus de l'ancien niveau, résista plus longtemps qu'on ne saurait le croire, et ce n'est pas moins que l'auteur de la découverte de l'Amérique qui devait encore appuyer de l'autorité de sa voix l'existence de cette hypothèse.

Pour démontrer que l'on atteindrait assez rapidement la limite orientale de l'Asie par l'occident, Christophe Colomb s'appuyait sans doute sur le jugement d'anciens cosmographes et sur l'admirable pressentiment de Toscanelli ; mais il croyait aussi aux vagues

témoignages prophétiques des Pères de l'Église et d'autres écrivains ecclésiastiques. Les fictions moitié religieuses, moitié physiques, d'une île d'Antiglia, d'une montagne centrale nommée *Aryn*, située à l'extrême orient, mais que l'on pouvait supposer aussi à l'occident, exerçaient une grande influence sur le cercle de ses idées. A propos de la représentation du dogme de l'Aryn ou coupole du monde, Santarem considère comme témoignages les plus affirmatifs l'Ouvrage astronomique d'Aboul Hassan de Marok, un passage d'Aboul Feda et une lettre de Christophe Colomb à la reine Isabelle. Au même ordre d'idées se rattache, comme nous l'avons déjà remarqué, un certain doute sur la simple sphéricité de la Terre, et, en effet, dans les OEuvres de Pierre Alphonse (dernières années du XII^e siècle) on trouve un dialogue entre Moïse et Pierre l'Ancien, dans lequel, l'un d'eux demandant à l'autre de lui expliquer l'existence de la ville d'Aryn, celui-ci répond par l'objection suivante : « Lorsque tu me dis qu'Aryn est située au milieu de la Terre, tu sembles vouloir dire que la Terre a une forme plane; cependant la distinction établie au début entre l'orient et l'occident prouvait la sphéricité de la Terre. »

Si incroyable que cela doive paraître, il est certain que le navigateur avait encore à l'esprit une deuxième idée erronée. Il considérait comme autorité sérieuse le livre apocryphe d'Esra, moins par vénération pieuse que parce qu'il trouvait dans ce livre un témoignage en faveur de l'hypothèse qu'il défendait avec tant d'ardeur : le renflement de l'Océan dont il est question dans les histoires de la création. Voici, d'ailleurs, à quoi se réduisent les insignifiants commentaires géographiques des écrivains de la Bible, entre autres d'Esra, sur la doctrine d'un bourrelet local formé par les eaux. Alexandre de Humboldt nous donne le renseignement suivant, fourni par l'orientaliste Rosenmüller, qui se rapporte à la théorie adoptée par Colomb et qu'il fait suivre de ces réflexions : « Les Hébreux ne possédaient et leurs anciens livres ne renferment aucune donnée numérique sur l'étendue relative des continents et des mers; les commentaires chaldéens et les écrits talmudiques ne fournissent même aucune réponse à cette question; mais les Juifs ont adopté la division de la surface terrestre en sept climats, et un passage de la *Genèse* (I, 9) enseigne que les eaux ont été rassemblées dans un lieu unique, ce qui expliquerait pourquoi le Talmud

a supposé que ce lieu de rassemblement devait être une des sept zones. »

Une récapitulation des idées que se représentait l'amiral espagnol nous permet de reconnaître qu'il se considérait comme devant être naturellement conduit à deux découvertes : celle de nouvelles régions du globe terrestre, et celle d'un renflement formé en réalité par les eaux, s'élevant au milieu des mers. Mais celui qui poursuit avec ardeur un but déterminé donne étourdissement dans les conjectures et finit par leur attribuer une existence réelle, et, pour peu que le succès réponde à son attente, si la connaissance des conditions fondamentales est toute superficielle, l'imagination lui donne arbitrairement force de loi. Christophe Colomb ne fit pas autrement. Lorsqu'en effet, à son premier voyage (1492), il reconnut que la position du compas ne pouvait s'accorder avec celle du lieu où il croyait se trouver lui-même, il n'hésita point à admettre que ce n'était pas l'aiguille aimantée, mais bien l'étoile polaire qui avait dû s'écarter de sa route.

Cette interprétation, plus que téméraire, était sans doute plutôt adressée à l'équipage qu'à la propre conviction de Christophe Colomb ; mais elle démontre que l'on ne craignait nullement de faire violence à la nature.

C'est dans ce sens que de Humboldt a dit ceci : « Sur la partie équatoriale de l'Atlantique se réunissent, dans la capricieuse imagination de Christophe Colomb, des vues plus chimériques sur le changement du climat, la configuration anormale de la sphère terrestre et les mouvements extraordinaires des corps célestes. » En résumé, cet homme fantastique avait le cœur et l'esprit suffisamment prédisposés à ériger en fait deux découvertes qu'il attendait, et elles lui arrivèrent inopinément.

Lorsque, pour la première fois en 1498, il atteignit l'Amérique du Sud, à son troisième voyage, il observa avec attention d'immenses courants qui, en pleine mer, s'opposaient à sa marche et accusaient une faible proportion de sel. Évidemment, cette apparence ne s'accordait pas beaucoup avec la sphéricité traditionnelle de la Terre, contre laquelle on avait élevé déjà des doutes nombreux. Sous l'impression de cette importante observation, il écrivit au souverain de son pays une lettre mémorable, dans laquelle on trouve entre autres passages le suivant : « La côte de

Paria est située plus près de la voûte du ciel que l'Espagne. La Terre est allongée comme une poire et n'a plus la forme sphérique dans le voisinage de sa tige. » C'est en ces termes que Christophe Colomb parle du delta de l'Orénoque. Pour lui, « il existe dans l'océan Indien, près de l'équateur et à la limite des contrées orientales, une région formant un bourrelet qui se rapproche le plus du ciel ».

On a exprimé l'opinion que la mappemonde d'Andreas Bianco n'est pas restée sans influence sur Christophe Colomb. Santarem, qui en a donné une description détaillée, dit en effet que les quatre fleuves du paradis sortent de l'extrême orient, où se trouve l'Éden. Si l'on admettait cette opinion, on devrait encore plutôt mentionner le planisphère de Jean de Beauveau, dans lequel l'idée, qui plaisait à Christophe Colomb, de comparer la Terre à un fruit apparaît peut-être pour la première fois. Mais nous pouvons douter avec raison qu'un homme, élevé comme lui, non au milieu de savants, mais au milieu de marins, ait trouvé le prétexte de ses voyages dans les riches manuscrits des bibliothèques.

Nous regarderons Christophe Colomb comme un esprit tout à fait original, une imagination fréquemment exaltée, qui ne se représentait pas les choses exactement, et qui, dans les nombreuses circonstances extraordinaires sous lesquelles elle fut contrainte à travailler et à combattre, a trouvé des excuses suffisantes à ses extravagances.

A côté de ces intéressants extraits du Mémoire de M. Günther, il sera utile de donner un résumé des réflexions d'Alexandre de Humboldt sur le même sujet (*voir l'Atlas du Cosmos*) : « D'Anville a dit avec esprit que la plus grande des erreurs dans la Géographie de Ptolémée (la supposition que l'Asie s'étendait vers l'est au delà de 180 degrés de longitude) a conduit les hommes à la plus grande découverte de terres nouvelles.

» Les grandes découvertes de l'hémisphère occidental ne furent point le résultat d'un heureux hasard. Il a été prouvé que c'est en Portugal, à peu près en 1470, trois ans avant d'avoir reçu les conseils de Paolo Toscanelli, de Florence, que Christophe Colomb conçut l'idée de sa première entreprise. Les espérances de ce grand homme se fondèrent alors sur ce qu'il appela des raisons de Cosmographie, sur le peu de distance qu'il y a des côtes occidentales

d'Europe et d'Afrique aux côtes du Cathaï (la Chine) et de Zipangu (le Japon), reconnues pour la première fois par le Vénitien Marco Polo, sur des opinions d'Aristote et de Sénèque, comme sur quelques indices de terres situées vers l'ouest, qu'on avait recueillis à Porto Santo, à Madère et aux îles Açores. Lorsque Christophe Colomb découvrit les Antilles, lui et ses compagnons crurent être arrivés à l'extrémité orientale du continent asiatique : c'est pour quoi elles furent désignées comme faisant partie des Indes occidentales. Leur nom d'*Antilles* est aussi une réminiscence de l'ancienne légende d'Antiglia ou Antilia.

» La découverte du nouveau continent et les travaux entrepris pour étendre la connaissance de sa géographie n'ont pas seulement levé le voile qui depuis des siècles a couvert une vaste partie de la surface du globe; cette découverte et ces travaux ont aussi exercé l'influence la plus marquante sur le perfectionnement des Cartes et des méthodes géographiques en général, comme sur les moyens extraordinaires propres à fixer la position des lieux. En étudiant les progrès de la civilisation, nous voyons partout la sagacité de l'homme s'accroître avec l'étendue du champ qui s'ouvre à ses recherches. »

Léonard de Vinci occupe dans cette question, comme dans toutes les questions analogues, une place isolée. Des études paléontologiques, qu'il paraît avoir suivies avec prédilection dans les Apennins, l'avaient naturellement porté à réfléchir à un pareil sujet. Rejetant avec énergie les absurdes fables qui attribuaient à quelque force mystérieuse l'origine des coquillages et des fossiles, il proclame les changements d'équilibre de la Terre sous l'influence des eaux. Les huitres, les coquilles qui vivent dans le limon des mers nous donnent la preuve de la variation que la Terre a éprouvée pour le centre des éléments. Une partie de la Terre devient plus légère et s'élève toujours, tandis que la partie opposée se rapproche de plus en plus du point central, et ce qui était autrefois le fond des mers est devenu aujourd'hui la cime des montagnes. Ces explications s'accordent très-bien, au moins tant qu'elles restent dans le domaine de la Mécanique, avec les théories adoptées aujourd'hui en Géologie sur l'érosion, le transport et la sédimentation.

Le nom de Léonard doit surtout compter parmi les savants qui ont développé et vulgarisé des théories exactes sur les variations

du rapport des éléments solides et fluides de la Terre autour d'un centre de gravité commun.

Nous arrivons maintenant à une période de progrès. Le xvii^e siècle, auquel les Sciences exactes doivent la constitution rationnelle et fondamentale de leur domaine, s'est exercé en général sur les questions importantes, pour pouvoir s'occuper ensuite des questions secondaires. Deux hommes profondément versés dans la connaissance de la nature ont marqué à cette époque par les intéressantes conceptions relatives à la répartition des mers et des continents. Le premier est le théologien Hottinger, de Zurich, mort en 1667, qui, suivant Zoeckler, publia un Commentaire théologique et philosophique de la Genèse se rapprochant beaucoup de celui que donna l'Espagnol Paulus de Burgos.

Le second de ces philosophes ne fut autre que le grand Newton. Ainsi que nous croyons pouvoir le démontrer, Isaac Newton a dû avoir une notion de la théorie que Dante avait combattue. Au lieu de la discuter davantage, il la choisit, avec le talent de son génie, pour base solide d'un fait dont la confirmation expérimentale devait encore attendre près d'un siècle. Une proposition du troisième Livre des *Principes*, relatif au système du monde, établit que les mouvements des planètes peuvent continuer très-longtemps dans l'espace céleste. Comme preuve, il dit que dans l'atmosphère terrestre, passablement pesante en comparaison du fluide céleste, le mouvement d'une goutte d'eau n'éprouve qu'une résistance extrêmement faible. Mais la densité de la Terre, et par analogie aussi la densité des autres planètes, est notablement supérieure à celle de l'eau, de sorte que la résistance que rencontre le mouvement des planètes dans le fluide éthéré, dont la densité est excessivement faible, peut être considérée comme nulle. On voit que la grande différence entre les densités du globe terrestre et de l'eau indique le point de départ de cette démonstration. On en jugera par l'extrait suivant de l'Ouvrage de Newton :

« Voici comment je crois pouvoir établir que la densité de la Terre est supérieure à celle de l'eau. Si ce fluide constituait le globe entier, toutes les substances plus légères viendraient flotter à sa surface. Par conséquent, si l'eau recouvrait entièrement le globe terrestre, celui-ci, supposé plus léger que l'eau, émergerait en quelque lieu, et toute l'eau, refluant de cet endroit, se réunirait

sur la région opposée. Une comparaison semblable devrait donc s'appliquer à notre Terre, entourée de mers sur la plus grande partie. Si la Terre n'était pas plus pesante que l'eau, elle sortirait des mers et flotterait suivant la proportion de sa densité, tandis que toute l'eau des mers s'accumulerait sur la région opposée. C'est pour la même raison que les taches du Soleil sont plus légères que la matière lumineuse de cet astre, sur laquelle elles flottent. En outre, dans la formation d'une quelconque des planètes par les eaux, toutes les substances plus pesantes gagnaient la partie centrale, pendant que la masse était fluide. Aussi voyons-nous la terre commune peser, à la surface, à peu près deux fois plus que l'eau, et plus bas, dans les puits de mines, on la trouve trois, quatre et même cinq fois plus pesante; il est donc à présumer que la densité à l'intérieur du globe est cinq ou six fois plus grande que si le globe terrestre était entièrement constitué par de l'eau. »

Newton a sans doute pris pour base une figure semblable à celle que nous avons vue pour Capuanus de Manfredonie. Sa théorie peut se résumer ainsi : si la Terre était effectivement plus légère que l'eau, toute l'hypothèse du moyen âge relative à la situation excentrique des sphères de la Terre et de l'eau serait entièrement justifiée. Mais nous savons, au contraire, et de nombreux phénomènes physiques et géographiques nous donnent la preuve qu'il ne peut être question d'une semblable disposition, ce qui détruit l'exactitude de l'hypothèse précédente sur la relation entre les densités de la Terre et de l'eau. Mentionnons, en passant, la remarquable intuition de Newton sur la nature des taches du Soleil, dont l'exactitude, comme l'observe le commentateur Wolfers, a été ainsi confirmée depuis l'immense développement de la spectroscopie.

Certaines réminiscences des théories de Newton se retrouveront dans le siècle suivant.

C'est en 1751 que l'abbé de La Caille publia un premier aperçu des résultats scientifiques de son célèbre voyage au Cap. Le programme étendu de ce voyage comprenait, entre autres questions, la mesure d'un degré du méridien. L'opération fut faite à la latitude moyenne de $33^{\circ}18'$ et donna pour longueur du degré 57 037 toises. Nous savons aujourd'hui que le résultat de La Caille était erroné; une preuve suffisante en a été donnée

par d'autres mesures entreprises au sud de l'équateur, celles de Mac Lear dans le voisinage de cette première base française. Mais le nom de La Caille était une sorte de garantie de complète exactitude, et, au lieu de révoquer en doute un pareil résultat, on crut devoir en tenir compte et en chercher l'explication dans une anomalie de structure du globe terrestre. Klügel a traité ce sujet au point de vue mathématique, et a trouvé que la Terre ferme ne présente pas de courbure régulière et que la partie sud n'offre pas la même configuration. Il s'agit évidemment d'une dissemblance entre les deux hémisphères.

La question fut reprise par d'autres philosophes, et nous pouvons citer un Ouvrage qui renferme des indications très-précieuses, le *Traité des Sciences exactes* de L. Röhl, géomètre du siècle dernier. Un Chapitre de cet Ouvrage se termine par les conclusions suivantes : « On conjecturait depuis très-longtemps qu'il existait vers le pôle sud une grande étendue de terre ferme, et l'on cherchait la confirmation expérimentale et théorique d'une hypothèse à laquelle plusieurs savants ajoutaient foi et donnaient une grande importance. Un corps abandonné à lui-même ne peut rester en repos tant que la direction de la pesanteur ne rencontre pas la ligne qui divise le poids en deux parties égales ; et, lorsqu'on suppose réunis deux hémisphères hétérogènes de grandeurs égales, la sphère ainsi constituée ne peut rester en repos que si les axes de ces deux hémisphères se rencontrent juste sur la résultante des poids, et le centre de gravité se trouve dans le plus lourd, près du plan diamétral. Si maintenant on considère notre planète, on trouve sur l'hémisphère nord plus de contrées connues que sur l'hémisphère sud. La proportion s'élève au moins à trois fois et demie plus de terres du côté nord que du côté sud de la ligne équatoriale. Et comme la terre, les pierres et la plus grande partie des autres substances solides dont le globe terrestre est constitué sont beaucoup plus lourdes que l'eau, il semble que l'équilibre que nous observons d'après son mouvement uniforme autour de l'axe, d'après sa situation vis-à-vis du Soleil et son mouvement autour de cet astre, ne peut se maintenir, si nous ne supposons l'existence de grandes étendues de terres à l'opposé, au pôle sud. »

Toutefois, Röhl avoue plus loin que, si les voyages de Cook n'ont

donné aucune confirmation à cette hypothèse, on pourrait être tenté de ne pas lui attribuer d'importance, parce qu'il pourrait se faire que l'excentricité du centre de gravité du globe, attribuée à l'effet de l'inégale répartition des mers et des continents, s'expliquât aussi par une dislocation interne de la matière ou par toute autre cause naturelle.

On peut remarquer dans l'hypothèse de Röhl deux ordres d'idées distincts : d'abord, la considération d'une irrégularité dans la constitution de l'hémisphère austral ; ensuite, la doctrine newtonienne de l'accumulation polaire des eaux, rendue possible par une légèreté spécifique des continents, hypothèse que pourtant ne confirment ni le raisonnement ni l'expérience.

Il est probable que l'erreur de La Caille n'a pas été sans influence sur les théories géologiques établies par Wrede, car celles-ci reconnaissent pour base principale la dissemblance observée entre les deux hémisphères. Suivant le Commentaire de Muncke, « on doit considérer comme ingénieuse l'hypothèse de Wrede, lorsque ce dernier soulève la question de savoir si l'on peut admettre une excentricité variable du centre de gravité de notre globe. S'il en était ainsi, on constaterait facilement que la masse des eaux pourrait alors occuper une hauteur de plus de 12 000 pieds sur une région du globe que sur un autre point, afin de rétablir l'équilibre par une excentricité proportionnelle, mais non exagérée, du centre de gravité. Mais, si l'on voulait admettre en outre une variation de cette excentricité par un déplacement du centre de gravité d'un point vers un autre opposé, on en déduirait aisément l'explication de ce fait que l'on trouve dans les parties les plus diverses du globe de très-hautes montagnes au milieu desquelles on reconnaît des dépressions occupées autrefois par la mer. »

Il est intéressant de terminer les développements relatifs à l'évolution historique de notre problème par l'examen des idées originales d'un homme célèbre, qui a fait époque dans une autre branche des Sciences et mérite à ce titre de fixer l'attention : nous voulons parler du naturaliste Lamarck.

L'*Hydrogéologie* de Lamarck renferme une suite de recherches dont le sujet est parfaitement indiqué dans le titre même de cet Ouvrage : *Hydrogéologie, ou Recherches sur l'influence qu'ont les eaux sur la surface du globe terrestre, sur les causes de l'exis-*

tence du bassin des mers, de son déplacement et de son transport successifs sur les différents points de la surface de ce globe, enfin sur les changements que les corps vivants exercent sur la nature et sur l'état de cette surface.

Le Chapitre II est consacré à un examen assez détaillé des hypothèses que nous avons rencontrées chez Dante, et il aboutit à cette conclusion : « Tant que les mers auront un bassin particulier, c'est-à-dire ne formeront pas autour du globe une enveloppe générale liquide, le centre de forme de ce globe ne sera jamais exactement le même que son centre de gravité. »

Qu'il en résulte une différence, cela se comprend, mais Lamarck paraît se tromper lorsqu'il la suppose plus considérable et plus importante qu'elle ne l'est en réalité. La base de son système laisse aussi beaucoup à désirer, ainsi que le démontre M. Günther. Lamarck admet, à l'intérieur de la Terre, une masse quartzeuse et même totalement vitreuse, et toutes les substances relativement plus légères occupent la surface du globe. Il en résulte, dit-il, que l'axe du monde ne coïncide pas exactement avec l'axe de symétrie, et, bien qu'il ne se produise pas de variation apparente de la durée de la rotation, cette cause doit néanmoins exercer une influence marquée, susceptible de mesure après une série de périodes géologiques. Observant que les mers couvrent près de la totalité d'un hémisphère comme masse continue, Lamarck adopte, pour répartition relative de la terre et des eaux, la figure schématique dont il a été fréquemment question : une sphère solide avec bourrelet sphéroïdal, couvrant plus d'un hémisphère et représentant l'élément fluide. Lamarck admet que les points de plus grande hauteur moyenne des continents et de plus grande profondeur moyenne des mers se correspondent aux extrémités d'un même diamètre. Mais l'ensemble des mers se trouve lentement entraîné vers l'ouest sous l'influence attractive de la Lune, de sorte que le centre de gravité du globe se transporte lentement vers l'ouest dans le cours des siècles. C'est ainsi que l'on doit entendre la conclusion à laquelle parvient Lamarck : « Et l'on conçoit que le centre déplaçable, qui est nécessairement opposé aux plus grandes profondeurs de l'Océan, aura fait une révolution complète autour du centre de la forme lorsque l'Océan aura achevé sa révolution autour du globe, révolution qu'il paraît avoir faite au moins une fois. »

Il ne semble pas nécessaire d'insister sur le degré de confiance à accorder à une pareille hypothèse. Il est clair que, si Lamarck avait été quelque peu mathématicien, il aurait trouvé, auprès d'illustres géomètres qui habitaient la même capitale, les éclaircissements nécessaires pour savoir si, en admettant leur exactitude, les relations qu'il supposait auraient pu provoquer de profondes révolutions. Deux ans avant la publication de l'*Hydrogéologie*, avaient paru les premiers volumes de l'immortel Ouvrage de Laplace, la *Mécanique céleste*, dont les Livres II^e et V^e renferment tous les renseignements désirables sur les diverses fluctuations auxquelles le centre de gravité de la Terre est et peut être effectivement soumis.

Enfin Bessel a démontré, dans la suite, le peu de probabilité qu'il se produise un changement appréciable dans la situation du globe terrestre.

Nous avons exposé, d'après les philosophes de l'Orient, l'hypothèse de l'accumulation des eaux que doit provoquer le Soleil au pôle terrestre tourné vers cet astre à l'époque du périhélie. Des savants modernes ont également pris cette théorie pour base essentielle de leurs explications de certains phénomènes géologiques. C'est pourquoi Peschel Ruge, après avoir décrit l'hypothèse du bourrelet imaginé par Demitschki, ajoute les réflexions suivantes : « C'est là le plus ancien germe de l'hypothèse connue d'Adhémar, que du reste de Bergh et son ami et compagnon Léopold de Buch avaient adoptée antérieurement à Adhémar. » On retrouvera une grande partie de ces doctrines discutées dans les Ouvrages de Pilar, et notamment dans celui qu'il a publié il y a trois ans, sous le titre de *Contribution à la question des causes des périodes glaciaires*.

La fondation d'une théorie scientifique des glaciers par Venetz, Rendu et Desor, la preuve de l'apparition d'immenses glaciers couvrant la plus grande partie de l'Europe durant les périodes géologiques, ont eu pour résultat de fixer de nouveau l'attention sur ces époques glaciaires. Tandis que de nombreux savants cherchaient à les expliquer par l'influence de courants et même de calmes atmosphériques, un mathématicien français, qui jusqu'alors s'était fait connaître surtout par des travaux de Géométrie descriptive, conçut le projet audacieux d'attribuer et de présenter sous diverses

formes, comme base d'un essai d'explication de l'origine cosmique de ces époques glaciaires, des réflexions sur l'inégale répartition des eaux. Tel est le but des théories d'Adhémar sur les révolutions de la mer et les déluges périodiques (1843). Attaquées et combattues à plusieurs reprises, elles ont trouvé aussi d'enthousiastes partisans, dont quelques-uns, entre autres Julien et Le Hon, n'hésitèrent pas à reprendre, dans des écrits spéciaux, les idées de leur devancier. L'Ouvrage de Julien est intitulé : *Courants et révolutions de l'atmosphère et de la mer, comprenant une théorie nouvelle sur les déluges périodiques* (1860). L'Ouvrage de Le Hon est relatif à la périodicité des déluges (1868).

Comme Pilar croit pouvoir l'affirmer, l'ordre d'idées d'Adhémar reposait principalement sur le célèbre Ouvrage récemment édité par Alexandre de Humboldt et relatif aux isothermes. La Caille avait introduit dans la Science la notion d'une différence entre les deux hémisphères, au point de vue de la quantité de chaleur; de Humboldt a confirmé cette théorie et conclu à une plus grande durée de l'hiver sur l'hémisphère sud. Adhémar a basé sa théorie sur cette différence de saisons. Il a trouvé par un calcul direct que, sur l'hémisphère austral, la nuit comprend, en moyenne, cent soixante-dix heures de plus que le jour, à l'inverse de ce qui se passe, naturellement, sur l'hémisphère boréal. A cette influence correspond une déperdition de chaleur de l'hémisphère austral, par l'effet du rayonnement continu qui se produit vers l'espace céleste pendant la nuit. Il doit en résulter, à la longue, une diminution de la quantité de glace au pôle nord et une augmentation au pôle sud, de sorte que le centre de gravité de la Terre se trouve dévié vers le pôle sud. Ce déplacement doit entraîner aussi une variation de niveau de la mer, suivie d'une formation de glaciers. Le cours de cette variation est intimement lié à celui de la variation séculaire de l'excentricité de l'orbite terrestre et passe conséquemment, à intervalles de temps égaux, par un maximum et par un minimum. Il y a environ dix mille ans, notre hémisphère occupait la place où nous voyons actuellement l'hémisphère sud; il y a treize siècles, ce dernier se trouvait dans sa plus grande phase glaciaire, et, après une période de neuf mille neuf cents ans, notre hémisphère y reviendra à son tour.

Les hypothèses de Lamarek et d'Adhémar présentent des analo-

gies manifestes. Adhémair peut avoir eu connaissance des spéculations de son prédécesseur, et il paraît avoir considéré, à un point de vue cosmique général, la prétendue tendance attribuée à l'eau. Chez le mathématicien comme chez le naturaliste, le centre de gravité décrit une orbite à peu près circulaire autour d'un centre géométrique, dont le déplacement exige naturellement des millions d'années. Mais, si l'on a recours à de telles prémisses en dehors de la Physique cosmique, et qu'on attribue aux constellations une influence mécanique sur l'état de la surface de la Terre, alors on doit parvenir à cette conclusion que l'exclusive considération d'une ligne d'apsides variable dénote chez Adhémair une certaine étroitesse d'idées, car il y aurait tout autant de raison à essayer une foule d'autres rapports d'une nature astronomique. James Croll a eu le mérite de concevoir et de soutenir dans ce sens une généralisation des principes d'Adhémair.

Le Verrier a exposé, en 1843, dans la *Connaissance des Temps*, les résultats numériques d'une recherche qui se lie à un travail antérieur, dû à John Herschel, sur la variation de l'excentricité de l'orbite terrestre. Croll reproduit ces nombres et les commente en ces termes : « Suivant les calculs de Le Verrier, la limite supérieure de l'excentricité de l'orbite terrestre serait de 0,07775, et la limite inférieure 0,003314. L'excentricité est actuellement en décroissance, et elle continuera à décroître durant vingt-trois mille neuf cent quatre-vingts ans, à partir de 1800. » Cette variation séculaire produira sur les climats deux influences distinctes : elle diminuera la durée des saisons d'été, et fera décroître de plus en plus la différence entre les températures moyennes des saisons d'hiver et d'été. Lorsque l'orbite sera très-près d'être circulaire, le cours normal des saisons ne sera pas essentiellement troublé; mais les contrastes deviendront plus sensibles lorsqu'un hémisphère atteindra le périhélie en été et l'aphélie en hiver.

L'hypothèse de Croll n'a pas été seulement accueillie dans son propre pays; elle a eu aussi un grand retentissement, et plusieurs savants distingués lui donnèrent leur approbation. Lyell fut de ce nombre. D'ailleurs, de son côté, Croll ne négligea rien pour appuyer sa théorie de nouvelles confirmations.

Le sujet n'a pas manqué de fixer aussi l'attention des géomètres. Dans un des plus curieux Chapitres de la *Mécanique céleste*,

Laplace a démontré que l'écliptique n'est pas fixe dans l'espace, mais qu'elle oscille de part et d'autre d'un plan invariable. Voici l'interprétation que Croll a attribuée à ce phénomène. Prenant pour point de départ l'obliquité en l'année 1801, il cherche l'influence que sa variation séculaire doit exercer sur le climat des régions polaires et sur le niveau de l'Océan. D'après les calculs de Meech sur l'intensité relative de la lumière et de la chaleur du Soleil à différentes latitudes du globe terrestre, les deux pôles recevraient à peu près autant de chaleur qu'en reçoivent les parallèles de 76 degrés au moment où l'obliquité de l'écliptique atteint son maximum. Croll n'admet pas qu'il s'ensuivrait un changement dans la température moyenne des pôles, parce que le cours du Soleil éprouverait lui-même des variations, en même temps que l'écliptique; mais il suppose que la chaleur estivale augmenterait dans une très-grande proportion. « Ainsi, dit-il, nous pourrions conclure que, lorsque l'obliquité de l'écliptique sera maximum et que le pôle recevra un dix-huitième de plus de chaleur qu'à présent, la température des pôles pourra être de 14 à 15 degrés Fahrenheit (7 à 8 degrés centigrades) supérieure à celle d'aujourd'hui, en admettant, d'ailleurs, que ce supplément de calorique soit employé entièrement à élever la température. »

Croll a exposé ses théories dans plusieurs Mémoires, dont les plus essentiels portent les titres suivants :

Sur la cause physique du changement des climats durant les époques géologiques;

Sur l'excentricité de l'orbite terrestre et ses relations physiques avec la période glaciaire;

Sur la variation de l'obliquité de l'écliptique et son influence sur le climat des régions polaires et sur le niveau de la mer;

Sur la cause physique de la submersion et de l'émersion des continents durant la période glaciaire;

Sur les temps géologiques et la date probable des périodes glaciaire et antémioène.

C'est du premier de ces Ouvrages que nous avons extrait le Commentaire de Croll à l'appui des calculs de Le Verrier.

Le deuxième Mémoire est basé sur un Tableau, dressé par Stone, indiquant les variations de l'excentricité et de la longitude du pé-

rihélie de la Terre à intervalles de dix mille ans (époque, 1800).

Le suivant est relatif à la discussion du même sujet de recherches que le travail de Mecch dont il vient d'être question. Un passage de ce Mémoire de Croll a été cité précisément à l'appui de cette discussion.

Quant aux deux autres Mémoires de Croll, il en sera parlé dans un instant.

Pilar s'appuie sur ce fait que les continents se terminent en pointe sur l'hémisphère sud, phénomène que déjà Bacon de Verulam et Forster ne regardaient pas comme accidentel. Il en chercha la cause possible et étudia soigneusement le caractère géographique de cet hémisphère, ainsi que les réflexions d'Adhémar sur la répartition de la terre et des eaux. Cette hypothèse explique et confirme l'accumulation de puissants glaciers, principalement sur l'hémisphère sud. Si l'on compare celui-ci avec la zone glaciale arctique, ou le Groënland, les terres polaires antarctiques devraient toujours être couvertes d'un manteau de glace incomparablement plus épais. Tandis que Croll évalue à 10 000 pieds anglais (3 kilomètres) l'élévation verticale du prétendu glacier qui s'étend régulièrement au nord du Groënland, il croit que la couche uniforme du pôle sud doit atteindre 12 milles anglais (près de 20 kilomètres). Cependant ne doit-il pas arriver, et Pilar lui-même fait cette objection, que plusieurs influences secondaires, qui résultent nécessairement de la disposition des éléments solides et des éléments fluides, ou en particulier de la situation des continents, peuvent contrarier le cours de ces actions primicosmiques? Mais il croit pouvoir démontrer le contraire en ce qui concerne la région des calmes. Cette région sépare les deux domaines de la circulation atmosphérique, et ces derniers sont dissemblables, car la superficie de celui du sud dépasse d'un septième au moins celle du nord, et tout cela s'accorde avec l'idée que nous nous faisons de l'énergie des moussons et des alizés sur l'hémisphère sud, en raison de la plus grande différence de température. Cette différence, ainsi que la plus forte condensation qu'elle provoque dans les vapeurs venues du nord, pourrait bien aussi témoigner en faveur de l'hypothèse de masses de glace extraordinairement puissantes. Mais il est probable qu'une grande partie de cet excès de chaleur doit se perdre sous l'influence du rayonnement prépondérant.

Quant à la mesure approximative de l'épaisseur de la couche de glace, l'auteur évalue à 55 myriamètres cubes, quantité relativement faible, la contribution annuelle de neige ajoutée à la masse déjà existante, et il en déduit les dimensions de la calotte sphérique.

On entrevoit facilement les conséquences que doit entraîner cette hypothèse. Le concours de ces actions cosmiques les plus diverses a déterminé sur le pôle sud l'accumulation de glaciers dont nous venons d'indiquer l'étendue et la disposition. L'attraction directe de la Lune sur ce corps déplace le centre de gravité de la Terre et entraîne en même temps la masse des eaux. Pilar mentionne le changement d'aspect qui s'opère à la surface de la planète Mars et conclut ses intéressantes recherches en établissant, entre les théories d'Adhémar et de Croll, une concordance au moyen de laquelle il espère constituer une base solide pour la démonstration des périodes glaciaires historiques et préhistoriques.

H.-J. Klein a jugé le caractère mathématique de la base adoptée par Le Verrier, Stone et Stockwell dans l'exposé de leurs hypothèses. « Tous ces résultats », dit-il, « sont une pure illusion, parce qu'ils reposent uniquement sur le calcul et que les grandeurs évaluées par l'observation (masse des planètes, etc.) ne possèdent pas le degré d'exactitude suffisant, alors qu'il est tout à fait nécessaire dès que l'on doit faire intervenir des périodes d'une longueur si insolite. Mais il y a mieux encore. Dans les recherches dont il s'agit, l'espace universel est considéré comme absolument vide. Cette hypothèse restrictive n'est pas exacte; la seule chose possible est que l'espace céleste soit rempli par un fluide d'une extrême ténuité. Si alors il est permis de négliger les effets qui peuvent en résulter dans le cours de quelques milliers d'années, il est complètement inadmissible de le faire dès que l'on a à considérer des périodes où les années se chiffrent par plusieurs millions. »

Le paragraphe suivant est relatif à une discussion approfondie des résultats numériques de la théorie de Pilar. On suppose l'existence de deux paraboloides, ayant même axe que la Terre, et formant aux deux pôles les immenses glaciers dont les masses produisent une résultante dont le centre de gravité est nécessairement à une certaine distance du centre de la sphère terrestre. Mais il ne

semble pas que cette recherche doive conduire à des résultats concluants.

Lorsque Peschel assure que l'ancienne hypothèse de l'attraction des Arabes Kazouini et Demitschki renferme le principe de la doctrine d'Adhémar, il nous semble que la différence de la disposition d'ensemble doit être peu à considérer dans l'un et l'autre cas.

Le travail dont nous étudions ici la substance se termine par un exposé des idées émises, il y a quelques années, par Schmick. Le premier Mémoire de ce géomètre date de l'année 1869. Il est intitulé : *Le changement des mers et les époques glaciaires des hémisphères terrestres*. Schmick s'appuie sur l'excentricité de l'orbite terrestre, qui paraît également jouer le rôle le plus important dans les théories d'Adhémar et de Croll. L'auteur s'efforce de prouver que le pôle austral est actuellement le plus favorisé et que la période entre deux positions semblables, dans le cours de l'ondulation d'un point déterminé de chaque hémisphère, comprend un intervalle de dix mille ans.

On doit encore à Schmick d'autres Mémoires qui ont été publiés à partir de 1871, et qui portent pour titres :

Faits et observations relatifs à la confirmation de la nouvelle théorie d'un changement des mers, par suite de l'attraction du Soleil et d'une succession de périodes glaciaires égales pour les deux hémisphères terrestres ;

La nouvelle théorie des oscillations séculaires périodiques du niveau de la mer, etc. ;

Le phénomène des marées et sa connexion avec les oscillations séculaires du niveau de la mer ;

La dépression de la mer Caspienne et du lac d'Aral, et sa constatation comme preuve à l'appui d'oscillations séculaires du niveau de la mer ;

Et enfin diverses Notices en réponse aux travaux de MM. Pfaff et W. Veltmann, à la suite de la discussion engagée entre ces savants.

Fr. Pfaff doit être cité comme premier antagoniste de la doctrine de Schmick. Il se base, en particulier, sur ce que les soulèvements des continents, que tous les géologues modernes s'accordent à regarder comme distincts et que Schmick est disposé à

considérer comme chimériques, peuvent même servir de réfutation de la théorie des compensations. Cette réfutation repose essentiellement sur un fait que Pfaff présente sous la forme suivante : « Nous savons, et la nécessité physique de ce fait a été reconnue depuis longtemps, que les phases de marées se produisent simultanément aux extrémités d'un même diamètre. »

Moldenhauer a formulé aussi des objections que nous n'examinerons pas, parce qu'elles appartiennent essentiellement à l'histoire naturelle. Nous reviendrons alors à la controverse élevée en ces derniers temps entre Pilar et Schmick, dont les traits fondamentaux se trouvent déjà par anticipation dans un écrit de Schielling, intitulé : *Les courants perpétuels et constants de l'atmosphère et de l'Océan* (1875).

Pilar se propose, avant tout, de réfuter l'hypothèse de Schmick, suivant laquelle les masses d'eau accumulées au pôle sud, opposé au pôle nord, peuvent affecter le centre de gravité du globe d'une variation, non pas simplement momentanée et faible, mais chronique, durable et sérieuse. Pilar, aussi bien que Schmick dans sa réponse, semble ne pas regarder comme facteur digne d'intervenir le mouvement quotidien de l'axe de la Terre. Tandis que la seule forme d'équilibre stable d'une masse liquide en repos ne peut être qu'une sphère, il existe, pour un corps animé d'un mouvement de rotation, plusieurs autres formes d'équilibre, dont on trouverait l'énumération dans un travail dû à Matthiessen.

Se plaçant à un point de vue plus théorique, le géomètre Veltmann a contesté l'exactitude de la théorie de Schmick. Il reconnaît que Peschel a opéré ses calculs en mathématicien amateur, et il indique avec beaucoup de sens le point saillant de toute la controverse. Il s'agit en effet de savoir si, par suite du changement de place des eaux, la surface des mers est et peut être une surface de niveau dans l'acception ordinaire de la Mécanique analytique.

Quelques données relatives à la controverse entre Schmick, Veltmann, Brenner et Niessl terminent ce troisième Mémoire, qui aurait mérité, comme on le voit, un examen plus détaillé. Il résume assez complètement, du reste, l'état actuel de nos connaissances sur ce sujet de discussion. Laissant de côté les hypothèses imparfaites des anciens et les systèmes erronés du moyen âge, nous avons vu que la doctrine dominante était, à peu d'exceptions,

celle d'une situation excentrique de la terre et des eaux. Tour à tour rejetée par Copernic et par Dante, soutenue en partie par Franz, Patritius, elle devint chez Newton le germe d'une idée grandiose et nouvelle. Mais bientôt elle disparut pour faire place, dans la seconde moitié du dernier siècle, à une idée essentiellement différente, qui, n'invoquant plus un rapport statique, fit intervenir le cours ininterrompu des variations cosmiques et se montra sous la forme successivement perfectionnée des hypothèses de Wrede, de Lamarck, d'Adhémar, de Croll et de Schmick.

Il nous paraît impossible qu'une de ces théories suffise à tout éclaircir et renferme la clef de tous les phénomènes naturels. Suivant une judicieuse réflexion de Goethe, l'accord universel des savants est impossible à obtenir et n'est même pas souhaitable, car une multitude de sentiers conduisent au but dans la nature. Mais, à côté d'autres hypothèses, il en est une qui trouvera toujours une place marquée. C'est la doctrine dont nous venons d'esquisser l'évolution historique : le déplacement séculaire du centre de gravité de la Terre sous l'influence de l'inégale répartition de la masse des eaux.

H. B.

GÜNTHER (S.). — GRUNDLEHREN DER MATHEMATISCHEN GEOGRAPHIE UND ELEMENTAREN ASTRONOMIE ZUM GEBRAUCHE IN HÖHEREN MITTELSCHULKLASSEN UND BEI AKADEMISCHEN VORTRAGEN. — 1 vol. in-8° de 127 p. Munchen, 1878.

Le nouveau Volume de M. S. Günther, dont je viens de transcrire le titre, a été composé au point de vue exclusivement classique et destiné à être mis dans les mains des élèves les plus avancés des Écoles moyennes, si nombreuses en Allemagne. Sans doute des livres analogues existaient déjà; mais, dans ces dernières années, les méthodes d'enseignement ont été si profondément modifiées, que les meilleurs de ces Traités ne répondaient plus qu'imparfaitement aux programmes des Cours et des examens qui en sont la sanction; telles sont, dit le savant professeur du Gymnase d'Ansbach, les raisons qui l'ont décidé à exposer de nouveau les principes de la Géographie et de l'Astronomie mathématique.

L'étude de la forme et des mouvements de la Terre est, en effet,

Bull. des Sciences mathém., 2^e Serie, t. III. (Mars 1879.)

le but principal de l'Ouvrage que nous analysons ici, et plus de la moitié du Volume lui est consacrée.

L'Ouvrage de M. Günther est divisé en douze Chapitres.

Le premier traite du mouvement diurne apparent des étoiles, tel qu'il se montre à un observateur situé sur la Terre, et de la vérification des lois de ce mouvement à l'aide du gnomon, de l'armille des astronomes alexandrins, de la dioptre de Héron, dont le principe est le même que celui de notre théodolite, du cercle mural, du sextant ; une courte description fait connaître chacun de ces instruments et suffit à montrer l'usage que les astronomes en peuvent faire.

Le deuxième Chapitre a pour but la description du mouvement apparent du Soleil, de la Lune et des planètes, qui se distinguent des étoiles par leur mouvement propre rapide. M. Günther définit l'équinoxe, les solstices, et montre comment leur position peut être déterminée ; il traite enfin brièvement de l'orbite de notre satellite, dont le mouvement dans le ciel est si rapide.

Ces divers mouvements apparents étant déterminés, le savant professeur d'Ansbach consacre le Chapitre III à la définition des trois principaux systèmes de coordonnées célestes ; il indique les relations géométriques et trigonométriques qu'ils ont entre eux, et en déduit la solution mathématique des divers problèmes relatifs à la durée du jour et de la nuit. Pour traiter complètement ces questions, il suffit d'avoir recours aux formules fondamentales de la Trigonométrie sphérique.

Le Chapitre IV est consacré à l'étude de la forme de la Terre. M. Günther déduit de l'élévation croissante de la polaire, lorsqu'on marche vers le nord, la preuve que la Terre est une surface convexe dans la direction du méridien ; le fait qu'une même étoile se lève d'autant plus tôt que l'observateur est plus situé vers l'est lui sert à prouver que la même convexité existe dans une direction perpendiculaire au méridien, et, comme elle est la même que dans le sens nord-sud, il en conclut que la Terre est sphérique. La sphéricité et l'isolement de la Terre dans l'espace étant ainsi démontrés, la fin du Chapitre est consacrée à quelques notions sur les dimensions de notre sphéroïde et à l'analyse succincte des travaux des anciens astronomes sur ce sujet.

Le cinquième Chapitre a pour but l'exposition des méthodes qui

sont employées pour la détermination de la position géographique d'un point. Pour les latitudes, M. Günther donne la méthode des culminations de la polaire, la méthode de la culmination d'une étoile de déclinaison connue, la méthode de la hauteur dans le premier vertical, la méthode de Böhm, la méthode de Douwes, et enfin la méthode de Rümker. La question des latitudes est donc traitée d'une manière très-complète. La détermination des longitudes est exposée avec un soin au moins égal; après avoir fait connaître les principales méthodes propres à donner l'heure locale, l'auteur indique les procédés propres à donner la longitude en mer, soit par l'observation des éclipses des satellites de Jupiter, soit par l'observation des distances lunaires et les formules de Werner et Dunthorne.

Ce paragraphe se termine enfin par l'exposé des procédés de la mesure des altitudes par les méthodes trigonométriques, par le baromètre ou par la détermination de la température de l'ébullition de l'eau.

Le Chapitre V renferme donc l'exposé élémentaire de l'ensemble des connaissances astronomiques nécessaires au voyageur désireux de lever, avec quelque précision, la carte du pays qu'il explore.

Le Chapitre VI est tout entier relatif à la détermination des parallaxes diurnes ou annuelles des étoiles ou des planètes, et à la mesure de la distance de la Terre au Soleil par les méthodes d'Aristarque et de Halley.

Les deux Chapitres suivants, VII et VIII, traitent de l'Astronomie théorique, c'est-à-dire de l'explication géométrique des apparences du mouvement des étoiles, du Soleil, de la Lune et des planètes. L'ordre suivi est l'ordre historique. M. Günther débute par un exposé du système astronomique, imaginé par Eudoxe et adopté par Aristote, des sphères homocentriques; il montre ensuite comment les observations d'Hipparque sur le mouvement du Soleil en ont fait reconnaître l'insuffisance et comment ce dernier a été conduit à l'hypothèse des cercles excentriques parcourus d'un mouvement angulaire uniforme. Cette hypothèse, admissible pour le Soleil, fut bientôt reconnue ne pouvoir rendre un compte assez exact des inégalités du mouvement de la Lune, et Ptolémée dut adopter l'hypothèse des épicycles, qui a été admise jusqu'à Copernic. L'auteur entre ensuite dans d'intéressants détails sur le sys-

tème de Copernic et sur les travaux de Kepler et de Galilée, qui l'ont enfin fait admettre de tous les astronomes, en montrant que l'hypothèse du mouvement des planètes autour du Soleil fixe rend un compte facile des moindres particularités du mouvement de ces corps, et en particulier de leurs phases, que l'invention des lunettes venait de faire découvrir. En terminant, M. Günther énumère les preuves expérimentales, déviation dans la chute des corps, expériences de Foucault, parallaxe des étoiles, aberration de la lumière, etc., que nous pouvons aujourd'hui donner du double mouvement de la Terre sur elle-même et, par analogie, du mouvement des planètes autour du Soleil.

Le Chapitre IX est relatif à la cause du mouvement des corps célestes et à l'exposé des lois de l'attraction. La découverte de Newton y est exposée au point de vue historique et au point de vue de ses conséquences mathématiques pour l'explication de la forme vraie de la Terre et pour la démonstration des lois empiriques de Kepler.

Dans le Chapitre X, M. Günther traite brièvement de l'Astronomie physique et de la description des étoiles, des nébuleuses et des planètes.

Le Chapitre XI est consacré au calendrier.

Le Volume se termine enfin par quelques pages relatives à la représentation plane de la surface de la Terre.

L'ensemble des matières traitées dans le Volume de M. Günther ne diffère pas essentiellement de celles qui sont en général exposées dans les Traités de cet ordre; mais l'enchaînement des faits est plus rigoureux, les déductions mieux suivies, et l'auteur marche toujours d'un pas sûr vers le but qu'il s'est proposé. Grâce à sa profonde érudition, le savant professeur a d'ailleurs pu donner un historique complet des diverses questions relatives à la forme et au mouvement de la Terre. Le Volume de M. Günther sera donc lu avec intérêt par tous ceux qui s'intéressent à l'enseignement de l'Astronomie élémentaire et aussi par les géographes ou les voyageurs désireux de se rendre un compte exact des procédés de la Géographie ancienne ou moderne.

G. R.
