

ESSAI

SUR

L'OROGÉNIE DE LA TERRE

par

FEDERICO SACCO

Professeur à l'Université de Turin



TURIN

C. CLAUSEN

Libraire de l'Académie des Sciences

1895

Dott. FEDERICO SACCO

Prof. di Paleontologia e libero docente di Geologia nella R. Università di Torino

Opere in deposito presso la Libreria Loescher di C. Clausen — Torino.

1889-90 - IL BACINO TERZIARIO E QUATERNARIO DEL PIEMONTE

Parte I. — **Bibliografia.** — Contiene un elenco di oltre 600 opere.

Parte II. — **Geologia pura.** — È divisa nei seguenti capitoli: Cerchia pre-terziaria, Snessoniano e Parisiano, Ligniriano, Formazioni ofiolitiche del Liguriano, Bartoniano, Sestiano, Tongriano, Stampiano, Aquitaniano, Langhiano, Elveziano, Tortoniano, Messiniano, Piacenziano, Astiano, Fossaniano, Villafranchiano, Sahariano (*Diluvium*, Terreno morenico), Terraziano (Alluvioni recenti), Paleontologia.

Ciascun capitolo è a sua volta suddiviso nei seguenti paragrafi:

Studi anteriori, Generalità, Caratteri paleontologici, Distribuzione geografica, Tettonica, Potenza, Altimetria, Rapporto coi terreni sotto e soprastanti, Località fossilifere, Descrizione geologica regionale, Riassunto.

Parte III. — **Catalogo paleontologico** — È un elenco sistematico di circa 5500 forme terziarie coll'indicazione del loro piano geologico. Tale Catalogo è diviso in tre parti: Paleocenologia, Paleofitologia e Paleozologia.

Parte IV. — **Geologia applicata.** — In rapporto colla Orografia, coll'Idrografia, (sia superfic. che sotterr.), coll'Agricoltura, coll'Industria, coll'Igiene, ecc.

Al lavoro sono annesse: 1° **Carta geologica del Bacino terziario del Piemonte** (scala di 1: 100000, dimensioni centim. 100 × 120, 16 colori, legata su tela, entro astuccio); — 2° **Carta geologica del Bacino quaternario del Piemonte** (scala di 1: 500000); — 3° **Carta geologica applicata** (scala di 1: 500.000); — 4° 19 Carte geologiche (1886-1888), in grande scala, delle più interessanti regioni del Bacino del Piemonte, cioè: ad 1: 50000, Spigno Monferrato, Voltaggio N., Ovada N., Ceva S. e Garesio N., Cairo Montenotte O.; ad 1: 25000, Serravalle Scrivia, Gavi, Villalvernia e Garbagnana O., Anfiteatro morenico di Rivoli (centim. 110 × 100), Acqui, Capriata d'Orba, Fossano, Nizza Monferrato e Sezzè O., Mombercelli e Canelli N, Canale e Monteu Roero E., Calamandrana, Costigliole d'Asti, I Colli torinesi (centim. 110 × 100), Cherasco e Cervere.

Il Volume, di 940 pag., (leg. in tela) colle 3 prime carte geol.: in 4° L. 40, in 8° L. 30
Le 19 carte geol. in grande scala L. 30; ciascuno (eccetto le 2 gr.) L. 1.50 - 2,50
La sola Carta geologica del Bacino terziario (leg. in tela, entro astuccio) L. 10

L'APPENNINO SETTENTRIONALE

Studio geologico fatto sul tipo del precedente e diviso nei seg. Capitoli: **Arcaico** (Huroniano); **Primario** (Permo-Carbonifero); **Secondario** (Trias (*Vosgiano, Keuperiano*), Infralias, Lias, Giurese, Infracretaceo, Cretaceo, *Formazioni ofiolitiche*); **Terziario** (Suessoniano, Parisiano/*Liguriano, Etrurico*), Bartoniano, Sestiano, Tongriano, Stampiano, Aquitaniano, Langhiano, Elveziano, Tortoniano, Messiniano, Piacenziano, Astiano, Villafranchiano); **Quaternario** (Sahariano (*Diluvium, Morenico*), Terraziano); **Quadro riassuntivo**; **Bibliografia.**

- 1891. Parte I — L'Appennino settentrionale (parte centrale) (2 tav.) L. 5 —
» (Carta geol. a 1/100000 (2ª ed. 1893) » 5 —
 - 1892. Parte II — L'Appennino dell'Emilia. » 5 —
» « (Carta geol. a 1/100000) » 6 —
 - 1893. Appendice Iª. » 1 —
 - 1894. Lo sviluppo glaciale nell'Appenn. settentr. (1 tav.) » 1 50
- Parte III — (*In preparazione.*)

LA VALLE PADANA.

Studio geologico, specialmente dei terreni quaternari, diviso in diversi Capitoli o Parti, cioè:

1887. Parte I - L'Anfiteatro morenico di Rivoli (carta geol. a 1/100000) L.	3 —
1888. Parte II - Il cono di deiezione della Stura di Lanzo (1 carta geol. 1/100000)	» 3 —
1888. Parte III - I terreni terziari e quaternari del Biellese (1 carta geol. 1/100000)	» 4 —
1890. Il Bacino quaternario del Piemonte (1 carta geol.)	» 5 —
1892. Parte IV - L'Anfiteatro morenico del Lago Maggiore (1 carta geol. a 1/100000)	» 3 —
1893. Parte V - Gli anfiteatri morenici del lago di Como (1 carta geol. a 1/100000)	» 3 —
1894. Parte VI - L'apparato morenico del lago d'Iseo (1 carta geol. 1/100000)	» 2 —
Parte VII - (<i>In preparazione</i>)	

I MOLLUSCHI

dei terreni Terziarii del Piemonte e della Liguria (*)

Opera iniziata nel 1872 dal Prof. Luigi Bellardi che ne pubblicò le 5 prime parti; ora trovasi a questo punto:

1889. Parte VI. — Volutidae, Marginellidae e Columbellidae (140 fig.)	L. 10
1890. Parte VII. — Harpidae e Cassidae — (120 fig.)	» 12
1890. Parte VIII. — Galeodoliidae, Doliidae, Ficulidae e Naticidae — (217 fig.)	» 12
1891. Parte IX. — Naticidae (fine), Scalaridae ed Aclidae (257 fig.)	» 12
1891. Parte X. — Terebridae, Pusionellidae, Cassidae (agg.) — (171 fig.)	» 10
1892. Parte XI. — Eulimidae e Pyramidellidae (320 fig.)	» 12
1892. Parte XII. — Pyramidellidae (fine), Ringiculidae, Solaridae, Scalaridae (agg.) — (296 fig.)	» 12
1893. Parte XIII. Fasc. 1° — Conidae (46 fig.)	» 10
Fasc. 2° — Conidae (contin. e fine) e Conorbidae (460 fig.)	» 20
1893. Parte XIV. — Strombidae, Terebellidae, Chenopidae ed Halidae (106 fig.)	» 8
1894. Parte XV. — Cypraeidae ed Amphiperasidae (250 fig.)	» 12
1894. Parte XVI. — Cancellariidae (368 fig.)	» 12
1895 Parte XVII. — Cerithiidae, Triforidae, Certhiopsidae e Diastomidae (370 fig.)	» 12
1895 Parte XVIII. — Melaniidae, Littorinidae, Fossaridae, Rissoidae, Hydrobiidae, Paludinidae e Valvatidae (<i>in stampa.</i>)	

In preparazione la fine dei **Gasteropodi**.

(*) Di ogni Parte venne pubblicata successivamente una succinta nota preventiva. L. .0,30—1.

GEOLOGIA

1884. L'alta Valle Padana durante l'epoca delle Terrazze (1 cart. geol.) L.	3 —
1885. Nuove caverne ossif. e non ossif. nelle Alpi Maritt. (3 tav.) »	5 —
1885. Sull'origine delle Vallate e dei Laghi alpini, ecc. (1 cart. geol.) »	3 —
1885. Sopra alcuni fenomeni stratigrafici dei terreni pliocenici (1 tav.) »	2 —
1885. Massima elevazione del Pliocene al piede delle Alpi (1 cart. g.) »	2 50
1885. Studio geo-palent. del Territorio di Bene Vagienna (1 cart. g.) »	4 —
1885. Des phénomènes altimét. observés dans l'intérieur des continents.»	1 —
1885. Il Terrazzamento dei littorali e delle vallate (1 tav.) . . . »	2 50
1885. Con M. Baretti — Il Margozzolo (2 carte geol. e 3 tav.) . . . »	8 —
1886. La Valle della Stura di Cuneo dal ponte d'Olla a Bra ecc. (1 tav.) »	4 —
1886. Massima elevaz. dell'Eocene nelle Alpi occid. ital. (1 cart. g.) »	1 50
1887. Sulla costit. geol. altip. Fossano, Salmour e Banale (1 cart. g.) »	4 —
1886. Il piano <i>Messiniano</i> nel Piemonte. Parte I. »	1 25
1886. » » » » II. (1 tav.) »	2 50
1886. Il <i>Villafranchiano</i> al piede delle Alpi (1 tav.) »	2 —
1886. I Bacini torbiferi di Trana e di Avigliana (1 carta geol.) . . . »	2 50
1886. Le <i>Fossanien</i> : nouvel étage du Pliocène d'Italie »	1 —
1888. I terreni quaternari della collina di Torino (1 carta geol.). »	6 —
1887. Le tremblement de terre du 23 février 1887 »	0 60
1887. Studio geologico dei dintorni di Voltaggio (1 carta geol.). . . »	2 50
1887. On the Origin of the Great Alpine Lakes »	1 —
1887. Studio geologico dei dintorni di Guarene d'Alba (1 carta geol.) »	3 —
1887. Il passaggio tra il <i>Liguriano</i> ed il <i>Tongriano</i> (1 carta geol.) »	3 —
1887. Classification des terrains tert. conforme à leur facies (1 tav.) »	3 —
1887. Sur l'origine du <i>Loess</i> en Piémont »	1 50
1888. Studio geol. delle colline di Cherasco e della Morra. (1 cart. g.) »	3 —
1888. Il Pliocene entroalpino di Valsesia (1 carta geol.). »	3 —
1888. Les terrains tertiaires de la Suisse. »	2 50
1888. I colli braidesi (1 carta geol.). »	3 —
1888. Le <i>Ligurien</i> »	1 50
1889. Un coin intéressant du Tertiaire d'Italie (1 carta geol.) . . . »	2 50
1889. I Colli monregalesi (1 carta geol.). »	3 —
1889. Il seno terziario di Moncalvo (1 carta geol.). »	3 —
1889. Les conglomérats du <i>Flysch</i> (2 tav.). »	2 50
1889. La conca terziaria di Varzi-S. Sebastiano Curone (1 carta geol.) »	3 —
1889. La caverna ossifera del Bandito in Val di Gesso (1 tav.). »	0 60
1890. Sur la position stratigraphique des charbons fossiles du Piémont.»	1 —
1891. L'Age des formations ophiolitiques récentes »	1 50
1891. L'origine del sottosuolo di Torino (1 fig.) »	0 50
1892. Le zone terz. di Vernasca e Vigoleno nel Piacentino (1 cart. g.) »	2 —
1892. Le Trias dans l'Appennin de l'Emilie (1 fig.). »	0 50
1893. Relaz. di escurs. geol. eseg. il 31 Luglio 1893 attr. Colli torin. »	0 50
1894. Classif. terr. tert. (Compte Rendu VI Congrès géol. internat.)	

OROGENIA

1890. La géotectonique de la Haute Italie septentrionale(1 carta geol.) »	2 —
1895. Les rapports géo-tect. entre les Alpes et les Appennins (1 tav.) »	1 50
1895. Essai sur Orogénie de la Terre (1 tav.) »	3 —
1895. Schema orogenetico dell'Europa (1 tav.). »	1 —

GEOLOGIA APPLICATA

1889. Sopra due tracciati per linea ferr. Torino-Chieri-Piovà-Casale L.	0 60
1889. Sopra un progetto di Serbatoio in Valle Usseglio . . . »	0 60
1890. Geologia applicata del Bacino terz. e quat. del Piemonte (1 cart. g.) »	3 —
1890. Sopra un Prog. di deriv. d'acqua dal Torr. Giandone (1 cart. g.) »	2 —
1893. Il fenom. di fran. verific. in Piemonte nella Primavera del 1892 »	0 50
1895. Sopra un Prog. di deriv. d'acqua potab. dalla R. Priglia (Savigliano) »	0 60

PALEONTOLOGIA

1884. Nuove specie di Moll. lacustri e terrestri del Piemonte (1 tav.) »	2 50
1885. Fauna macologica delle Alluvioni plioc. del Piemonte (2 tav.) »	8 —
1886. Intorno ad impronte organ. dei terr. terz. del Piemonte (1 tav.) »	2 —
1886. Nuove specie terz. di Moll. terr. ecc. del Piemonte (2 tav.) »	8 —
1886. Studio geo-paleont. sul Lias dell'alta Valle della Stura di Cuneo »	1 —
1886. Sopra una nuova specie di <i>Discohelix</i> Dunker (1 tav.) . . »	0 80
1886. Sur quelques restes foss. de Poissons du Plioc. du Piem. (con fig.) »	1 20
1886. Rivista della Fauna malac. foss. terr. lac. e salm. del Piemonte »	2 50
1888. Aggiunte alla Fauna malac. estramar. foss. di Piem. e Lig. (2 tav.) »	8 —
1888. Sopra alcuni <i>Potamides</i> del Bac. terz. del Piemonte (4 tav.) »	3 —
1888. Note di Paleocologia italiana (2 tav.) »	8 —
1889. I Cheloni astiani del Piemonte (2 tav.) »	8 —
1889-90. Catalogo paleontologico del Bacino terziario del Piemonte. »	10 —
1890. Sopra una Mandibola di <i>Balaenoptera</i> dell'Astigiana (1 tav.) »	1 50
1891. Sopra un cranio di <i>Tursiops Cortesii</i> var <i>astensis</i> (1 tav.) »	1 —
1892. Il Delfino pliocenico di Camerano Casasco (2 tav.) . . »	4 —
1893. Contrib. à la conaiss. paléont. des argil. écailleuses (2 tav.) »	2 —
1893. Le genre <i>Bathysiphon</i> à l'état fossile (con fig.) . . . »	0 50
1893. Sopra alcuni Asteroidei fossili (1 tav.) »	1 —
1893. Sur quelques <i>Tinoporinae</i> du Miocène de Turin (con fig.) »	0 50
1894. Le variazioni dei Molluschi (1 tav.) »	1 —
1894. Trionici di Monte Bolca (1 tav.) »	1 —
1894. I Coccodrilli del Monte Bolca (1 tav.) »	3 —
1895. Trionici di Monte Viale (1 tav.) »	1 —
1895. Le Rhinocéros de Dusino (4 tav.)	

ZOOLOGIA

1885. Sulla presenza dello <i>Spelerpes fuscus</i> (Bonap.) in Piemonte. »	0 40
--	------

BIBLIOGRAFIA.

1894. con C. F. Parona e F. Virgilio — Bibliografia geolog. del Piemonte (oltre a 1100 citaz. geol., paleont., paleoetn., petrogr., miner. ecc.) »	2 —
---	-----

BIOGRAFIA

1889. Luigi Bellardi (Biografia di) — (con ritratto) L.	0 90
1889. Louis Bellardi (Biographie de) (con ritratto) »	0 90

SUR

L'OROGÉNIE DE LA TERRE

par

FEDERICO SACCO

Professeur à l'Université de Turin



TURIN

C. CLAUSEN

Libraire de l'Académie des Sciences

1895

Parmi les différents problèmes qui intéressent l'esprit humain ce n'est certainement pas un des moins importants celui qui a pour but la connaissance des causes et des lois qui règlent la formation de la surface de la Terre: du mécanisme au moyen duquel la croûte terrestre a acquis sa configuration actuelle: enfin de l'évolution que la surface terrestre a subi à travers les différentes époques géologiques.

Laissant de côté les élucubrations métaphysiques faites à ce propos par des philosophes et des naturalistes dans les temps anciens et dans les derniers siècles, nous rappellerons seulement que, dans la première moitié de ce siècle, il se manifesta un réveil puissant dans ces recherches, principalement par les travaux de Ure, De la Bèche, Virlet, Ladame, Hopkins, Hoffmann, Quitzmann, Jaeger, Petzhold, Herschel, Egen, Marquis de Roys, Noeggerath, Hennessy, Rozet, Mackenzie, C. Prévost, Kapp, Mather, Rogers, etc.

James Hall, dans son Mémoire, lu en 1812 et publié en 1815, « *On the Convulsions of strata at their junction with Granite* » fut un des premiers à attribuer le ridement de l'écorce terrestre aux pressions latérales. Peu après Elie de Beaumont, dans les Annales des Sciences naturelles du 1829, émit aussi l'idée que le refroidissement du globe suffit à produire les lignes de relief sans recourir aux poussées verticales, alors généralement adoptées pour expliquer les soulèvements de la croûte terrestre.

L'année 1844 a été particulièrement importante pour ces études, puisqu'on publia alors trois ouvrages très intéressants qui, sous des points de vue divers, cherchent de résoudre le problème de la configuration de la surface terrestre. C'est en effet dans cette année que Boué, dans son « *Mémoire à l'appui d'un essai de la carte géologique du globe terrestre* » commença à appliquer l'Orographie à la Géologie, en faisant remarquer la symétrie que paraissent présenter les continents, c'est-à-dire en comparant l'Amérique Nord-Sud avec l'Europe-Afrique et avec l'Asie-Australie, comparaison qui fut et est encore acceptée par plusieurs et qui fut même parfois présentée, dans ces dernières années, comme une idée nouvelle.

A la même époque Bouchepon publiait ses « *Études sur l'Histoire de la Terre* » avec une Carte des anciens équateurs indiquant 14 grands cercles sur la surface terrestre.

Mais l'étude plus étendue et plus approfondi fut celle de Pissis dans son « *Mémoire sur les rapports qui existent entre la figure des continents et les directions des Chaînes des Montagnes* »; dans cet ouvrage M. Pissis expose la théorie que les lignes qui limitent les continents sont représentées dans leurs directions par 15 grands cercles qui partent de quatre intersections communes, lesquelles correspondent soit aux extrémités des continents, soit à de grandes dépressions du sol; savoir, il y aurait, sur la surface terrestre, 15 systèmes de direction et 4 centres d'intersection (Gibilterre, Sud de l'Indostan, Sud de l'Afrique, et entre le Groënland et l'Islande).

Quelques années après, dans 1852, Elie De Beaumont publiait ses « *Notices sur les systèmes des Montagnes* »; dans cet ouvrage il développa sa fameuse théorie du *réseau ou système pentagonale* selon lequel, par de simples lois de symétrie et de direction rectiligne, se seraient formés les reliefs terrestres dans de différents moments géologiques successifs.

R. Owen, de Indiana, dans son étude du 1857 « *Key of the Geology of the Globe* » énonce la théorie que les lignes principales des continents se trouvent dans la direction de grands cercles de la sphère, lesquels cercles seraient en général, tangents au cercle arctique ou antarctique.

Cependant ces théories géométriques, quoique grandioses et séduisantes, ce qui les fit tout d'abord accepter avec enthousiasme, furent peu à peu, avec l'avancement des connaissances géologiques et géographiques, reconnues comme peu correspondantes aux faits et par conséquent abandonnées.

Pourtant dans 1873 Green, traitant des « *Vestiges of the molten Globe* » émit encore la théorie du *Système tétraédrique*, sur laquelle se serait modelée l'orographie terrestre, cherchant d'expliquer avec cette théorie plusieurs homologies géographiques, la torsion et correspondante cassure méditerranéenne, etc.; cette théorie est encore bien accueillie aujourd'hui par plusieurs savants.

Dernièrement encore Machpherson dans son étude du 1888 sur la « *Relación entre la forma de las depresiones oceánicas y las dislocaciones geológicas* » admet une descente de la croûte terrestre vers la partie intérieure du globe, avec des fractures et des effondrements, conforme à des lois géométriques, suivant spécialement deux directions rectangulaires entre elles.

Dans ces derniers trente ans les études géologiques entrèrent dans un champ nouveau de recherches sérieuses, positives, sur la tectonique de la croûte terrestre, faisant connaître le grand développement et l'importance des déformations mécaniques, des poussées latérales, des plis,

des déplacements, des cassures, des joints, des failles, des déversements et recouvrements des plis, etc. Il en naquit ainsi une nouvelle doctrine orogénique, initiée par Pratt, Shaler, O. Fischer, Whitney, J. Le Conte, etc., mais spécialement en Europe par Suess dans 1875 avec son « *Entstehung der Alpen* », et appuyée bientôt par Heim dans 1878 avec son « *Mechanismus der Gebirgsbildung* ». Heim chercha même d'évaluer l'intensité des déplacements latéraux effectués et de déterminer la diminution subie par le rayon terrestre en mesurant la longueur développée des couches plissées. Ces calculs ont été faits aussi par Briart, De Lapparent et Potier, etc., mais avec des résultats assez différents.

Il y eut après cela et se continue encore parmi les géologues de toutes les parties du monde une ardente fièvre générale de recherches et d'études locales en suivant la voie tracée par cette nouvelle doctrine orogénique dans laquelle on admet largement, et je dirais comme base essentielle, les actions horizontales de refoulement.

Dans ces dernières années M^r Suess, se valant des recherches anciennes et récentes et cherchant de coordonner l'immense matériel des études accumulées dans un si grand nombre d'années et par tant de savants, essaya, dans son ouvrage magistral « *Das Antlitz der Erde* » qui se publie en diverses parties à commencer de 1883, d'expliquer à grandes lignes l'orographie d'une grande partie de l'écorce terrestre, d'en retracer l'histoire et d'en expliquer l'origine.

Dans cet ouvrage sont spécialement importantes les études sur l'Eurasie qui est indiquée comme une région résultante d'une série d'ondes ou de plissements (*calédoniens, varischiens, armoricains et alpins*) qui se seraient avancés successivement du Nord au Sud. On y présente et on y développe la théorie des *Horst* ou Môles, savoir, de zones de croûte terrestre, presque des piliers fixes, qui seraient restés en place, depuis des temps très anciens, tandis que tout autour le reste se serait effondré. On y donne beaucoup d'importance et de développement aux cassures et aux effondrements linéaires, ou chutes verticales, plus ou moins amples de la croûte terrestre, admettant des véritables champs de fractures déterminées par des mouvements verticaux, qui sont indiqués par conséquent parmi les facteurs principaux du relief terrestre, limitant par contre la distribution des ridements à des zones relativement étroites. L'on compare les régions des Antilles à celle de la Méditerranée supposant une ancienne liaison entre elles, de même qu'entre l'Europe et l'Amérique septentrionale. On fait la distinction entre l'Océan Pacifique, indiqué comme un ancien bassin, et les Océans Indien et Atlantique, indiqués comme des bassins qui se seraient formés plus récemment par des gigantesques affaissements des masses continentales. L'on y traite ensuite des transgressions, des dislocations et l'on admet de grands mouvements eustatiques, ou mouvements généraux de la surface de la mer, expliqués

soit par la sédimentation continue, soit par des affaissements rapides de vastes régions continentales, et l'on conclut que n'existent pas des preuves de déplacements relatifs de l'écorce terrestre pendant les époques historiques.

L'ouvrage de M^r Suess marque certainement un pas important vers la connaissance de l'orotectonique de la surface terrestre et justifie parfaitement l'accueil qui lui a été fait dans le monde scientifique; les idées de M^r Suess furent bientôt embrassées par plusieurs géologues qui tâchèrent de les appliquer et, en diverses manières, de les populariser.

Ainsi M^r Neumayr en 1885 tentant de reconstituer « *Die geographische Verbreitung der Juraformation* » marque le continent de l'Amérique du Nord et du Groënland presque lié, dans l'époque jurassique, avec le continent de l'Europe septentrionale; il admet le continent brésilien complètement uni, à cette époque, avec le continent africain de manière que la mer Atlantique aurait été réduite à une mer méditerranéenne centrale reliant l'Océan Pacifique avec la Méditerranée actuelle; il indique aussi un grand continent Indo-madagascarien occupant une grande partie de l'Océan indien actuel; il admet un continent immense sino-australasique s'étendant depuis la Chine jusqu'à la nouvelle Zelande, etc.

L'année après, c'est-à-dire dans 1886, le même Neumayr avec son « *Erdgeschichte* » chercha de populariser les études de l'école de Suess et de les résumer en un corps de doctrine: il y développa amplement la théorie des cassures avec affaissement, les idées sur les homologues géographiques, sur la mutabilité du niveau marin plus grande que celle des continents, etc.

Peu après Marcel Bertrand dans deux ouvrages principaux, en 1887 sur « *La Chaîne des Alpes et la formation du Continent européen* », et en 1888 « *Sur la distribution géographique des roches éruptives en Europe* », développa avec l'ordinaire génialité française, et appliqua à des phénomènes divers, les théories de Suess; il proposa une nouvelle zone, *arctique*, au Nord de la zone *calédonienne*; réunit les zones *varischiennes* et *armoricaines* en une seule, la zone *hercynienne*; admit l'ancienne réunion de l'Europe septentrionale à l'Amérique septentrionale jusqu'à l'époque miocène; émit encore l'idée qu'à chaque zone de plissement soit liée la venue d'une série de roches éruptives et que toutes les zones successives de plissement aient donné lieu à la formation de roches de toutes les compositions et de toutes les structures.

Plus tard le même Bertrand émettait une nouvelle théorie générale sur le mode de formation de l'orotectonique de la croûte terrestre; savoir, dans son Mémoire du 1892 « *Sur la déformation de l'Ecorce terrestre* » il dit que les courbes de ridement se poursuivent tout autour de la Terre et qu'elles forment une série de lignes ondulées grossièrement parallèles à l'équateur; de plus il énonce la règle générale que la

Terre se déforme progressivement en se ridant suivant un réseau de courbes orthogonales, les premières circumpolaires, les secondes convergeant vers les régions polaires: par conséquent ces lignes de plissement formeraient dans leur ensemble un double réseau orthogonal de parallèles et de méridiens. Ce serait ce double réseau de lignes orthogonales qui formerait les lignes directrices de la déformation du globe et de la construction graduelle de nos continents.

Cette théorie de M^r Bertrand, que nous pouvons indiquer comme théorie du *réseau de lignes orthogonales de déformation*, développée ultérieurement par l'auteur dans différents mémoires successifs récents (p. ex. *Les lignes directrices de la Géologie de la France*, 1894, etc.), ne me semble pas acceptable comme théorie générale, car l'on rencontre trop de faits contradictoires, spécialement si nous cherchons de l'appliquer à des régions extraeurasiennes; c'est-à-dire, qu'elle est une nouvelle théorie géométrique qui ne peut guère s'adapter aux irrégularités des phénomènes qui produisent l'orographie générale de la terre.

Malgré les contradictions partielles émises par quelques auteurs à quelqu'une des théories énoncées par Suess et par ses partisans, l'on peut dire cependant que désormais cette école est la plus largement suivie aujourd'hui et que les idées susénoncées sont en grande partie acceptées dans la science géologique actuelle.

En 1890, traitant de « *La géo-tectonique de la Haute Italie occidentale* » j'eus déjà occasion de me déclarer, pour ce qui se rapporte à l'origine de la grande vallée padane, contraire à la trop grande extension donnée par l'école géologique de Suess à la théorie des effondrements ou des chutes verticales.

Récemment dans un ouvrage sur « *Le rapport géo-tectonique entre les Alpes et les Appennins* » je tâchai de démontrer le développement des zones alpines et appenniniques dans la région méditerranéenne centrale par des idées un peu différentes de celles admises généralement.

Dans la suite, cherchant d'étendre les considérations orotectoniques en dehors de la région circumméditerranéenne j'ai été porté peu à peu et tout naturellement à concevoir une idée générale et très simple sur le procès de développement graduel et de constitution de l'orographie terrestre. Quoique le défaut ou l'insuffisance de connaissances géologiques, géotectoniques, bathymétriques et jusqu'à géographiques sur des régions nombreuses et étendues du globe, ne permettent certainement pas, pour le moment, d'établir partout avec certitude les lignes orogéniques et orotectoniques de l'écorce terrestre, j'ai pensé cependant pouvoir présenter dès aujourd'hui sommairement cette théorie orogénique au jugement des savants avec l'espoir qu'elle puisse être prise en considération, tout en admettant, pour le premier, que, quand même cette idée serait juste et acceptée dans ses lignes générales, des recherches

ultérieures géologiques, bathymetriques, etc. devront y introduire des changements plus ou moins importants.

La théorie orogénique dont je viens de parler peut synthétiquement s'énoncer de la manière suivante.

Par suite de la concentration graduelle, mais pas absolument égale partout, du globe terrestre, il se serait constitué, pendant l'ère primaire, sur la partie superficielle de la croûte terrestre, dans les régions qui entourent l'actuelle aire de l'Océan Pacifique et à elle opposées, plusieurs zones spéciales de ridement et de soulèvement relatif, zones qui ensuite se consolidèrent graduellement et restèrent par conséquent presque fixes, constituant les premières régions continentales, les squelettes, dirai-je, des continents futurs. Dans la suite, se continuant la concentration du globe terrestre, et par conséquent le ridement de la surface terrestre, les zones contournant ces Massifs de première consolidation et les régions interposées à ces Massifs (régions qui constituaient alors généralement de bassins marins), se trouvant comprimées entre ces masses rigides, furent forcées peu à peu de se constituer en plis plus ou moins étendus (souvent accompagnés naturellement par des cassures et suivi par des phénomènes volcaniques), plis qui, s'étendant graduellement, s'accroissant et se multipliant, amplifièrent très notablement les aires continentales, constituèrent des chaînes élevées de montagnes et envahirent amplement les grandes zones restées jusqu'alors océaniques. Ce phénomène doit se continuer encore aujourd'hui et se continuera dans un avenir encore éloigné jusqu'à ce que l'énergie du globe terrestre ne soit épuisée.

Avant de passer au développement sommaire de la théorie que je viens d'exposer il est nécessaire d'avancer quelques considérations générales qui lui servent d'appui et d'éclaircissement.

Étant admise la fluidité ignée primitive de la planète terrestre il paraît logique d'accepter aussi son refroidissement graduel, spécialement à la surface, la très lente contraction de son noyau igné intérieur, et par conséquent la réduction progressive du diamètre terrestre, l'emprisonnement de la chaleur interne du globe terrestre au moyen du revêtement rocheux superficiel, mauvais conducteur.

Naturellement la croûte superficielle après s'être consolidée, continuant à être sujette à l'action générale de contraction du globe, dut se restreindre en surface et, n'étant pas contractile ni guère élastique, elle fut et est obligée de se plisser; voilà la cause principale de tous les phénomènes orogénétiques produits spécialement par de puissantes actions horizontales de refoulement, etc., compliquées avec plusieurs autres phénomènes concomitants et conséquents.

Les plissements très accentués que présentent non seulement les zones de ridement récent, mais encore les formations archaïques des

massifs de consolidation ancienne, prouvent que depuis les temps primaires jusqu'à nos jours s'est accomplie une réduction énorme dans le volume du globe terrestre.

Les phénomènes orogéniques présentèrent, dans le découlement des époques géologiques, des moments de plus grande intensité, ou de paroxysme orogénétique, et des moments d'affaiblissement ou de calme relatif.

En général l'on peut admettre la concordance, l'unité d'ensemble, des grands systèmes de plissement par rapport même à la période où ils s'accroissaient ou ils restaient presque stationnaires; savoir, que les phénomènes orogénétiques principaux, ces pulsations, dirai-je, de l'écorce terrestre, furent assez rythmiques et presque isochrones pour toute la surface du globe, au moins en général.

Il s'ensuit que les divisions stratigraphiques principales, établies par les géologues sur des régions anciennement marines et qui ont été sujettes aux phénomènes orogénétiques typiques et principaux, étant en grande partie fondées sur des changements de facies sédimentaire et par conséquent de facies biologique, doivent avoir une valeur assez générale, faisant naturellement exception des divisions basées sur des phénomènes de nature locale ou spéciale. Il en résulte que ces régions spéciales qui, pendant une longue série de périodes géologiques, constituèrent des bassins marins en rapport avec les phénomènes orogénétiques principaux, plus ou moins rythmiques, qui moulèrent la surface terrestre (comme par exemple la grande région archaïque de l'Amérique du Nord, les régions paléozoïques de l'Angleterre, de la Russie septentrionale et des Alleghany, la région mésozoïque du Jura franco-suisse, le Bassin tertiaire du Piémont, etc.) doivent être considérés comme des régulateurs précieux des pulsations, c'est-à-dire des mouvements orogénétiques rythmiques successifs de la croûte terrestre (Voir pour l'explication graphique de ce mécanisme de sédimentation régulière mon Mémoire sur *La Classification des terrains tertiaires conforme à leurs facies* — 1887).

Le facies et la nature (marneuse, argilleuse, sablonneuse caillouteuse, etc.) des terrains sédimentaires est bien souvent en rapport direct avec les phénomènes orogéniques, et par conséquent l'examen de ces caractères lithologiques est très important pour connaître et préciser l'époque, l'intensité et la durée des phénomènes orogénétiques.

Les zones de plissement ou ondes orogéniques s'amoncelèrent généralement contre les régions de première consolidation avec un développement plus grand vers une certaine direction (voir l'Amérique septentrionale, l'Eurasie, etc.); ce phénomène doit être interprété, non pas dans le sens d'une propagation centrifuge, mais dans celui que les ondes de ridement, à mesure qu'elles se formaient contre une région rigide, se consolidant, devenaient à leur tour des zones compactes, contre lesquelles

venaient se constituer d' autres ondes orogéniques plus jeunes. Souvent les zones de plissement se constituèrent d' une manière assez régulière entre deux régions de Massifs anciens (p. ex. la zone atlantique longitudinale).

Les ondes orogéniques, selon les circonstances où elles se vérifient, parfois s' amoncellent contre un Massif ancien et alors se relèvent, s' accentuent, s' additionnent, dirais-je, dans certaines zones, y produisant peu à peu une région constituée d' une seule très haute chaîne montueuse ou de plusieurs chaînes subparallèles rapprochées (p. ex. Alpes, Himalaya, Cordillères des Andes, Montagnes Rocheuses, etc.); ou bien se trouvent libres dans leurs développement et alors elles se repandent, mais dans le même temps naturellement elles s' abattent, se subdivisent, se débloquent, se dédoublent et se courbent vers la région de moindre résistance, de manière à constituer des zones plus ou moins arquées et peu élevées (p. e. Antilles, Archipels de l'Asie orientale et de l' Australasie, du Shetland du Sud, de Behring, etc.); ou bien ces zones orogéniques se développent en ligne presque droite, quand elles sont également libres de tous les côtés, s' affaiblissant toutefois graduellement et s' abaissant peu à peu (p. ex. la Polésie).

Une fois initiées dans une zone donnée, les rides orogéniques continuent à s' accentuer dans la même zone et dans la même direction à travers plusieurs époques géologiques, s' étendant et s' élevant jusqu' au moment de leur consolidation.

Les ondes orogéniques, spécialement celles qui se forment autour ou contre des Massifs anciens, ont, généralement, un côté plus escarpé que l' autre.

Contemporainement à la formation des rides positives ou reliefs, se constituent naturellement dans les environs, et en général parallèlement à ces rides, des plis négatifs ou dépressions. Par conséquent les grandes chaînes montueuses longent presque toujours les dépressions océaniques plus profondes, parce que généralement les premières sont des rides positives relativement récentes peu érodées et les secondes sont des rides négatives récentes que les sédiments n' ont pas encore remplies. Mais avec le progrès des phénomènes orogéniques souvent les régions de dépression viennent aussi à être comprises dans un complexe de plissements positifs généraux et émergent (p. e. Vallée padane, Bassins de l'Asie centrale, de l'Amérique du Sud, etc.).

Le squelette des régions continentales actuelles et les grandes régions océaniques considérées en général sont d' âge relativement ancien; les premières, ébauchées dès l' ère primaire, s' accomplirent graduellement par des ridements successifs; les secondes étaient originellement beaucoup plus étendues qu' elles ne le sont présentement et se retrécirent peu à peu continuellement en s' approfondissant (d' une manière relative) partiellement en certaines régions.

Par conséquent je trouve peu acceptables, comme théories générales, les théories des effondrements, des chutes verticales, de l'abîmement de régions, d'abord émergées, à constituer ensuite des régions océaniques, etc.; comme également je ne pense pas avoir beaucoup d'importance les différentes analogies géographiques indiquées par plusieurs auteurs.

Les lacunes et les transgressions stratigraphiques locales sont souvent dues directement à des phénomènes orogéniques positifs ou négatifs locaux; mais celles plus grandioses et plus importantes qui ont été reconnues comme assez générales et simultanées (comme p. ex. la transgression crétacée) ne sont pas, pour la plupart, attribuables à des abaissements réels des continents sur lesquels ils se vérifient, ou bien à des grandioses et rapides effondrements sous le niveau marin de régions continentales étendues (comme il fut proposé et accepté par quelques auteurs), mais au contraire sont attribuables, je pense, à des phénomènes orogéniques de plissement, même dans des régions éloignées de celles où existe la transgression. Et cela parce que la formation un peu rapide ou l'accentuation de zones de plissement étendues, qui serrent les aires océaniques et en soulèvent le fond pour des régions très vastes, doivent avoir produit naturellement en certains moments géologiques des phénomènes grandioses, eustatiques, spécialement un soulèvement notable générale du niveau marin.

Les volcans et les tremblements de terre peuvent en général se considérer comme des phénomènes qui accompagnent la formation de nouvelles rides ou l'accentuation des rides déjà constituées.

En effet les volcans ne représentent pas autre chose que des lacérations ou lignes de fracture de l'écorce terrestre à cause desquelles le magma igné intérieur peut sortir; mais ces lignes de fissures correspondent justement aux zones de la croûte terrestre qui furent sujettes à des mouvements plus prononcés, à des étirements plus puissants qui prirent place justement dans les zones de plissement; zones qui devinrent pour cela naturellement des lignes de moindre résistance et conséquemment de plus facile lacération.

Conséquemment les chaînes volcaniques coïncident avec les grandes lignes de dislocation délimitant souvent de brusques dépressions; les alignements volcaniques se rencontrent généralement sur le côté plus incliné des rides de l'écorce terrestre, savoir, justement là où les mouvements orogéniques, les étirements, sont plus prononcés, et par conséquent les lacérations sont plus faciles et plus fréquentes à se produire.

Le fait que, quelque part du globe où se produisent les plissements et les déchirements conséquents, là se rencontrent aussi des phénomènes volcaniques, nous fait supposer que sous la croûte terrestre, d'une épaisseur variée selon les régions (probablement plus épaissie sous les régions des Massifs anciens que sous celles en voie de ridement), existe une

mappe ignée presque continue, de constitution chimique un peu variée selon les points, passant très graduellement en haut aux zones cristallines plus profondes de la croûte terrestre.

Les tremblements de terre accompagnent généralement les phénomènes volcaniques, mais souvent ils se vérifient même sans ceux-ci; il sont presque toujours des phénomènes concomitants avec la formation, l'accentuation ou avec le tassement des rides orogéniques. En effet, les tremblements de terre prennent place principalement dans les régions qui sont en voie de plissement et représentent des ruptures d'équilibre, des dislocations causées par les pressions latérales agissant sur l'écorce solide soumise à des énormes efforts de tension et de refoulement.

Le phénomène grandiose des formations corallines, n'est point en rapport avec un phénomène général d'affaissement selon la théorie exposée par Darwin, confirmée par Dana et qui fut généralement reçue; au contraire, selon les études d'Agassiz, de Murray et celles encore plus récentes de Geikie, Irvin, Rein, Guppy, Bourne, Heilprin, Semper, Dutton, Lukes-Browne, Lister, Ortmann, etc. il résulte que ce phénomène organique est simplement en rapport (outre qu'avec les conditions bien connues de température, de nutrition, etc.) avec la présence de reliefs marins s'élevant au moins à cinquante mètres environ sous le niveau marin, quelle que soit leur nature, leur origine et les mouvements auxquels ils puissent être assujettis; la formation et le développement des récifs coralligènes sont indépendants des phénomènes dynamiques, ce sont des phénomènes purement organiques. L'on a remarqué que bien souvent les régions coralligènes sont en voie de soulèvement; que des terrains coralligènes de formation assez récente se trouvent maintenant à 80 mètres et plus sur le niveau marin; Stutchbury signala même dans les Monts de Taïti des bancs de coraux microfossilisés à environ 2000 mètres sur le niveau marin.

Or, parmi les reliefs sousmarins sur qui des récifs coralligènes peuvent se constituer, les plus favorables sont les reliefs volcaniques, soit parce qu'ils s'élèvent rapidement à forme de cône, même des dépressions océaniques assez profondes, soit à cause de leur matériel qui, étant de nature peu consistante, vient aisément érodé par l'action des vagues destructives de manière que les cônes volcaniques, même s'ils émergeaient originellement, viennent souvent en peu de temps transformés en bancs sousmarins peu profonds, présentant par conséquent les conditions les plus favorables au développement des coraux.

L'on a remarqué plus haut que les chaînes volcaniques coïncident généralement avec les grandes lignes de dislocation et de ridement de l'écorce terrestre; les lignes volcaniques marquant même souvent des rides en voie d'exhaussement, peuvent être considérées comme des appareils non seulement concomitants, mais même parfois précurseurs de

ridements positifs. Par conséquent les alignements coralligènes correspondent probablement en général aux zones de plissements récents et de fissurement de la croûte terrestre. Conséquemment les Océans, spécialement l'Océan Pacifique qui, selon la théorie de Darwin représenteraient la place de vastes continents submergés lentement en une époque géologique peu ancienne et encore en voie d'effondrement graduel, devraient au contraire être considérés comme des régions de vaste et intense action orogénique, un peu épanchée, dirai-je, en grande part positive, qui fera émerger d'abord une série d'îles et plus tard des chaînes montueuses avec son accompagnement ordinaire de zones continentales plus ou moins étendues.

Les zones d'ancienne consolidation, ou Massifs anciens, parfois, au lieu de se rider ultérieurement, devenues rigides, se fracturent; il se forment ainsi des larges crevasses, qui tendent à se distribuer en directions orthogonales entre elles (p. ex. le massif Arabe, la partie boréale du massif Nord-américain et groenlandais, etc.).

Après avoir exposé ces considérations générales passons de suite à l'exposition rapide et synthétique de la manière par laquelle se serait, à mon avis, graduellement constituée l'orographie terrestre. Quand nos connaissances géographiques, bathymétriques, géologiques et géotectoniques seront un peu plus étendues et plus certaines l'on pourra avec plus de largeur et plus de confiance délinéer d'une manière plus spéciale et plus détaillée l'Orogénie de la surface terrestre.

Ainsi que je l'ai déjà remarqué plus haut je pense que, à cause de la contraction du globe terrestre et des conséquentes actions horizontales de refoulement, se soient formées, d'abord ça et là sur l'écorce terrestre, des régions de plissement primitif et par conséquent de soulèvement; entre ces régions, qui allèrent peu à peu se consolidant, durent ensuite forcément se rider et se soulever les zones intermédiaires.

Pour plus de facilité d'exposition et d'indication graphique je traiterai et j'indiquerai séparément les massifs de première consolidation des zones de plissement qui se formèrent ensuite: mais véritablement il s'agit de phénomènes qui se succédèrent graduellement, de sorte que, pour quelques zones l'on reste incertain sur la catégorie à laquelle elles doivent être attribuées; quelques unes, en effet, parmi celles indiquées entre les récentes commencèrent déjà à se former quand les massifs anciens se plissèrent, et, vice versa, quelques régions de ridement ancien continuèrent à présenter des phénomènes orogénétiques même en des époques géologiques récentes.

Massifs anciens.

Les Massifs anciens, largement entendus, représentent des régions de l'écorce terrestre constituées par des terrains archaïques, plus ou moins couvertes ou environnées par des terrains paléozoïques; cependant parfois ces régions sont partiellement masquées pour des extensions plus ou moins amples, en général transgressivement, par des terrains plus récents, spécialement crétacées, tertiaires et quaternaires.

Ces massifs ne présentent pas de véritables alignements volcaniques, mais parfois des phénomènes volcaniques, restreints, causés par des fissures ou crevasses locales, parfois même très amples et importantes comme dans le massif Arabe.

Du côté orographique ils constituent généralement des régions peu élevées parce que les reliefs qui s'y trouvaient antérieurement, comme le montrent souvent les forts plis statigraphiques, furent en grande partie érodés à travers les nombreuses périodes géologiques. Leurs parties côtières ne présentent pas, en général, des contours doux, mais âpres et très découpés, avec un facies de rigidité, dirai-je, assez caractéristiques.

Généralement les Massifs anciens se peuvent distinguer complexivement, par rapport à leur nature géologique et selon l'époque de leur constitution, en deux parties, savoir :

1. Une partie plus ancienne et par conséquent plus érodée et plus déprimée, presque uniquement archaïque (noyau plus ou moins excentrique de tout le Massif) que j'appellerai *calédonienne*, donnant une large portée à cet appellatif proposé par Suess pour la zone norvégéoise, qui est essentiellement archaïque.

2. Une partie, généralement périphérique à la première (à laquelle elle passe graduellement pour superposition ou de laquelle elle est séparée au moyen d'une région sinclinale), moins ancienne et par conséquent plus conservée et plus soulevée, parfois même assez montueuse, formée principalement de terrains archaïques et paléozoïques, zone que je nommerai *hercynienne*, en étendant ici encore la signification de cet appellatif donné par Bertrand à la zone archéo-paléozoïque de l'Europe centrale.

Massif sibérien, etc. — Dans l'Asie septentrionale, entre le cours du Jénisséi et celui de la Lena environ, il se trouve un grand développement de terrains anciens, archaïques et paléozoïques, qui, malgré qu'ils se présentent couverts pour de larges étendues de terrains éruptifs, je crois qu'ils constituent un véritable Massif ancien, lequel, comme d'ordinaire, se présente maintenant comme une région peu élevée à cause de la longue action érosive subie à travers un grand nombre de périodes géologiques.

La partie la plus ancienne de ce Massif, c'est-à-dire, la partie essentiellement archaïque, *calédonienne*, se trouve à l'intérieur du grand arc de la Lena. Autour de ce noyau archaïque se développent les terrains archeo-paléozoïques spécialement du côté occidental, formant une espèce d'arc *hercynien*, convexe vers le S. O.

Autour de ce Massif ancien nous voyons puis se développer une zone compliquée et plus ou moins élevée archeo-paléozoïque qui peut encore être considérée comme *hercynienne* quoique, à cause de plusieurs caractères géologiques, tectoniques, etc. elle paraisse se relier aux zones orogénétiques moins anciennes. Cette zone est particulièrement élevée dans sa partie méridionale constituant les grandes chaînes montueuses de l'Asie centrale, savoir, les Monts Altaï, Sajan, Jablonowyi, etc.

Du groupe de l'Altaï cette zone *hercynienne*, ou zone asiatique centrale, s'abaissant graduellement vers l'Ouest vient à constituer les reliefs de Semipolatinsk, de Akmolinsk, etc. et finit par se joindre, sous les terrains récents, à la zone ouralienne.

Au contraire, du groupe des Monts Jablonowyi cette zone se courbe très graduellement vers le Nord, constituant la région de Aldan, ensuite les Monts Werchojansk, partie des Monts Orulgans et Charaulach. Après un développement encore peu connu vers le Nord ou N. O., la zone *hercynienne* réapparaît très puissante dans la péninsule Taymir, les Monts Byrranga, etc., en s'y développant presque comme une zone prise entre celles de la Novaja Zemlia et le Massif sibérien; mais dans l'ensemble, par la petite île de la Solitude, elle semble s'unir, plus ou moins directement avec la Novaja Zemlia et de là finalement de nouveau avec la chaîne ouralienne.

L'on a ainsi, considéré dans son ensemble et d'un point de vue un peu schématique, un véritable cercle *hercynien*, enveloppant le Massif ancien sibérien, cercle large et fortement soulevé dans sa partie méridionale et orientale à cause de son adossement au noyau central, et par contre étroit et peu élevé dans les parties plus éloignées de ce Massif central.

Entre le Massif central et la zone périphérique il y a naturellement une espèce de sinclinale, un peu étroite et montueuse dans les hauts bassins hydrographiques de la Léna et du Tongouska, plus ample dans la région des Tundres de la Sibérie septentrionale, très vaste dans la Basse plaine sibérienne, savoir, dans le bassin de l'Ob, dans le Tobolsk, etc. compris entre les Ourals et le Massif Sibérien.

Dans l'Asie orientale entre la Mer Jaune et la Mer d'Ochotsk, dans la région de la Mandchourie, largement entendue, ainsi que dans la Corée, l'on trouve d'autres développements de terrains archaïques qui pourraient représenter peut-être d'autres massifs ou zones anciennes, qui seraient à peu près, vis-à-vis du Massif sibérien, comme en Europe

les zones *hercyniennes* typiques et les Massifs de Meseta et Corso-Sarde sont vis-à-vis du typique *Massif calédonien*. Mais le fort soulèvement de quelques chaînes montueuses de cette région, la présence de volcans en activité, de terrains mésozoïques et cénozoïques, etc. feraient douter que, tout en s'agissant de Massifs ou zones anciennes, elle puissent se relier en partie, plus ou moins étroitement, à des zones orogéniques moins anciennes. C'est par conséquent encore avec bien d'incertitude sur leurs rapport, leur importance, leurs limites, etc. que j'indique pour le moment un *Massif mandchourien* et un *Massif coréen*.

Zone ouralienne. — La grande chaîne des Ourals est formée par une ample zone de terrains archaïques dans sa partie axiale, mais qui vers l'Ouest s'étend largement à cause du développement des terrains paléozoïques qui, après avoir constituée dans leur ensemble une sinclinale très ample sous la Russie centrale européenne, affleurent encore dans la Russie occidentale et septentrionale s'appuyant au grand Massif *calédonien* typique très ancien de la Norvège.

Or, la grande zone ouralienne, déterminée par se trouver dans une aire de très forte compression entre le Massif sibérien et le Massif *calédonien typique*, pour l'ancienneté de sa formation et pour sa constitution géologique doit s'englober parmi les zones *hercyniennes*; mais pour sa forme à chaîne élevée et pour quelques caractères géologiques, elle paraîtrait presque marquer un passage aux zones orogéniques *alpines*. D'ailleurs si la chaîne ouralienne doit se placer entre les zones *hercyniennes*, elle se continue vers le Sud en une zone orogénique récente, qui vient terminer dans la Mer Caspienne par la chaîne déprimée de Kara-Tau, délimitant puis à Nord la profonde dépression de la Mer Caspienne septentrionale et allant ainsi probablement se relier souterrainement avec la zone *hercynienne typique* de l'Europe centrale.

Dans la partie septentrionale les Ourals se réduisent à une chaîne étroite qui se continue dans la Nouvelle Zemlia, etc. prenant un facies de zone orogénique un peu moins puissante.

Des considérations semblables peuvent se répéter pour la chaîne ou zone *Timan* qui prit naissance entre la zone ouralienne et le Massif norvégien.

Massif calédonien typique. — Le Nord Ouest de l'Europe est constitué par une très large extension, une ellipsoïde grandiose, de terrains archaïques, qui occupent presque entièrement la Finlande, la grande péninsule norvégienne et l'Écosse; cette très ample zone archaïque, à tectonique souvent assez simple (divisée peut-être par une crevasse près de la côte S. O. de la Norvège, comme le ferait supposer le canal sousmarin circumnorvégien), est largement environnée par des terrains paléozoïques constituant des régions très vastes, ainsi une grande partie de la Russie occidentale, l'Angleterre centrale et l'Irlande; les cartes bathymétriques

de la Mer du Nord entre l'Angleterre et le Danemark marquent nettement la distinction sousmarine entre la zone *hercynienne* à Nord et la zone plus élevée, mésozoïque, à Sud.

Cependant ces terrains paléozoïques s'abaissant plus profondément à Sud du Massif *calédonien*, disparaissent sous les terrains plus récents donnant origine à une espèce de grandiose sinclinale complexe occupée par la Mer Baltique méridionale, par la grande plaine de l'Allemagne septentrionale, par la Hollande, par la Belgique, par le canal de la Manche, etc.

Dans la partie septentrionale le Massif ancien de l'Europe ne finit pas avec la péninsule norvégienne, mais, ainsi que le montrent aussi les données bathymétriques, il s'étend encore au Spitzberg, apparaissant là encore, ainsi qu'au Sud de ce Massif, le grand développement des formations paléozoïques. Cette dernière grande région archaïque-paléozoïque, ou zone du Spitzberg, devait être originellement plus largement émergée vers le Sud qu'elle ne l'est maintenant; mais n'ayant plus pris en général une part active, dirai-je, aux mouvements orogénétiques récents, ses reliefs furent en partie érodés, et enfin elle fut en de notables parties couverte par les eaux marines, n'émergeant plus que les cimes plus hautes (Iles Bären, etc.). Le phénomène des Fjords du Massif *calédonien* est justement en rapport avec ce graduel avancement de la région marine dans le Massif ancien.

Zone hercynienne typique. — Elle est représentée maintenant par une série de petits massifs ou affleurements irréguliers, archaïques-paléozoïques, qui occupent une partie considérable de l'Europe centrale et occidentale, formant probablement dans l'origine une espèce de chaîne, interrompue maintenant, développée dans le sens Est-Ouest.

L'école géologique moderne, qui a pour chef Suess, considère ces Massifs comme des *Horst*, c'est-à-dire, comme des piliers restés debout, tandis que les régions environnantes, qui s'étaient détachées par fractures, se sont effondrées. Sans vouloir exclure ce mécanisme orotectonique, je crois que la division actuelle de l'ancienne chaîne *hercynienne* soit due aussi en grande partie à des phénomènes d'érosion, de déplacement, de recouvrement plus ou moins transgressifs de terrains postpaléozoïques, ainsi que au fait, commun d'ailleurs à toutes les chaînes montueuses, qu'elle fut, déjà dans son origine, soulevée variablement dans ses points différents.

Il est assez probable que la zone ouralienne se relie avec la partie orientale de la *zone hercynienne typique* par une très large courbe déprimée, et par conséquent ensevelie (dans la région caspienne septentrionale) sous les terrains plus récents, de manière à ne plus apparaître absolument comme zone montueuse, mais seulement plus par quelques indices représentés par de minces affleurements paléomésozoïques dé-

primés, presque seulement collineux ; je considère comme tels ceux de la chaîne de Kara-Tau que de la péninsule de Manghislack, fermant à Nord la dépression profonde de la Mer Caspienne, tend évidemment à se réunir avec les affleurements paléomésozoïques du Don inférieur et ensuite avec la *zone hercynienne typique*.

La bien connue grande dépression aralo-caspienne actuelle est précisément le résidu de la dépression naturelle que présentait à cette place la *zone hercynienne* très arquée, dès l'ère primaire.

De cette *zone hercynienne typique* apparaît d'abord la zone archaïque-paléozoïque très étendue de Kamennaja, laquelle cependant, à cause de son peu d'élévation se trouve maintenant masquée en grande partie par les terrains cénozoïques et apparaît seulement dans les points où l'érosion fut très profonde. L'imposant Massif bohémien se dresse d'une manière assez remarquable, comprenant une grande partie de la Bohême, les régions des Sudètes, etc., se continuant ensuite, vers l'Ouest, par l'apophyse de la Thuringe.

Apparaît ensuite le petit Massif de l'Harz et puis la grande zone archaïque-paléozoïque des Ardennes. Peu à Sud de cette zone nous rencontrons les petits Massifs anciens des Vosges et de la Forêt noire, à peine séparés de la vallée du Rhin, qui y représente probablement une ligne de cassure.

Le massif, essentiellement archaïque, du Plateau central de la France très ample et fort important se relie, après une courte interruption, avec celui de la Bretagne.

Cette grande chaîne ancienne, maintenant interrompue, qui s'étend de la Ciscaucasie à l'Angleterre méridionale, même considérée du côté tectonique et malgré plusieurs altérations, présente une allure complexe de l'Est à l'Ouest, avec le côté méridional plus abrupt et le côté septentrional moins irrégulier ; ce dernier côté montre en effet plus ou moins clairement une bande paléomésozoïque qui plonge vers le Nord sous les basses plaines de la Russie méridionale, de l'Allemagne septentrionale, de la dépression de la Manche, du Bassin de Paris, etc., reparaissant ensuite à Nord au dessus et contre le *Massif calédonien typique* ; il existe ainsi à travers de l'Europe une immense zone sinclinale remplie en grande partie transgressivement par des terrains crétacés ; phénomène que nous verrons se répéter souvent dans les Massifs anciens.

Massif de Meseta. — A l'extérieur, pourrait-on dire, de la *zone hercynienne typique* l'on rencontre le considérable massif archaïque-paléozoïque de Meseta, qui constitue l'Espagne occidentale. Considéré dans sa géo-tectonique générale il forme une espèce d'arc, dont la concavité est à N. E., de manière à se présenter subparallèle à la partie française de la *zone hercynienne typique* de laquelle il est contemporain ; l'on pourrait presque le considérer comme une onde extérieure ou ride

periphérique à la grande onde ou ride *hercynienne* de l'Europe centrale qui enveloppe, à son tour, le grandiose Massif *calédonien*.

Massif corso-sarde. — Presque au milieu du bassin méditerranéen occidental s'élève un Massif archéo-paléozoïque qui constitue le relief insulaire corso-sarde. Quoique il se relie parallèlement, dans sa partie supérieure, au moyen de la Tyrrhenide, avec la zone alpine de manière que l'on pourrait tout d'abord aussi le considérer comme un prolongement de cette zone, cependant, considéré dans son ensemble, le Massif corso-sarde semble devoir plutôt être regardé comme un Massif ancien, *hercynien*, et cela à cause du grand développement de l'archaïque, à cause de la nature spéciale de ses formations paléozoïques, si bien représentées dans la Sardaigne méridionale, à cause de la forme même, très rigide, du Massif et à cause d'autres considérations géo-tectoniques qu'il n'est pas à sa place de décrire ici.

Ce Massif corso-sarde est comparable à celui de Meseta pour sa position à l'égard de la zone typique *hercynienne* de l'Europe centrale. Nous avons vu que dans l'Asie orientale le Massif ancien de la Corée semble présenter une interprétation un peu semblable.

Massif hongrois, etc. — La zone archaïque calabro-sicilienne et celle de la Turquie et de la Hongrie pourraient appartenir aussi à des Massifs anciens, mais en général elles sont peut-être plus justement rapportables, au moins en partie, aux zones orogéniques un peu plus récentes dont elles semblent maintenant faire part. Si l'on voulait les considérer comme des Massifs anciens, comme ceux corso-sarde et de Meseta, ils pourraient presque représenter les résidus visibles d'une onde ou *zone méditerranéenne ancienne* extérieure à la *zone hercynienne typique* de l'Europe centrale.

Massif Nord américain-groënlandais. — C'est l'un des plus grands et des plus typiques Massifs anciens. Il est constitué :

1. Par un très large Massif central, essentiellement archaïque, *calédonien*, présentant une direction complexive de N. E. à S. O., occupant une grande partie de l'Amérique anglaise (Baie d'Hudson, zone laurentienne, Canada, Labrador, etc.), s'avancant jusqu'au Groënland qui en fait partie;

2. De trois très amples zones archéo-paléozoïques, *hercyniennes*, qui entourent ce Massif archaïque, spécialement à Nord et à Sud, savoir : une grande *zone Nord américaine septentrionale* ou arctique très irrégulière, peut-être en partie par des phénomènes de crevassement (Terre Victoria, Terre Prince Albert, Terre de Banks, Région Melville, Terre Prince de Galles, Terre de Baffin, Iles Parry, Devon septentrional, Terre Lincoln, Terre de Grant, etc.), qui comprend probablement aussi le Groënland septentrional, constituant presque un grand arc convexe à N. O. et embrassant ainsi le grand Massif archaïque *calédonien*. Une *zone Nord-américaine occidentale*, en partie ensevelie par les terrains mésozoïques et

plus récents. Enfin la *zone apalachienne* qui est la plus connue; elle se développe de S. O. à N. E. constituant avec ses parties plus relevées la fameuse chaîne apalachienne, ou des Alleghanys et des Montagnes Vertes, la Nouvelle Écosse et la Terre Neuve.

Entre cette *zone hercynienne apalachienne* et le Massif *calédonien* il se trouve, en général, une large dépression occupée par le Bassin de l'Ohio, par les grands lacs de Michigan, d'Erié, etc.

Massif guyanien. — C'est un Massif irrégulier, ayant son plus grand diamètre dans le sens E. O.; il est essentiellement constitué de terrains archaïques. L'on y observe pourtant du côté Sud une bande ou petite zone *hercynienne* ou *zone guyanienne*; ce Massif guyanien semble assez relié avec le grand Massif brésilien, dont il est détaché seulement par la sinclinale paléozoïque du bassin des Amazones.

Massif brésilien. — C'est un énorme massif, irrégulièrement triangulaire, constitué, comme le Massif guyanien, d'une grande émergence archaïque *calédonienne*, au-dessus et autour de laquelle se développent les terrains paléozoïques; faute d'études détaillées nous ne pouvons pas encore distinguer nettement les véritables zones *hercyniennes* du Massif ou des Massifs *calédoniens*; nous remarquons seulement que les formations archéo-paléozoïques constituent au côté septentrional et occidental de ce Massif une belle ceinture assez régulière, *zone brésilienne septentrionale* et *zone brésilienne occidentale*, tandis que dans la partie méridionale elles recouvrent une grande partie de l'ancienne zone archaïque. Nous remarquons aussi que ce grand Massif brésilien se présente couvert, pour des aires très amples, de terrains secondaires spécialement crétacés, qui s'y déposèrent avec une forte transgression, à cause probablement d'un grandiose phénomène eustatique; par conséquent ce très large manteau mésozoïque, dans les incisions plus profondes duquel apparaît l'archaïque qui est dessous, rend difficile et incertaine l'étude géotectonique de ce grand Massif ancien brésilien.

Massif austral ou antarctique. — Il semble, à la vérité, un peu audacieux d'indiquer la présence d'une formation géologique déterminée dans une région absolument inconnue, comme l'est celle du Pôle Sud, où je suppose l'existence d'un grand Massif ancien. Mais plusieurs raisons me poussent à cette hypothèse.

Avant tout il est reconnu que plusieurs faits indiquent comme probable la présence d'un grand continent antarctique; or, tous les continents terrestres ont un squelette archaïque plus ou moins développé, par conséquent il paraît logique que celui du Pôle Sud doive présenter aussi, comme noyau, un Massif ancien *calédonien*.

De plus nous verrons, en examinant le développement des zones orogéniques récentes, que la grande zone des Cordillères des Andes, arrivée à sa limite méridionale, constitue vers l'Est un ou deux arcs,

reprenant ensuite de nouveau sa direction primitive, de manière à aller se relier avec la Terre Victoria; or, ce phénomène, très semblable à celui qui se voit dans l'Amérique centrale, nous annonce justement la présence d'un Massif ancien dans la partie du continent antarctique qui fait face à l'Océan atlantique-indien; ce Massif dut agir à l'égard des zones orogéniques récentes à peu près comme le Massif guyanien a agi à l'égard de la région des Antilles.

Mais l'on peut avancer un argument plus matériellement convaincant. En effet, si l'homme n'est pas encore parvenu à ce Massif antarctique, il en a pourtant déjà pu observer les détritiques transportés par les *Icebergs* flottants; et bien, quand la fameuse expédition du Challenger s'avancait de l'Océan Atlantique vers l'Océan Indien, peu loin du cercle antarctique, dans la région périphérique des *Icebergs*, elle put constater par des dragages que les fragments rocheux (parfois avec des marques de l'action glaciaire) transportés par ces masses flottantes, qui les déposèrent sur le fond de la mer, sont principalement représentés par des Granits, des Diorites quartzifères, des Dioriteschistes, des Amphibolites, des Micaschistes, des Quartzites, des Gneiss (même en blocs très volumineux), etc., outre que par des parcelles minérales de Quartz, de Feldspath, de Hornblende, de Grenat, de Mica, de Glauconite, de Tourmaline, etc. savoir, par des résidus d'un Massif cristallin archaïque placé dans la région antarctique entre la Terre de Wilkes et la dépression abyssale existante à S. E. du groupe des Iles Sandwich méridionales.

Les Terres d'Henderby et de Kemp représenteraient les expansions, les apophyses plus septentrionales de cet ancien Massif antarctique supposé. En raisonnant par similitude, c'est-à-dire en considérant ce que l'on observe en général dans les autres Massifs anciens, l'on peut dire que probablement la partie centrale du Massif antarctique est spécialement archaïque, *calédonienne*, tandis que la partie polaire, dirais-je, et septentrionale (Terre d'Henderby, etc.) est spécialement archéo-paléozoïque ou *hercynienne*, de manière à constituer des *zones australes*.

Massif australien. — Le Massif ancien de l'Australie en constitue presque toute la partie occidentale et a une forme très irrégulièrement quadrangulaire dans son ensemble. L'insuffisance de connaissances, non seulement géologiques mais jusqu'à géographiques, sur l'Australie centrale, ne permet pas pour le moment de faire des considérations un peu certaines sur le Massif ancien australien; il paraîtrait cependant que le Massif principal, essentiellement archaïque, *calédonien*, occupe la plus grande partie de l'Australie occidentale, tandis que dans l'Australie septentrionale et méridionale se développent spécialement les formations archéo-paléozoïque, *hercyniennes*, ou *zones australiennes*, avec une allure variable arquée-ondulée.

Par rapport à ce Massif australien nous devons remarquer que, d'une

manière assez analogue à ce qui s'observe sur d'autres Massifs anciens, il est en partie masqué (surtout à Est) par des terrains mésozoïques, principalement crétacés, qui s'y déposèrent transgressivement à cause du grand phénomène eustatique déjà indiqué autrefois.

Massif indien. — C'est un Massif presque triangulaire, à facies rigide, représenté essentiellement par des terrains archaïques avec des plaques et des intercalations paléozoïques; l'Inde méridionale ou Dekan, à qui l'on peut ajouter la grande Ile de Ceylan, est spécialement archaïque, *calédonienne*; au contraire c'est spécialement archéo-paléozoïque l'Inde centrale constituant une espèce de zone *hercynienne* ou *zone indienne*, qui se développe dans son ensemble d'Est à Ouest, depuis les embouchures du Gange à celles de l'Indus, avec un arc un peu convexe à Nord. Par la rigidité des contours et par les caractères géo-tectoniques le Massif indien rappelle beaucoup le Massif arabe.

Massif arabe. — Entre le Massif indien et le Massif africain l'on rencontre un Massif ancien assez curieux qui présente les caractères mi-parti de l'un et mi-parti de l'autre de ces deux Massifs.

C'est le Massif arabe; il se relie à S. O. avec le Massif africain au moyen d'une zone archaïque déprimée dans le haut Nil (savoir, dans les régions de Chartum, du Kordofan, etc.), zone qui affleure seulement pour les parties les plus élevées, étant en grande partie masquée par une mappe plus ou moins puissante de terrains permotriassiques et plus récents.

Le Massif arabe se présente sous la forme d'un plateau, sans considérables reliefs montueux, constitué par des terrains archaïques, de sorte que l'on peut le considérer comme un Massif *calédonien*; mais cette constitution géologique est essentiellement profonde, dirais-je, tandis que dans la partie superficielle il s'y développent, pour de très grands espaces, des formations plus récentes, principalement crétacées, qui masquent une grande partie du *substratum* archaïque; savoir, nous trouvons ici le phénomène d'une grande transgression, comme nous l'avons déjà remarqué dans les autres Massifs anciens.

Le fait de la déposition transgressive des terrains crétacés sur le plateau arabe, très ancien et rigide, est une preuve puissante que ce phénomène dépend d'un procès eustatique général et non pas de mouvements spéciaux des continents.

Un autre phénomène très remarquable qui se vérifia dans ce Massif arabe et qui lui donna un aspect spécial très saisissant c'est que, tandis qu'il était probablement en origine subtriangulaire et d'une seule pièce, il se fissa et se fendit en diverses directions (après sa formation et sa consolidation) soit à la périphérie, soit presque au milieu, donnant ainsi origine à des côtes rigides et anguleuses, aussi bien qu'au canal grandiose de la Mer Rouge et du Golfe d'Aden, à la cassure de la Mer Morte et à ces nombreuses et profondes crevasses qui causèrent de

puissants phénomènes volcaniques soit dans l'Arabie centrale et septentrionale, soit dans le continent africain entre Massaua et le Golfe de Zanzibar.

Ils est enfin digne de remarque que le Massif arabe ne présente pas à sa périphérie une bande paléozoïque, *hercynienne*, ainsi qu'on la rencontre plus ou moins développée chez tous les autres Massifs; cela s'explique spécialement par l'ancienneté et la rigidité spéciale du Massif arabe qui, après l'ère archaïque ne prit plus une part très active aux phénomènes orogénétiques de soulèvement et de ridement, mais au contraire se crevassa amplement et variablement.

En résumant, nous devons donc conclure que le Massif arabe est un Massif *calédonien* à facies d'ancienneté, de rigidité et de crevassement tout-à-fait spéciale pour l'écorce terrestre.

Massif africain. — Le grand continent africain est, géologiquement, un continent assez ancien dans son ensemble et pour le moment d'une interprétation un peu incertaine spécialement à motif du défaut de données géologiques et géotectoniques.

Il semble pourtant que le continent africain possède une espèce de grand noyau essentiellement archaïque, *calédonien*, dans le Soudan. En outre en général les formations archaïques et archéo-paléozoïques sont particulièrement ridées et développées dans la région marginale, périphérique, de l'Afrique, formant ainsi une ceinture montueuse irrégulièrement interrompue. Au contraire, dans l'Afrique centrale et dans le grand plateau de l'Afrique méridionale se développent spécialement les terrains paléozoïques supérieurs et les terrains mésozoïques inférieurs.

Il reste donc évident que le continent africain s'est formé premièrement comme *Massif calédonien du Soudan* ayant des apophyses vers le Sud, et, après, par des plissements périphériques *hercyniens*; il en résultèrent ainsi, dans son intérieur, de très larges et assez douces sinclinales (Bassin du Congo, Plateau de l'Afrique méridionale, Kalahari, etc.) qui devinrent des régions continentales au commencement seulement de l'ère secondaire. Cependant la région intérieure de l'Afrique, malgré sa constitution superficielle, relativement récente, doit présenter aussi un substratum archéo-paléozoïque peu profond, comme le montrent certaines régions montueuses et certaines incisions faites par les courants fluviaux, qui mettent souvent à découvert des terrains anciens revêtus par une mappe plus ou moins puissante de terrains permotriassiques et quaternaires. Il y a là probablement des restes d'anciennes zones *calédoniennes* et *hercyniennes*.

Dans la large région du Sahara, à commencer par la Sénégambie, se développent très amplement vers E. N. E. les formations archéo-paléozoïques, *hercyniennes*, jusqu'à ce que, se courbant vers S. E., elles constituent la chaîne élevée des Monts Tummo, Tibesti, Tarso, etc.,

formant ainsi une sorte de *zone africaine septentrionale* large et arquée qui enveloppe à Nord le Massif *calédonien* du Soudan. Cette zone archéo-paléozoïque plonge vers l'Est pour reparaître contre le Massif arabe, constituant ainsi une très large sinclinale (le grand désert lybique) où se déposèrent transgressivement, comme d'ordinaire, de puissantes formations crétacées qui s'étendent depuis l'Abyssinie jusqu'à la Tripolitaine, au Sahara algérien, etc.

Nous trouvons dans l'Afrique méridionale une zone côtière archéo-paléozoïque avec prévalence paléozoïque (Formation du Cap, Formation de Carrao, etc.) qui, avec ses rides plus élevées, constitue la haute chaîne du Kahlamba; savoir, nous avons ici une autre belle zone arquée *hercynienne*. Quelque chose de semblable se retrouve dans la zone des Monts Rubeho, Maniara, Kilimangiaro, Kenia, etc., zone *hercynienne* que l'on peut presque considérer comme une continuation de celle du Cap.

Ces diverses zones *hercyniennes* qui semblent passer parfois à des zones *calédoniennes* peuvent être indiquées complexivement comme *zones africaines méridionales*.

En somme le Massif ancien africain, si l'on fait abstraction du relèvement oriental qui en altère l'unité générale, peut être indiqué comme une zone essentiellement archaïque-paléozoïque, subelliptique, allongée de N. N. O. à S. S. E., arquée-angleuse (avec la convexité à N. E. par laquelle elle s'attache au Massif arabe), ridée spécialement aux marges où se constituèrent ainsi des zones *hercyniennes*, causant de larges bassins intérieurs, et avec un noyau principal, grandiose, septentrional, représenté par le *Massif calédonien du Soudan*, prolongé irrégulièrement vers le Sud ou le S. E.

Dans le Massif africain, outre les fractures du côté oriental, on trouve plusieurs déchirements, principalement dans le Golfe de la Guinée, qui donnèrent origine à des formations éruptives.

Massif madagascarien. — La grande Ile de Madagascar représente un Massif ancien qui se forma par le plissement des terrains archaïques parallèlement au plissement de la côte africaine voisine. Ce fait nous explique la forme allongée de cette île qui s'est cependant remarquablement élargie de son côté occidental par de phénomènes orogénétiques qui prirent place dans des périodes géologiques relativement récentes.

Zones orogéniques récentes.

Pour plus grande comodité et clarté d'exposition j'indique avec le nom complexif de *zone orogénique récente* toutes les rides et les lignes orogéniques qui se formèrent et se fixèrent depuis l'ère secondaire jusqu'à nos jours; mais en vérité l'on pourrait distinguer plusieurs catégories de ces zones, pour le moins trois principales, savoir:

1. *Rides* ou *zones alpines*, qui se reliait graduellement avec les zones *hercyniennes* et qui, quoique déjà initiées dans l'ère primaire, s'accrochèrent et se développèrent principalement dans l'ère secondaire et aussi dans l'ère tertiaire;

2. *Rides* ou *zones apenniniques* qui, initiées à la fin de l'ère secondaire, s'élevèrent particulièrement dans l'ère tertiaire et continuent encore à se soulever;

3. *Zones océaniques*, dirais-je, qui, quoique déjà initiées dans l'ère tertiaire, et quelques unes même dans l'ère secondaire, se constituèrent spécialement dans l'ère quaternaire, sur les marges des continents d'abord émergés, et aussi entre les continents en pleine région océanique, et sont en général à présent en voie de formation.

Mais quoique je croie convenable et conforme à la vérité cette distinction générale, malgré les passages très graduels qui existent entre ces différentes zones, je ne crois cependant pas qu'il soit le cas, pour le moment, de la développer, d'autant plus que les connaissances géologiques et bathymétriques nécessaires à cette intéressante étude analytique sont encore absolument déficientes. Je me bornerai donc seulement aux lignes générales dans cette exposition tout-à-fait sommaire des zones orogéniques récentes, largement entendues, en commençant par la région la mieux connue, la zone alpine typique.

La zone alpine typique est essentiellement constituée de deux rides principales, que j'indiquerai comme zone septentrionale et zone méridionale, lesquelles se soudent dans les Alpes centrales, tandis qu'en général elles ont un développement assez indépendant. Le fort soulèvement de la grande zone alpine dépend soit de ce qu'elle est constituée par la réunion de ces deux rides, soit spécialement de ce qu'elle se trouve puissamment comprimée contre la zone hercynienne de l'Europe centrale.

Dans son développement vers Ouest, la double ride alpine vient se heurter souterrainement, dirais-je, contre le Massif ancien du Plateau central de la France; ensuite elle est forcée de s'écarter de son allure

ordinaire O. E. constituant la courbe des Alpes occidentales, où les deux rides, méridionale et septentrionale, se séparent nettement de nouveau.

Effectivement la ride alpine septentrionale, après s'être individualisée dans la zone du Mont Blanc-Mercantour, se tourne brusquement à Ouest dans le Niçois, sentant peut-être l'influence du Massif ancien de la Corse, et forme la zone de l'Esterel et des Maures; elle s'abaisse ensuite quelque peu dans le Golfe de Lyon; mais peu après, se trouvant comprimée entre les Massifs hercyniens du Plateau central à Nord et de Meseta à Sud, la ride en question s'accroît de nouveau très fortement et constitue ainsi la chaîne des Pyrénées, qui enfin, s'abaissant graduellement vers Ouest, va puis à aboutir dans les Monts Cantabres.

La ride alpine méridionale a un développement beaucoup plus étendu et plus tourmenté. Elle forme la partie intérieure de l'arc des Alpes occidentales, s'affaissant même partiellement sous la plaine padane, et s'enfonce dans le Golfe de Gênes; de là cette zone se développant vers le S. E., émerge de nouveau partiellement, à cause du voisinage et de la conséquente compression du Massif ancien de la Corse, et constitue ainsi l'Archipel Toscan ou Tyrrhénide où elle semble se bifurquer (zone de Monte Cristo et zone de l'Ile du Giglio, etc.). Avec l'accompagnement de phénomènes de fractures qui donnèrent origine aux formations volcaniques bien connus de la campagne romaine et du napolitain, la zone que nous examinons constitue la marge tyrrhénienne de l'Apennin central; réapparaît par un plissement plus marqué (et par conséquent avec un développement plus net) dans la région lucano-calabro-sicilienne; ensuite elle se courbe fortement, constitue la partie septentrionale de la Sicile pour s'immerger de nouveau vers Ouest dans les eaux de la Méditerranée.

Dans son développement ultérieur vers l'Ouest cette zone, en se courbant légèrement vers le Nord, va se rapprocher de la partie méridionale du Massif ancien corso-sarde, comme elle avait déjà fait avec sa partie septentrionale dans la Tyrrhénide; mais dans l'ensemble elle paraît au contraire rester assez indépendante et tendre vers l'Afrique septentrionale reparaissant en effet dans la province de Constantine.

Après avoir constitué le Petit Atlas, avec des ramifications à Nord (Cap Tres Forcas-Ile Alboran, etc.) et à S. O. vers le Maroc, la zone en question se courbe rapidement pour former le détroit de Gibraltar; se heurtant contre le Massif ancien de Meseta elle est forcée à s'accroître fortement constituant la chaîne élevée de la Sierra Nevada; puis continuant de nouveau dans sa direction ordinaire d'Ouest à Est cette zone, non plus comprimée cependant par des proches Massifs anciens, s'abaisse graduellement, s'enfonce dans la Mer Méditerranéenne au Cap de La Náo, n'émergeant plus qu'avec ses parties les plus élevées à constituer les Iles Baléares, disparaissant enfin peu à peu et complètement à Est du Cabo de la Mola.

A l'extérieur de cette grande et curieuse zone alpine méridionale, presque périphériques à cette ride et couchées contre elle, existent plusieurs autres zones moins importantes.

En effet en Italie nous remarquons :

1. La zone apenninique, qui constitue une grande partie de l'Apennin, spécialement le central et le septentrional, se reliant à Sud avec la zone alpine méridionale dans la région napolitaine, tandis que à N. O., s'individualisant nettement, elle va à finir dans les collines de Turin, déviant ici légèrement à S. O. à cause de sa rencontre souterraine avec la partie externe des formations alpines.

2. La zone appulo-garganique qui va se relier vers S. E. aux rides de la Grèce occidentale, tandis que vers N. O. elle tend vers le M. Conero, se prolongeant peut-être souterrainement jusqu'au Véronais.

Nous trouvons en Afrique une zone semblable, plus accentuée même, qui constitue le Grand Atlas. Cette zone se développe vers l'Est et y constitue le promontoire tunisien; après un court parcours sousmarin elle reparait dans la Sicile; ici elle se replie au Sud constituant l'angle méridional de cette île; enfin, s'abaissant peu à peu elle vient plonger dans la Méditerranée et disparaître enfin complètement après avoir constitué, avec ses parties les plus élevées, le groupe insulaire de Malte, le rocher Medina, etc., prenant à son bout la direction vers le S. E.

Vers l'Ouest la zone du Grand Atlas se subdivise en diverses zones secondaires dans le Maroc, et se prolonge ensuite vers le S. O. jusqu'à son enfoncement dans l'Atlantique où elle forme avec ses parties terminales, certainement compliquées par de profondes fractures, les reliefs du Rocher Dacia, des Iles Canaries et probablement aussi des Iles du Cap Vert.

Il y a en Espagne d'autres zones secondaires semblables, savoir, la chaîne montueuse de Valence-Barcelone et celle de Sierra d'Oca-Sierra Cuenca, etc.; ces zones doivent leur origine à la compression qui a dû se vérifier entre le Massif ancien de Meseta et les puissantes zones orogéniques des Pyrénées et de Sierra Nevada-Baléares.

Revenant à la chaîne alpine typique nous allons examiner brièvement son développement vers Orient.

La zone septentrionale s'individualise dans les Alpes orientales et ne rencontrant pas d'obstacle dans des Massifs anciens, parce qu'entre la Bohême et la Kamennaya la zone hercynienne s'abaisse remarquablement, elle se développe vers N. E. constituant la chaîne des Karpathes; ensuite, subissant l'influence du Massif de Kamennaya, la zone carpathique se tourne à Sud et S. O., formant la courbe des Alpes transylvaniennes, contournant une zone archéo-paléozoïque qui peut représenter une espèce de Massif ancien, hongrois, ou un dédoublement de la ride

alpine septentrionale. De la Transylvanie la zone en question, se courbant de nouveau à Sud, puis à S. E. et enfin à Est, constitue la chaîne montueuse des Balkans, où, se reliant de nouveau latéralement avec la zone alpine septentrionale, elle donne ainsi origine à un grand développement de terrains archaïques, qui sembleraient presque indiquer l'affleurement d'un Massif ancien turc.

De la Turquie la zone que nous examinons passe dans la partie septentrionale de l'Asie mineure, constituant la chaîne bithyno-pontique, les Monts de l'Arménie, la chaîne du M. Elburs, des Monts Hindukusch, allant enfin se relier partiellement avec le groupe grandiose de l'Himalaya.

La zone alpine méridionale, après s'être individualisée dans les Alpes orientales, se dirige vers S. E. s'abaissant cependant beaucoup dans les Alpes dinariques, etc.; mais bientôt elle se relève large et puissante dans la Turquie et dans la Grèce orientale; se plonge dans la Mer Égée, constituant avec ses cimes les plus élevées la partie septentrionale, très éparpillée, de l'Archipel grec. De là cette zone se dirige de nouveau vers l'Est et avec un parcours ondulé elle forme les chaînes montueuses du Taurus, de l'Antitaurus, du Kurdistan, de Zagros, de Kohrud, de Kohi-Hazar, etc.; enfin, sentant le voisinage du Massif ancien indien, cette zone tourne à N. E. constituant la chaîne du M. Suliman et rejoint ainsi le grand groupe de l'Himalaya.

A Nord de la zone alpino-himalayenne s'étendent d'autres zones de plissement produites en grande partie par la compression contre les Massifs anciens de l'Eurasie centrale. Ainsi à Nord des Alpes nous trouvons la chaîne du Jura français, suisse et allemand. De même vers Orient nous voyons se constituer deux rides; l'une, la principale, se détachant de la zone balkanique (dont elle semblerait presque un doublement), va constituer la région montueuse du Dobrudscha; l'autre émerge peu à peu entre la Roumanie et la Bessarabie; ces deux zones convergeant vers l'Est viennent former une ride seule qui constitue la Crimée, limite au Nord la Mer Noire, ensuite, se soulevant rapidement, forment la grande chaîne du Caucase. Cette zone plonge ensuite dans la Mer caspienne qu'elle divise ainsi en deux bassins bien distincts; reparaît comme une petite ride dans les reliefs de Kurjanin-Kary, de Balkan, et va enfin se relier dans les Monts Hindukusch avec la zone alpino-himalayenne.

Au Sud de la zone alpino-himalayenne nous rencontrons d'autres rides secondaires. Voire la zone liburnico-dalmatique qui, vers le Nord, se courbant va s'appuyer contre la chaîne alpine qu'elle contourne jusqu'à la région véronaise (formant ainsi, avec la chaîne apenninique qui lui fait face et avec celle appulo-garganique, la complexe sinclinale de l'Adriatique); vers S. E. la zone en question se développe encore constituant les chaînes occidentales de la Grèce, la partie méridionale de

l'Archipel grec, etc. Notons aussi la zone de l'Île de Chypre qui se continue vers l'Est avec un relief d'abord sous-marin et ensuite continental qui va puis se relier parallèlement avec la zone montueuse du Kurdistan.

Avant de quitter l'Europe remarquons encore que, parmi les zones orogénétiques récentes indiquées plus haut, il existe naturellement des régions de dépression ou zones sinclinales, au moins en général. Ainsi dans la partie septentrionale les bassins de la Gascogne, de la Suisse, de la Bavière, de la Galicie, de la Podolie, de la Bessarabie, du Golfe d'Odessa, de la Mer d'Azof, de la Ciscaucasie, de la Mer caspienne septentrionale, du Karakum, etc.; et plus à Sud les bassins orogéniques de la Roumanie, de la Mer Noire, de la Mer Caspienne méridionale, etc.

Dans la partie centrale nous voyons les Bassins de l'Aragone, de la Méditerranée occidentale, de la Mer tyrrhénienne, de l'Hongrie, de la Mer de Marmara, du Désert salé, de la Perse, etc.

Dans la partie méridionale il y a l'étroite dépression des Steppes et des Plateaux algériens, et, dans le sens géologique, la Mer adriatique, la dépression de l'Andalousie, de la Nouvelle Castille, etc.

Remarquons enfin que les zones orogéniques récentes de l'Europe restent divisées dès Massifs anciens afro-arabes par une gigantesque dépression qui se prolonge, depuis la Mer atlantique à travers le Désert d'Arabie, ou Sahara septentrional, jusqu'au bassin méditerranéen oriental; cette zone de dépression se rétrécit ensuite dans la Syrie septentrionale à cause des phénomènes de cassure, etc. du Massif ancien arabe, mais elle se développe ensuite de nouveau largement et forme les bassins hydrographiques du Tigre et de l'Euphrate, savoir, la dépression de la Mésopotamie, puis le Golfe Persique, débouchant ainsi dans la grande dépression arabe de l'Océan Indien. Cette gigantesque dépression atlantico-méditerranéo-indienne est fort intéressante aussi pour des considérations qui regardent le développement, les rapports et les émigrations des faunes marines dans les époques géologiques passées.

En Asie c'est la grande chaîne de l'Himalaya qui, ainsi que la chaîne des Alpes en Europe, constitue le motif principal, dirais-je, de l'orotectonique générale; mais tandis que la chaîne alpine représente l'amoncellement des ondes orogéniques vers le Nord contre la chaîne hercynienne de l'Europe centrale, la chaîne de l'Himalaya représente au contraire l'amoncellement des rides orogéniques vers le Sud, savoir, contre le Massif indien, en manière que la dépression de l'Indus et celle du Gange en restent comme une grande zone divisoire.

Ainsi que les Alpes, l'on peut considérer l'Himalaya comme composé par plusieurs rides parallèles, parmi lesquelles sont deux principales correspondant assez bien dans l'ensemble aux deux rides que nous avons remarquées dans les Alpes et dont d'ailleurs elles sont la continuation orientale.

La zone himalayenne méridionale très élevée, représente la véritable chaîne de l'Himalaya, dans le sens le plus étroit, et constitue du côté Sud la plus belle muraille orographique qui existe sur la surface terrestre. La zone septentrionale (séparée de la première par une sinclinale élevée qu'occupe le cours supérieur de l'Indus et du Brahmapoutra) constitue la chaîne du M. Gang-ri.

La région asiatique à Nord de cette chaîne himalayenne se trouvant, par l'avancement du plissement terrestre, en une condition spéciale de fort refoulement horizontal, étant comprimée entre les Massifs anciens indien et sibérien, se rida fortement et à plusieurs reprises constituant les grandes chaînes compliquées de Kuen-Lun, de Tien-Schan, etc., chaînes subdivisables en différentes chaînes secondaires et se ramifiant variablement.

Entre l'Himalaya et la chaîne du Kuen-Lun il se forma de cette manière une sinclinale complexe (assez élevée sur le niveau marin, étant placée entre de hautes rides terrestres), savoir le fameux Plateau du Thibet. Entre la chaîne du Kuen-Lun et celle du Tien-Schan il se forma le haut bassin de Tarim.

La chaîne très compliquée du Tien-Schan vers l'Est va graduellement s'affaiblissant et se simplifiant, lui venant à manquer la cause originaire, c'est-à-dire le resserrement et la compression entre les Massifs indien et sibérien. Vers le Nord, au contraire, elle se relie, au moyen de rides sub-parallèles répétées (Alatau, Tarbagatai, etc.), à la zone hercynienne de l'Altai, s'y vérifiant même une liaison non seulement orographique mais aussi géologique, puisqu'il existe certainement un passage assez graduel entre les zones orogéniques du Tien-Schan et celles de l'Altai.

Vers l'Ouest la grande zone du Tien-Schan manquant, comme vers l'Est, de la compression que l'on pourrait nommer indo-sibérienne, va s'abaissant graduellement, et prend en même temp une direction vers le N. O. jusqu'à se relier souterrainement, et d'une manière plus ou moins parfaite, avec la partie la plus méridionale de la zone ouralienne entre l'Akmolinsk et la région aralienne.

Dans l'Asie orientale les rides orogéniques susexaminées sortant, dirais-je, de l'étreinte puissante où elles se trouvaient dans l'Asie centrale entre les Massifs anciens sibérien et indien, se déploient rapidement, causant un phénomène orogénique aussi grandiose que compliqué.

Les rides de l'Asie centrale, c'est-à-dire de l'Altyn, du Sun-Shan, du Nan-Shan, de l'Ala-Shan, de l'In-Shan, etc., se dirigent graduellement vers le N. O. subissant l'influence du Massif sibérien, dont elles sont séparées par la fameuse dépression du Désert de Gobi; mais ensuite, à cause du grand développement des rides archaïques dans les régions de l'Amour et de la Mandchourie, il s'y vérifient des phénomènes orogé-

niques compliqués que les connaissances géotectoniques actuelles de la région ne permettent pas encore de préciser nettement. Nous pouvons seulement dire en termes généraux que, tandis qu'une zone à facies ancienne se dirige vers le N. N. O. à constituer la chaîne saillante de Chingan (allant puis se relier aux véritables zones hercyniennes qui entourent le Massif sibérien), au contraire les rides orogéniques sont complexivement repoussées à Est et y constituent les reliefs archéo-paléozoïques existants près de Pekin, les chaînes de Shan-Alin, de Sichota-Alin, etc., allant ensuite se relie., plus ou moins directement, aux Monts Stanowyi, etc. dans le N. E. de la Sibérie (Voir page 42).

A l'Orient de ces rides asiatiques les zones orogéniques, se trouvant libres de s'épancher dans le grand bassin de l'Océan Pacifique, se disposèrent véritablement comme des ondes, en général reliées entre elles, anastomosées irrégulièrement d'une manière subcycloïde, constituant ainsi les arcs de la péninsule de Kamtschatka, des Iles Kouriles, de S^t Jonas-Sakalin, de Jezo, du Japon, de l'Archipel de Liu-Kiu ou Lu-Tschu, etc., limitant ainsi autant de dépression (Mer de Ochotsk, Mer du Japon, Mer orientale de la Chine, etc.); plus loin, à Est, se constitua encore, également en plein Océan, la zone orogénique de l'Archipel de Magelhaes (Iles Bonin, Volcan, etc.) se ramifiant et se reliant aux zones des Iles Mariannes ou des Ladrões, des Iles Peru-Lindsay-Anson, de Parece Vela (Douglas), de Los Jardines-Alligator R^{f.}, etc.

Les rides du S. E. de l'Asie, après avoir constituée par leur amoncellement contre le Massif ancien indien la grandiose chaîne montueuse de l'Himalaya et de l'Asie centrale, se trouvant manquer tout à coup à Sud ce soutien puissant, se ramifient de manière à former un compliqué et grandiose éventail orographique.

La zone de Kuen-Lun se continue vers l'Est (subdivisée en plusieurs sous-zones subparallèles) dans les chaînes de Marco Polo, de Tsin-Ling-Kan, de Ta-pa-Shan, etc.; ensuite les zones orogéniques se courbant peu à peu viennent constituer dans le S. E. de la Chine un beau système de rides subparallèles (spécialement remarquable celle de Ta-üi-Ling), qui s'anastomisent parfois et qui s'étendent jusqu'à la côte.

Ces ondes orogéniques se développent même encore librement dans l'Océan pacifique occidental: prirent ainsi origine l'Archipel de Liu-Kiu, l'Ile de Taiwan ou Formose et de Haï-Nan, le grand groupe des Philippines, l'étroite Ile de Palawan ou Paragua, les petites zones d'Ardasier Bank-Halbmond R^{f.}-Seahorse Bank, etc., de Trident R^{f.}-Tizard-Ile Discovery, etc. dans la Mer de la Chine; la zone de l'Ile Cayayan, etc. dans la Mer de Sulu, l'Archipel de Tauï-Sulu ou Iolo, etc. Se forma ainsi la grande et profonde dépression de la Mer méridionale de la Chine, outre au moins grand mais encore plus profond bassin de Sulu qui va s'abîmer jusqu'à plus de 5000 mètres sous le niveau de la mer.

La zone des Iles Peru-Anson, l'Archipel des Mariannes et la zone d'Iles Los Jardines-Alligator R^t. peuvent se considérer comme des ondes orogéniques éloignées périphériques à l'ensemble de rides que l'on vient d'examiner, spécialement à celle de Formose-Philippines.

La grande ride orogénique de l'Himalaya, à peine l'appui du Massif ancien indien lui vient à manquer, fléchit aussitôt vers Sud et S. E., se ramifie, se subdivise variablement, forme, dirais-je, une chête de chaînes de montagnes de Nord à Sud et vient ainsi à former le grand système Indo-chinois entre le Golfe de Bengale et le Golfe du Tonkin, système constitué par différentes chaînes montueuses, subparallèles, dirigées complexivement de N. O. à S. E., s'arquant seulement graduellement dans les montagnes de l'Annam et de la Cochinchine.

Dans leur développement vers le Sud ces zones orogéniques, n'étant plus comprimées et soutenues latéralement, s'abaissent graduellement, s'immergeant partiellement dans la mer et ne constituant plus que la péninsule de Tenasserin et de Malacca, l'Ile de Sumatra et, comme zone occidentale mineure, les Archipels de Andaman, de Nikobar, de Mentawai, etc., de manière à séparer la dépression de la mer méridionale de la Chine de l'Océan indien.

Si nous suivons maintenant l'ultérieur développement méridional et oriental, océanique dirais-je, de l'ensemble des zones orogénétiques que nous venons d'examiner dans le S. E. de l'Asie, nous voyons que, dans la région équatoriale elles se tournent, par un rapide courbement, vers l'Est parce qu'elles sentent l'influence du grand Massif ancien de l'Australie.

Ce fait donne ainsi naissance à un phénomène aussi curieux que compliqué de rides qui s'anastomosent, se compriment, se relient variablement entre elles d'une manière subcycloïde, ou à *ripple-marks*.

La zone orientale, faisant face à l'Océan indien, reste assez régulière, se continuant depuis Sumatra dans l'Archipel de la Sonde, savoir, dans l'Ile de Java, de Flores et de Tymor, se courbant ensuite un peu dans l'Archipel de Tymor-Lau, etc.

La zone orogénique principale, continuation spécialement de la péninsule de Malacca, ainsi que de la Cochinchine, se courbant et se soulevant fortement, constitue la grande et élevée Ile de Bornéo et l'Ile irrégulière de Célèbes, se reliant toutes les deux graduellement à Nord aux Philippines au moyen des zones de l'archipel de Palawan, de Taui-Sulu et de Sangir. De ces régions les zones orogéniques que nous étudions se développent irrégulièrement vers l'E. S. E. et constituent les Archipels arqués de Serang (Ceram) et de Halmahera (Djilolo), jusqu'à parvenir à la Nouvelle Guinée ou Papouasie où elles se soulèvent fortement et ensuite émergent amplement en plusieurs rides.

Parmi les zones orogéniques que nous venons d'indiquer il se ren-

contre naturellement plusieurs dépressions assez profondes, comme le bassin des Célèbes, profond plus de 5000 mètres, la Mer des Moluques, la dépression allongée de Flores, etc. Les fortes courbes qui, comme nous le remarquâmes, forment là les zones orogéniques font que parfois ces dépressions prennent la forme curieuse de puits énormes, comme l'on voit spécialement, entre les Iles de Banda et d'Ambon, dans la Mer de Banda qui plonge jusqu'à plus de 7000 mètres.

Une zone orogénique très importante se détachant de la Papouasie se dirige vers le Sud, traverse le détroit de Torres, et atteint le Cap York. De là, cette zone se trouvant comprimée contre le Massif ancien australien, s'accroît rapidement, se relève, se complique et vient ainsi constituer cette splendide et haute chaîne montueuse qui, avec le nom complexe de Cordillère orientale, forme justement la marge orientale de l'Australie et par la forme, la position, la constitution, etc., ne représente autre chose que la continuation de la chaîne des Alpes et de l'Himalaya, de sorte que l'on pourrait très bien l'appeler Chaîne des Alpes australiennes. Nous en suivrons ensuite le développement ultérieur, très intéressant (Voir page 33).

La zone orogénique principale de la Nouvelle Guinée s'étend au contraire pour un long espace vers l'Est, jusqu'à l'Archipel Lousiade (ou Massim); elle se développe en outre, comme un cercle compliqué plus extérieur, dans les Archipels de la Mélanésie (Taufi, Bismarck, Nouvelle Bretagne, Salomon, S. Cruz, Loyalty, Nouvelles Ébrides, Nouvelle Calédonie, Fidji ou Viti, Tongaou, Iles des Amis, etc.).

Puis la zone orogénique complexe de la Mélanésie se tournant en grande partie vers le Sud et convergeant avec les zones de l'Ile Norfolk et des Iles Kermadec, arrive aux Caps Nord (Otu) et Est (Wáiapu) de l'Ile Ika-a-Maui; là elles se soulèvent fortement et constituent ainsi les deux grandes îles de la Nouvelle Zélande. Nous verrons par la suite quel est le très important développement ultérieur de cette intéressante et grandiose zone orogénique (V. page 37).

A Nord de la zone orogénique de la Mélanésie que nous venons d'examiner se développe une autre grande zone ou onde périphérique, naturellement moins accentuée, qui donne naissance aux mille petites îles de la Micronésie (archipel des Carolines, etc.) et de la Polinésie.

Dans la Polinésie nous pouvons distinguer plusieurs zones subparallèles, c'est-à-dire: 1. une zone constituée par les archipels de Marshall ou de Ratak et Ralik, Gilbert, Ellice ou Lagune, Samoa ou Schiffer, Hervey ou Cook, Tubuai ou Iles Australes, Ile Oparo ou Rapa, Ile Bass, etc., zone qui, se prolongeant vers l'Est et puis se courbant vers le Sud et le S. O., va séparer le bassin Pacifique boréal en deux bassins; 2. à Sud une zone subparallèle à la première, encore plus déprimée, qui donne origine aux petites Iles de Haymet, Marie Thérèse, etc.; il ne serait pas impro-

bable que cette zone se prolongeant aussi vers l'Est et depuis se courbant à Sud et S. O. aille constituer une autre zone arquée, très déprimée, dont le Group Nimrod pourrait être un affleurement.

Une zone polinésique septentrionale, subparallèle à celle que nous venons d'examiner, donne origine aux archipels de Phoenix, de Tokelau ou de l'Union, de Manahiki ou Perhyn, de la Société, de Paumotu (Tuamotu ou Iles Basses). De là la zone orogénique polinésique poussant toujours plus vers l'Est en plein Océan Pacifique, et par conséquent se trouvant toujours plus éloignée de l'influence orogénétique des compressions latérales, va s'abaissant graduellement, ne donnant plus naissance qu'aux petites Iles Elisabeth, Ducie, Rapanui (Waiu ou Pâque ou Oster), Sala-y-Gomez, etc., jusqu'à ce que, se reliant plus ou moins directement avec la zone des reliefs insulaires de Masafuera, etc. elle se développe jusqu'aux côtes occidentales du Chili méridional et de la Patagonie en prenant peu à peu une direction de N. O. à S. E.

De cette manière l'Océan Pacifique vient à rester divisé en plusieurs grands bassins principaux, l'un septentrional ou boréal et l'autre méridional.

Mais le bassin méridional semble encore divisé longitudinalement par une zone de relief sousmarin qui, partant de la zone mélanésique orientale susindiquée (Samoa-Rapa, etc.) se dirige vers les régions antarctiques; cette zone pacifique-australe, dont l'île Dougerty ou Keates pourrait être un affleurement, se dirige ensuite vers le S. O. et se développant subparallèlement au continent du Pôle Sud, se courbant ensuite fortement, revient peut-être vers le Nord se relier à la zone des Iles Campbell-Antipodes-Chatham qui se trouvent à Est de la Nouvelle Zélande. Des recherches ultérieures bathymétriques sont absolument nécessaires pour pouvoir affirmer l'existence de cette zone arquée.

À Nord de la grande zone orogénique de la Polinésie l'on rencontre encore, parallèlement à cette zone, en plein Océan indien, d'autres zones, presque d'ondes périphériques très éloignées du Massif ancien australien.

Ces zones excentriques et isolées peuvent être complexivement indiquées comme deux zones principales, savoir: 1. Une assez irrégulière, qui se développe depuis l'archipel Anson (ou elle s'unit avec l'onde périasiatique de l'archipel de Magelhaes) jusqu'à celui des Sporades polinésiques et aux Iles Marquises. Cette zone dans un développement ultérieur vers Orient se courbe peut-être graduellement vers le Nord de manière à se réunir à la zone des Iles Gallego, Duncan, Clipperton, Rivila Gigedo, etc. et à devenir ainsi une zone périaméricaine occidentale (V. page 41). 2. Une zone septentrionale, qui semble tout-à-fait isolée, laquelle, prenant naissance à Ouest par le relief des Iles Ganges, se développe vers l'Est et constitue l'archipel allongé des Iles Sandwich ou Hawaï, s'abaissant ensuite vers le S. E.; mais peut-être elle aussi se

courbe graduellement vers le Nord comme sembleraient indiquer le Rocher Barney, New Baldago, Roca Coral, Nouvelle Ile, l' Ile Copper, etc. de manière à se réunir avec la plus extérieure des zones périaméricaines occidentales qui semble se joindre latéralement à l'Archipel Tlin Kiten (V. page 41).

Entre la zone de Morrel-Lisianskoy-Hawaï et la zone des Sporades polynésiennes-Iles Marquises il y a une zone transverse secondaire qui est indiquée par les Rochers Krusenstern, par l' Ile Johnston ou Cornwaltis, etc., zone intermédiaire qui semble aller aboutir vers l' Ouest à la zone de l'Archipel Anson, et vers l' Est à la zone des Sporades polynésiennes.

Entre ces diverses zones orogéniques principales de l' Océanie l' on rencontre naturellement plusieurs dépressions, allongées parallèlement aux zones de relief. Remarquons parmi les dépressions principales, à Nord de la zone des Hawaï, le bassin grandiose océanique de Tuscarora qui a une profondeur moyenne de plus de 5000 mètres et qui, vers l' Ouest, près de la zone des Iles Kouriles, s' affaisse jusqu' à plus de 8500 mètres. Entre la zone des Iles Hawaï et la zone Anson-Iles Marquises les bassins étroits et allongés d'Anson, Ammen et Belknap qui s' abaissent à plus de 5000 mètres et se développent amplement vers l' Est entre la zone arquée de Hawaï-Roca Coral-Copper, etc. et la zone arquée Iles Marquises-Gallego-Clipperton, etc., y constituant un grand Bassin Pacifique central. Entre la zone Anson-Iles Marquises et la zone micro-polinésique nous pouvons noter les bassins allongés, parfois anastomosés entre eux, de Challenger, de Miller, de Hilgard, etc. qui s' abîment dans quelques points jusqu' à plus de 6000 mètres. Entre la zone micro-polinésique et la zone mélanésique se trouve la profonde dépression Nares. Enfin entre la zone compliquée qui se déroule depuis la Mélanésie jusqu' à la Nouvelle Zélande et au continent australien nous trouvons les grandes dépressions Carpenter, Gazelle, Patterson, Thomson, etc. qui s' affaissent jusqu' à plus de 4000 mètres.

Laissant maintenant l' Océanie, cherchons de suivre le développement des zones orogéniques de l' Australie et de la Nouvelle Zélande vers le Sud, établissant d' abord que l' insuffisance, et souvent le manque complet de données, je ne dis pas même géologiques, mais géographiques et bathymétriques rendent naturellement très incertaines ces recherches.

Si les formations coralligènes n' étaient pas si limitées par les conditions climatologiques elles se présenteraient certainement très développées dans les régions marines circumpolaires et par leur présence elles faciliteraient beaucoup la recherche des zones orogéniques sousmarines.

La zone imposante des Alpes australiennes (V. page 31) dans son développement vers le Sud, après avoir constitué la Tasmanie, s' abaisse

rapidement ne donnant plus naissance qu'à l'Ile Royal Company; de là les données bathymétriques actuelles nous indiqueraient une espèce de large zone élevée dont le flanc septentrional se développerait vers le O. N. O. jusqu'à rejoindre les Iles de St Paul et de la Nouvelle Amsterdam, nous donnant à supposer un développement semblable de la zone orogénique que nous étudions. Mais dans l'attente de données bathymétriques plus certaines qui puissent résoudre la question, il semble probable que la zone principale des Alpes australiennes soit dirigée vers le Sud, sub-parallèlement à la zone de la Nouvelle Zélande, s'y reliant peut-être latéralement, jusqu'à rejoindre, au Cap de la Terre de Clarie, les Terres de Wilkes et les constituer en grande partie.

Remarquons cependant que M. D'Urville trouva dans la Terre d'Adélie un grand développement de Granit et de Gneiss, de manière à nous faire douter que ces régions puissent représenter une partie de la marge méridionale du Massif ancien austral (ou du Pôle Sud), ce qui renforcerait l'hypothèse indiquée plus haut d'une zone orogénique sous-marine, Ile Royal Company-Ile St Paul. Mais M. Wilkes trouva dans les mêmes régions des icebergs qui transportaient des fragments de Grès rouge et de Basalthe; ce fait, réuni à la considération que les Terres Wilkes sont relativement assez élevées et que les roches gnessico-granitiques sont très développées aussi dans les zones orogéniques récentes (*sensu lato*), nous porte à croire que les Terres de Wilkes ne représentent justement qu'une zone orogénique, continuation plus ou moins directe des Alpes australiennes; comme celles-ci, elles entoureraient partiellement un Massif ancien, celui du Pôle Sud.

La zone des Terres de Wilkes, après un développement remarquable de Est à Ouest, s'affaisse à l'Ile Termination dans l'Océan indien méridional, et, se dirigeant vers le N. O., va puis constituer les Iles Heard et Donald et principalement les Iles Kerguelen.

La grande dépression de l'Océan indien, à cause peut-être d'une rigidité relative, annoncée déjà par la rigidité spéciale des Massifs anciens indien, arabe et africain, ne prit pas une part très active aux ridements récents. Nous pouvons cependant indiquer: 1. La zone orogénique des Iles Laccadives-Maldives-Chagos, etc.; 2. La zone arquée, irrégulière et compliquée, des Iles Mascareignes (Iles Réunion-Mauritius)-Albatros-Nazareth-Saya de Mahla, Seychelles, Amirantes-Providence-Aldabra, Comores, etc. qui forment, dans leur ensemble, une sorte d'onde orogénique autour du Massif ancien madagascarien. Le relief de l'Ile Rodriguez pourrait représenter une autre petite zone orogénique.

Il ne serait pas improbable que des recherches bathymétriques ultérieures puissent nous indiquer que les Iles Cocos ou Keeling, Weihnachts ou Christmas, etc. doivent faire partie d'une petite zone orogénique,

peut-être partiellement interprétable comme une dernière indication occidentale et périphérique de la grande zone orogénique de l'Archipel de la Sonde.

Dans le Golfe du Bengale il y a peut-être une branche ou zone orogénique qui, se détachant de la zone Andaman-Nikobar, se développe vers le S. O.

De même à l'Est de l'Afrique, dans le Bassin indo-arabe, il y a une zone indo-arabe, sousmarine, qui se développe de N. O. à S. E. de manière qu'elle semble aller se réunir vers le Sud avec les zones subparallèles dans l'Océan indien central.

Entre le Madagascar et l'Afrique on observe une courte zone élevée, Bassas da India-Ile Europe, qui pourrait être une zone orogénique en voie de surgir.

La zone qui de la Tasmanie semble se diriger vers l'Ouest et rejoindre le groupe des Iles S' Paul et Nouvelle Amsterdam, se développe encore d'ici vers le Nord, de sorte qu'elle semblerait tendre vers les zones orogéniques de l'Océan indien central.

De même les zones relevées, quoique sousmarines, qui du groupe des Iles Crozet et Prince Edward tendent vers le Nord pourraient aboutir, même en s'abaissant, aux zones orogéniques circummadagascariennes.

Mais il n'est pas toujours facile de distinguer un phénomène local, de nature variée, d'avec les véritables phénomènes orogénétiques; par conséquent, dans les derniers cas indiqués, comme souvent ailleurs, des études spéciales sont absolument nécessaires pour distinguer les divers phénomènes.

Revenant à la zone indo-australe nous voyons que des Iles Kerguelen elle se dirige vers l'Est et constitue les Iles Crozet et Prince Edward; de là, subissant l'influence du Massif ancien africain, elle s'écarte légèrement à O. S. O. jusqu'à rejoindre les Iles Bouvet, Thompson et Lindsay.

Arrivés à ce point, la grande dépression océanique qui se déroule des régions australes aux parties méridionales du bassin atlantique occidental nous indique nettement que la zone que nous examinons ne continue pas son développement vers l'Ouest, mais est obligée à dévier; elle pourrait se bifurquer se dirigeant en partie à Sud et entourer la grande dépression abyssale atlantico-australe, se développant peut-être encore vers l'Ouest entre le Massif ancien australe et la zone du Shetland du Sud. Mais il semble probable que la zone Prince Edward-Bouvet, tout en s'abaissant parce qu'elle n'est plus comprimée entre des Massifs anciens, se dirige en partie vers N. O. jusqu'à aller constituer l'Ile Gough et le groupe de Tristan d'Akunha, présentant là peut-être des ramifications ou des zones latérales, comme nous semblent l'indiquer les données bathymétriques (reliefs de Enterprise Bank, de Barker Bank, etc.).

De la région de Tristan d'Akuhna la zone orogénique que nous examinons, se trouvant comprimée entre les Massifs anciens de l'Afrique et du Brésil, devient plus élevée et plus importante constituant le relief longitudinal bien connu de l'Atlantique et se révélant aussi à la surface de la mer par les petites Iles de S' Hélène et de l'Ascension, par des phénomènes volcaniques sousmarins, etc.

L'alignement régulier des Iles Fernando Po-Principe-S. Thomé-Anno Bon, dans le Golfe de la Guinée, peut-être correspond plutôt à une fracture linéaire, qui continue dans le continent africain (Région de Camerun, etc.), qu'à une véritable zone orogénique par ridement.

La zone orogénique atlantique après un développement remarquable de Sud à Nord est obbligée, à cause des développements relatifs des Massifs africain et brésilien-guyanien latéraux, de dévier vers O. N. O. donnant naissance à l'Ile de S' Paul; ensuite s'affaissant quelque peu, à cause de l'éloignement des Massifs anciens latéraux, elle rejoint l'ample région élevée, quoique sousmarine, bien connue sous le nom de Plateau de l'Atlantique.

Dans la région du Plateau la zone atlantique se bifurque se trouvant beaucoup moins sujette à des puissantes pressions latérales à cause de l'éloignement des Massifs anciens; une branche se dirige vers N. O., allant constituer le groupe des Iles Bermudes, et il ne serait pas improbable qu'elles continua de là plus ou moins directement jusqu'au Cap Hatteras de la Caroline, se pliant ensuite plus à Sud et constituant, ou pour le moins influençant, la formation de la zone de la Floride, de l'Archipel des Iles Bahma, etc. (V. page 39).

La zone atlantique principale continue son développement vers le Nord donnant origine, probablement par ruptures et ramifications, au groupe des Iles Açores. Là il s'est formé même, parallèlement à la zone principale, à cause de la pression qui y existe entre la zone atlantique et le Massif ancien Nord-américain, la zone secondaire submergée de Sainthill; d'une manière assez semblable l'on peut probablement expliquer la zone des Iles Madère-Banc Joséphine, etc.

Depuis les Açores la zone atlantique, continuant son développement vers le Nord, constitue le relief submergé de Faraday, se dirige un peu à N. N. O., mais ensuite, subissant l'influence du Massif ancien groënlandais, elle dévie vers N. E.

Mais dans ce développement septentrional de la zone orogénique atlantique elle vient à se trouver fortement comprimée entre les Massifs anciens groënlandais et calédoniens ici assez proches; par conséquent elle donne origine à des zones subparallèles, comme il faut peut-être considérer celle des Iles Fär Oër-Rockall-Lions' Bank; et c'est en se plissant fortement et en se fracturant qu'elle donna naissance à l'Islande avec ses grands phénomènes volcaniques.

Enfin la zone atlantique septentrionale s'abaissant peu à peu et se rapetissant, constitue l'île Jean Mayen, forme encore un relief qui divise en deux bassins la Mer glaciale septentrionale et va se perdre contre le Massif hercynien du Spitzberg et des îles Bären.

Revenons enfin à l'Australie et plus précisément à la grande zone orogénétique de la Nouvelle Zélande (V. page 31).

Subparallèlement à la grandiose zone de la Nouvelle Zélande on rencontre à Est une zone plus petite, indiquée par les îles Chatham ou Warekauri, Bounty, Antipodes, Campbell, etc.; cette zone, se courbant peut-être dans les régions antarctiques, peut aller se relier avec la zone pacifique-australe, supposition que nous avons déjà exprimée antérieurement (V. page 32).

Mais la zone orogénique principale de la Nouvelle Zélande se dirige assez régulièrement vers le Sud, tout en s'abaissant de manière à ne constituer plus que les petites îles Auckland, Macquaries et Emerald; elle reparait ensuite avec les îles Balleny et Young, se reliant peut-être là aux Terres de Wilkes; mais elle se développe spécialement dans la Terre de Victoria qui, pour ses chaînes d'élévation remarquable (Mont Melbourn presque aussi haut que le M. Blanc), pour le volcanisme actif (M. Erebus), pour la constitution géologique, etc., démontre d'appartenir au type des zones orogéniques récentes.

La zone orogénique de la Terre Victoria ne peut pas poursuivre son développement vers le Sud, mais elle est forcée de dévier vers l'Est, à cause du voisinage du Massif ancien austral (ou du Pôle Sud), qu'elle contourne probablement vers l'Est, comme la zone des Alpes australiennes contourne le Massif ancien australien.

De cette manière la zone orogénique en question se dirigeant vers l'E. N. E. doit constituer les terres entrevues par Ross le 23 février 1842, et celles entrevues par Wilkes en 1839, donnant origine ensuite à l'île Pierre I, à la Terre Alexandre I et enfin à la Terre Graham et à l'Archipel du Shetland du Sud.

La constitution géologique du Shetland du Sud est encore peu connue, s'étant seulement vérifiée par tous les explorateurs la fréquence de roches volcaniques; cependant, les recherches récentes de M. Bruce nous indiquent la présence de roches métamorphiques et de roches sédimentaires; le Dr. Donald a apporté des fossiles tertiaires recueillis dernièrement à Seymour Island par un baleinier norvégien; ces fossiles, selon G. Sharman et E. T. Newton, appartiennent à l'Eocène; l'on signale en outre des volcans éteints (Christensen Vulcan). Enfin, d'après les très récentes explorations faites par le navire Jason, dont les résultats furent publiés cette année, il y a aussi des volcans en activité (Le Lindenberg Zucherhut) dans l'Archipel du Shetland du Sud à environ 65° de latitude

Sud. Donc, malgré la présence aussi de terrains anciens, la région en question doit s'attribuer à une zone orogénique récente.

Du Shetland du Sud la zone orogénique que nous examinons tend à rejoindre, vers le Nord, la zone typique de la Cordillère des Andes qui contourne à Ouest le Massif ancien brésilien; mais, se trouvant elle pour un moment libre, dirais-je, dans son développement, non soutenue ou comprimée par d'autres zones; il se vérifie ici, entre la Patagonie et le Shetland du Sud, un phénomène semblable à celui que nous avons remarqué se produire entre l'Asie orientale et l'Australie. Savoir, la zone orogénique s'affaisse, avance fortement vers l'Est en un arc très étroit, presque une semi-ellipse, se subdivisant en de zones mineures qui donnent origine à plusieurs archipels: Orkneys du Sud, Sandwich du Sud, Géorgie du Sud, Iles Falkland, etc. Il existe peut-être un arc intérieur, plus petit et plus déprimé, qui réunit les petites îles plus septentrionales (Clarence, Elephant, etc.) du Shetland du Sud à celles plus méridionales du Cap Horn, mais les observations bathymétriques ne l'ont pas encore indiqué.

Il ne serait enfin pas impossible qu'une zone secondaire se dirigeât des Iles Falkland vers le N. E. de manière à se relier avec la grande zone atlantique centrale; mais les recherches bathymétriques récentes paraissent éloigner cette hypothèse, indiquant au contraire le développement de la dépression atlantique occidentale presque jusque contre le continent antarctique.

La zone orogénique principale une fois parvenue à la Patagonie, où elle paraît se relier latéralement à l'extrémité orientale de la zone déprimée polinésique ou du Pacifique (V. page 32), s'appuyant au grand Massif ancien brésilien, contre lequel elle vient d'être comprimée et contre lequel s'entassèrent les différentes ondes orogénétiques, doit naturellement se soulever d'une manière très remarquable.

Ainsi se forma la grandiose, typique, splendide chaîne des Cordillères des Andes, constituée, à vrai dire, de plusieurs rides subparallèles ou zones secondaires; ces rides sont généralement réunies en un seul faisceau, en une seule chaîne complexive; parfois cependant elles se distancent assez, formant diverses chaînes secondaires subparallèles entre elles, s'anastomosant variablement, comme spécialement dans la Bolivie et dans le Pérou. Dans la côte occidentale de l'Amérique du Sud, à commencer des monts de Santiago et de Valparaiso, l'on voit se détacher et s'individualiser une zone saillante, parallèlement périphérique à la grande zone des Andes; cette zone, après avoir constitué pendant un long parcours, une chaîne côtière, forme ensuite cette série d'Archipels et de mille petites Iles (Chiloë, Chonos, Taytao, Gr. Wellington, Hanovre, Ines, Hoste, etc.), qui terminent au Cap Horn, constituant ensuite cet arc sousmarin supposé qui reliait la Patagonie au Shetland du Sud.

A occident de la grande chaîne des Andes se développe peut-être

une zone déprimée, sousmarine, qui contournerait à une distance notable les côtes de l'Amérique du Sud, depuis le groupe des Iles Galapagos aux Iles St Félix, St Ambroise, Juan Fernandez, etc. se reliant peut-être latéralement à l'extrémité orientale de la zone polinésique ou du Pacifique (V. page 32).

Entre les massifs anciens brésilien et guyanien et la puissante ceinture montueuse des Andes il se forma une large dépression, représentée par les bassins de la Plata, du Paraguay et du bas Parana, la partie haute de l'énorme bassin hydrographique des Amazones et le bassin de l'Orénoque.

Mais voilà que dans l'Amérique centrale vient nouvellement à manquer, pour un long espace, le soutien, ou la compression plus ou moins directe des Massifs anciens: et voilà par conséquent que la zone orogénique que nous examinons, au lieu de poursuivre unique et directe vers la Sierra Madre de l'Amérique du Nord, se débande, se subdivise, se plie variablement à arc, vers l'Est.

La zone principale ou occidentale se continue ondulée, mais dans l'ensemble assez régulière, vers N. O., constituant ainsi la série, en grande partie montueuse, de l'Isthme de Panama-Costarica-Nicaragua-Honduras-S. Salvador-Guatémala-Isthme de Tehuantepec-Sierra Madre.

Une zone moyenne constitue la Sierra Nevada de S. Marta, ensuite l'archipel des Iles Buen Aire; se courbant, et contemporanément s'affaissant, elle va former le banc de l'Ile Aves; se relie ensuite latéralement aux zones extérieures des petites Antilles. Mais elle s'individualise nouvellement dans le petit bras occidental de l'Ile Haïti, formant ensuite la Jamaïque, les bancs Pedro-Serranilla-Rosalind, etc., jusqu'à ce qu'elle aboutit à la Côte Mosquita.

La zone orientale, beaucoup plus large que la zone centrale, après avoir contourné pour un long parcours le Massif ancien guyanien, comme chaîne montueuse (Cordillère de Mérida-M. Naiguala), se courbe et va constituer l'Archipel arqué des Petites Antilles; là cependant elle se dédouble. Effectivement, une petite zone, après avoir constitué la Sierra Maestra de l'Ile de Cuba, se dirige vers l'O. S. O., formant les bancs sousmarins du Petit et du Grand Cayman, de la Mystérieuse, etc., rejoignant puis enfin l'Honduras anglais; au contraire, une zone extérieure, plus importante, constitue la grande et longue Ile de Cuba, s'arquant graduellement à Ouest et puis à S. O. de manière à rejoindre et constituer la péninsule de Yukatan.

L'on a déjà indiqué plus haut (V. page 36) que la zone de la péninsule de la Floride, qui se continue avec l'Archipel des Iles Bahama, tout en ayant certainement des rapports avec la zone orogénique dernièrement décrite, pourrait peut-être s'interpréter comme le terme, plus ou moins direct, d'un bras (Bermudes) de la zone atlantique. Mais d'autre part cette zone (Bahama-Floride) pourrait aussi s'interpréter soit comme

un dédoublement de la zone des Antilles, soit comme une zone isolée qui se serait formée contre la zone des Antilles et la zone hercynienne des Alleghanys.

Entre ces différentes zones orogéniques de l'Amérique centrale nous rencontrons naturellement plusieurs bassins assez profonds, ainsi: 1. entre Vénézuëla et les Grandes Antilles le bassin caraïbique qui s'affaisse jusqu'à plus de 5000 mètres dans la dépression de Curaçao; 2. entre les zones mêmes des Grandes Antilles, l'étroite dépression Bartlett qui surpasse même 6000 mètres de profondeur près du Grand Kayman, et la dépression triangulaire de Yukatan, qui ne paraît pas atteindre les 5000 mètres de profondeur; 3. enfin, entre la zone extérieure des Grandes Antilles et l'Amérique du Nord, la grande dépression du Golfe du Mexique qui ne s'approfondit pourtant pas plus de 4000 mètres.

Revenant maintenant à l'Isthme de Tuheantepec (V. page 39) nous voyons que la grande zone orogénique de l'Amérique occidentale, se développant vers le N. N. O., se dédouble de suite nouvellement, constituant une chaîne orientale, ou M. Apache, et une chaîne occidentale ou Sierra Madre-M. Wahsatch, entre lesquelles se trouve le Plateau du Mexique. Ces deux chaînes dans leur développement vers N. N. O. tendent à se réunir, s'anastomosant souvent et constituant ainsi la chaîne grandiose et compliquée des Montagnes Rocheuses. Cette chaîne est escarpée et abrupte vers l'Est, s'abaisse graduellement par contre vers l'Ouest, avec plusieurs ondulations subparallèles, constituant différentes petites et grandes chaînes montueuses, entre lesquelles l'on doit principalement remarquer celle de Peak Mounts.

Entre cette grande zone orogénique du Nord-Amérique occidentale et le Massif ancien Nord-américain il se forma une très ample dépression occupée, en général transgressivement, par des terrains, principalement crétacés, qui, à partir du Golfe du Mexique, constituent la Plaine de Llano, la partie haute des grands bassins hydrographiques du Missouri, du Saskatchewan, de l'Athabaska, etc., jusqu'au bassin septentrional de Mackenzie; elle se rétrécit seulement dans les parties hautes de ce dernier bassin, parce que là, la grande zone des M. Rocheuses, dans la large courbe qu'elle forme vers le Nord, se pousse notablement contre le Massif ancien Nord-américain; à cause du grand développement des terrains archéo-paléozoïques cette zone prend même une facies de zone hercynienne.

A l'occident de la zone orogénique Nord-américaine que nous venons d'examiner, et parallèlement à cette zone, il y en a d'autres; savoir:

1. Une zone très importante qui forme la longue péninsule de la Californie, se prolongeant probablement vers le Sud comme zone sous-marine jusqu'aux Iles Cocos, Malpelo, etc., tandis que vers le Nord, se reliant au Mont S^t Bernardin par une branche occidentale de la Sierra

Madre, elle forme l'importante chaîne de Sierra Nevada-Cascade Range-Coast Range ou Alpes Maritimes de l'Amérique du Nord, etc.;

2. Une zone plus extérieure qui, à partir du Mont S^t Hélias à Nord, se développe vers le Sud et constitue l'Archipel de Haïda ou Tlinkiti (Iles Pr. Wales, Queen Charlotte, etc.), ensuite l'Ile Vancouver, puis la véritable Coast Range, se reliant après à la zone de la péninsule californienne;

3. Une zone périphérique plus déprimée, et par conséquent en grande partie sousmarine, qui, à partir de l'Archipel de Haïda se développe vers le Sud avec un petit arc, donnant origine à l'Ile de Guadeloupe, au Rocher Alijos, à une partie du groupe des Iles Revilla Gigedo, etc. jusqu'aux Iles Galapagos; de là cette zone sousmarine se continue puis probablement vers le Sud, parallèlement aux côtes occidentales de l'Amérique du Sud, ainsi que nous l'avons fait remarquer plus haut (V. page 39);

4. Enfin probablement deux autres zones périphériques bien éloignées de la côte américaine, en grande partie submergées, c'est-à-dire : la zone de la partie occidentale du groupe Revilla Gigedo-Ile Clipperton-Ile Duncan-Ile Gallego, etc. qui, se courbant ensuite vers l'Ouest, va peut-être se relier à la zone des Iles Marquises-Sporades polynésiennes, etc. (V. page 32); et la zone, encore plus déprimée et incertaine, de l'Ile Copper, qui pourrait, se courbant elle aussi vers l'Ouest, aller rejoindre la zone des Iles Sandwich ou Hawaï (V. page 33).

La zone compliquée et multiple qui entoure à l'Ouest le Massif Nord-américain se courbe, dans son développement septentrional, vers le N. O. et, ne trouvant plus un appui dans un Massif ancien voisin, elle se débande, dirais-je, se ramifie à plusieurs reprises et variablement, donnant naissance à une espèce d'éventail de zones orogéniques. Ces zones, trouvant la plus grande liberté de développement vers le bassin de l'Océan Pacifique, s'y disposèrent régulièrement à forme d'arc, avec la convexité à Sud, constituant ainsi une région comparable assez bien à celle des Antilles, de l'Archipel de la Sonde, etc.

Cette formation orogénique arquée qui relie l'Amérique du Nord (Alaska) à l'Asie orientale (Péninsule des Tchouktsches) se peut séparer en sept zones principales, savoir, du Nord au Sud :

1. Zone qui, continuant la direction des Montagnes Rocheuses, pousse jusqu'à la baie Mackenzie, de là se dirige à l'Ouest formant la chaîne côtière septentrionale de la West Georgie, jusqu'à ce qu'elle s'affaisse dans la Mer glaciale arctique, pour reparaitre dans la Terre ou Ile de Wrangel ou Kellet.

2. Zone qui, après avoir pour un certain trait continuée la direction des Montagnes Rocheuses, arrivée au Cercle polaire arctique se tourne à l'Ouest, bornant à Nord l'haut bassin hydrographique du fleuve Jukon

et constituant la péninsule de Konjagen, d'où, traversant le détroit de Behring, elle rejoint le Cap Est de la péninsule des Tchouktches.

3. Zone qui, se détachant de la seconde zone, peu à Est de la Baie Norton, va au Cap Romanzoff, émerge par l'Ile S^t Laurent, arrive au Cap Tchulkotskoi, pour se joindre ensuite à la seconde zone dans la Terre des Tchouktches.

4. Zone qui, partant de la chaîne des Montagnes Rocheuses au Sud du Cercle polaire arctique, forme le côté septentrional du bassin hydrographique du fleuve Macmillan; constitue une partie de l'Alaska Range, ensuite la chaîne Kuskokvim; plonge après dans la Mer de Behring où elle forme les Iles Nunivalk, S. Mathew, etc., pour rejoindre la côte asiatique au Cap Navarin.

5. Zone qui, se détachant de la chaîne Kuskokvim, va au Cap Newenham; plonge dans la Mer de Behring, y donnant naissance au groupe des Iles Pribylow, et va ensuite rejoindre la terre asiatique au Cap Oljutorskÿ.

6. Zone, très importante, qui après avoir constitué une grande partie de l'Alaska Range, forme la péninsule d'Alaska, ensuite l'Archipel long et arqué des Iles aléoutiennes ou Cathérines, allant rejoindre la côte orientale de la Péninsule Kamtschatka et de là la Terre des Tchouktches.

7. Zone, qui est la plus extérieure et la moins développée, prolongement septentrional de la zone Haïda-Mont S^t Hélias; après avoir constitué la péninsule Kenai, les Iles Keoliak, Chirikoff, etc. elle se perd vers l'Ouest, se reliant peut-être parallèlement aux zones voisines des Iles aléoutiennes.

Entre ces différentes zones orogéniques il se rencontre naturellement plusieurs zones de dépression: l'une d'elles, assez large, que j'appellerais dépression aléoutienne, se trouve entre les Iles aléoutiennes et la zone Pribylow; quelques autres existent entre la dépression aléoutienne et le détroit de Behring.

La zone orogénique compliquée que nous venons d'examiner, dans son développement ultérieur à Ouest dans la Sibérie orientale, se divise en deux bandes, l'une méridionale et l'autre septentrionale. La bande méridionale, où convergent successivement les différentes zones secondaires que nous avons dit rejoindre l'Asie entre le Cap Est et la péninsule Kamtschatka, va continuer la grande chaîne des M. Stanowyi, et ensuite (avec des irrégularités produites par la présence des Massifs anciens de la Mandchourie et de la Corée) va rejoindre à S. O. les zones orogéniques de l'Asie orientale (V. page 29).

Au contraire la bande septentrionale, constituée d'une branche provenant de la zone du Cap Est et de la zone subparallèle de la Terre de Wrangel, se dirige vers le O. N. O., se reliant peut-être latéralement entre elles dans l'Archipel de la Nouvelle Sibérie ou Ljakow, spécia-

lement aux Iles de Long, et poursuivant ensuite en arc courbé vers le Pôle Nord, jusqu'à rejoindre les Terres de François Joseph qui, par leur nature éruptive me semblent justement attribuables aux zones orogéniques que nous examinons ici.

Naturellement dans ces régions polaires arctiques nous sommes, comme pour celles antarctiques, dans le royaume des hypothèses pour la simple raison qu'elles ne sont pas connues, non seulement géologiquement, mais pas même géographiquement. Cependant, s'il est permis de tirer des conclusions d'un ensemble général de faits, je ne crois pas acceptable l'idée proposée et admise par quelques auteurs, que dans les régions arctiques puisse exister un continent qui réunirait la Terre de Wrangel au Groënland septentrional; il me paraît au contraire plus probable qu'il existe une zone, peut-être émergeant seulement de la Mer glaciaire comme une série de petites îles, plus ou moins étendues et nombreuses, savoir, comme un archipel, qui de la Terre de Wrangel et des îles les plus septentrionales de la Nouvelle Sibérie irait se relier, à travers la région polaire, à la Terre de François Joseph.

Cette zone orogénique qui pourrait être plus ou moins compliquée, se trouverait justement comprise et comprimée entre le Massif ancien groënlandais-nord américain et le Massif sibérien.

Ayant ainsi examiné sommairement le développement des Massifs anciens et des zones orogéniques qui constituent les reliefs principaux de la surface terrestre, nous allons considérer enfin les plus grandioses dépressions qui s'y rencontrent, dépressions qui sont en réalité bien moindres, plus étroites, plus limitées de ce qu'elles ne paraissent à la simple observation.

Effectivement, l'Océan Atlantique est constitué de deux longues dépressions, subparallèles entre elles, relativement étroites, intercalées par des zones orogéniques secondaires. La dépression ou bassin occidental se développe, à partir de la Mer polaire arctique jusqu'à la région circumpolaire antarctique, avec les intersécations des zones transversales des Bermudes, de l'Enterprise Bank, etc., en constituant ainsi trois dépressions principales, c'est-à-dire le Bassin boréal, le Bassin central-occidental et le Bassin austro-occidental. La dépression orientale s'étend depuis les mers norvégiennes jusqu'au Bassin de la Guinée, ou de l'Afrique occidentale, et de là, après l'interruption de la zone de Barker, elle se développe, comme Bassin austro-africain, autour de l'Afrique méridionale pour déboucher dans l'Océan indien.

Le Bassin de l'Océan indien est certainement très ample mais en réalité il est rétréci, par rapport à sa vastité apparente, par les zones orogéniques récentes, que nous avons examinées plus haut, qui le subdivisent en plusieurs bassins (bengalais, africain oriental, indo-arabe, etc.), le plus ample desquels est le grand Bassin indo-australien.

Quant à l'immense Bassin de l'Océan Pacifique nous remarquâmes qu'en réalité il est bien moins large qu'il ne paraît au premier abord ; en effet, les nombreuses zones asiatiques et polynésiques en réduisent très notablement l'ampleur, le divisant même en un grand et très profond bassin septentrional, en un bassin allongé central et en un moindre bassin méridional : ce dernier est subdivisé encore, par une ou deux zones longitudinales, en un bassin austro-oriental et en un bassin austro-occidental.

Essai de synthèse de l'évolution orogénique de la Terre.

Maintenant que nous avons examinés les lignes générales de l'orogénie terrestre, il nous réussit relativement facile, en résumant, d'indiquer à larges traits la série d'évolutions orographiques par lesquelles paraît avoir passé la surface terrestre du moment où s'ébauchèrent les premiers continents jusqu'à nos jours : nous pouvons de plus prévoir encore quel pourra être, en ligne générale, le degré et le mode d'évolution ultérieure à la quelle sera assujétie la surface de la Terre dans les époques géologiques futures.

Le globe terrestre, qui se trouvait originairement en état fluide, magmique, général, à cause de l'irradiation continue dans l'espace interplanétaire et de la conséquente perte progressive d'énergie calorifique se couvrit très graduellement d'une croûte solide.

Continuant le refroidissement de la sphère magmique, malgré cette enveloppe extérieure qui limitait à un certain degré la dispersion calorifique de la masse intérieure, la contraction continua aussi ; par conséquent le volume et, naturellement, le diamètre du globe, diminuèrent également.

L'écorce extérieure fut forcée par conséquent elle aussi à se réduire à un moindre espace pour suivre et s'adapter à la contraction de la masse intérieure ; mais cette écorce n'étant ni élastique, ni contractile, mais généralement déjà solidifiée, elle fut obligée à se plisser. C'est-à-dire, que se déterminèrent alors ces grandioses phénomènes d'énergiques compressions latérales, ces actions très puissantes de refoulement horizontal, par lesquelles la surface terrestre, soumise à de gigantesques efforts de tension, de compression, etc. fut absolument contrainte à se rider. De là les plis orogéniques, positifs et négatifs, qui moulèrent l'orohydrographie de la surface terrestre, avec l'accompagnement naturel d'une

foule de phénomènes plus ou moins importants, tels que étirements, rides, dislocations, failles, joints, cassures et parfois lacérations et déchirements si profonds qu'ils permirent la sortie du magma igné et donnèrent lieu, par conséquent, à des phénomènes volcaniques; le tout, soit par des mouvements lents et graduels ou bradisismes, soit parfois à saccades, avec des défauts d'équilibre, etc., savoir des tremblements de terre.

Ce phénomène de ridement ne prit point place uniformément sur toute la surface terrestre, mais commença à se vérifier et à s'accroître d'une manière spéciale à la fin de l'ère archaïque, dans la vaste région africo-arabe et, comme une espèce de grande vague périphérique à celle-ci, dans la région sibérienne, calédonienne, nord-américaine, guyanienne, brésilienne, australe, australienne, etc. Il en résulta par conséquent une sorte de dépression océanique, irrégulièrement subanulaire (atlantico-indo-méditerranéenne) et, diamétralement opposée à la zone centrale, dirais-je, du ridement africo-arabe, une zone immense de dépression irrégulièrement circulaire, la grande dépression de l'Océan Pacifique.

Ainsi tracés les noyaux des continents et les dépressions océaniques, le phénomène de plissement de l'écorce terrestre continua toujours incessant, presque rythmique et presque synchrone pour toutes les parties de la surface du globe, augmentant graduellement l'ampleur des continents initiés et diminuant contemporanément la primitive extraordinaire vastité des aires océaniques.

Pendant l'ère paléozoïque, contre les zones archaïques des Massifs primitifs, déjà partiellement émergées et consolidées, se formèrent et s'accrochèrent graduellement (en général par quelque côté seulement) plusieurs ondes orogéniques hercyniennes qui, émergeant peu à peu vers la fin de cette ère, vinrent étendre notablement les continents primitifs. Outre les ondes orogéniques qui se constituèrent contre les Massifs primitifs calédoniens, il s'en forma encore d'autres parmi ces massifs mêmes, comme la zone hercynienne typique, la zone ouralienne, etc.

Se sont ainsi constitués et pour la plus grande partie émergés les Massifs de première consolidation, les squelettes, dirais-je, des continents actuels.

Après une phase de relative tranquillité orogénétique, correspondante à une partie de l'ère secondaire, sur la fin de cette ère les mouvements orogénétiques s'accrochèrent de nouveau, produisant des nombreux ridements et par conséquent un extraordinaire élargissement des régions continentales, l'émergence de nombreux archipels, la constitution de plusieurs grandioses plissements sousmarins, spécialement dans les Océans pacifique et atlantique. De là prirent origine de grandioses phénomènes eustatiques, c'est-à-dire d'exhaussement général du niveau supérieur de l'hydrosphère, et, conséquemment, des grandioses et générales transgressions stratigraphiques etc.

Autour des ondes orogéniques, au fur et à mesure qu'elles se formaient et se consolidaient graduellement, il s'en constituait d'autres, se multipliant, s'amorcelant contre les Massifs anciens, de manière à donner naissance à des chaînes montueuses élevées (Alpes, Himalaya, Alpes australiennes, Andes, Montagnes Rocheuses, etc.), ou bien s'épanchant librement à arcs presque concentriques ou latéralement reliés là où elles ne trouvaient aucun obstacle à leur libre développement (Ébauche des Archipels de la Sonde et de l'Asie orientale, de la Région aléoutienne, des Antilles, du Shetland du Sud, etc.).

Dans l'étroit bassin méditerranéen les rides orogéniques durent se tordre en de différentes manières pour s'adapter aux diverses compressions auxquelles furent sujettes; elles se constituèrent d'une manière plus régulière dans l'Asie centrale; assez simple, et seulement ondulée selon l'allure des Massifs anciens latéraux, se constitua la grande zone orogénique longitudinale de l'Atlantique; répétées, subparallèles, mais presque linéaires dans leur développement, se formèrent et s'épanchèrent librement les rides orogéniques dans le vaste bassin du Pacifique, où commença à se vérifier une compression spécialement de S. O. à N. E. à cause de la lointaine influence des Massifs anciens australien et américains.

Pendant l'ère cénozoïque les zones susindiquées se dessinèrent mieux, car les phénomènes orogénétiques s'accrochèrent spécialement à la fin de l'Eocène, de l'Oligocène, du Miocène et du Pliocène; aux primitives rides alpines, déjà initiées dans l'ère paléozoïque et qui s'accrochèrent toujours d'avantage par les répétitions des efforts orogéniques successifs, vinrent ensuite graduellement s'ajouter les rides apenniniques et celles que nous pouvons nommer océaniques parce qu'elles se sont constituées et sont présentement en voie de formation dans les Océans et spécialement dans l'Océanie.

A cause de cet accroissement et de cet affermissement des rides orogéniques, les fractures, les lacérations de la croûte terrestre se vérifièrent toujours plus étendues, et plus profondes; les phénomènes volcaniques devinrent toujours plus fréquents, plus développés et plus grandieus.

De tout cet ensemble s'ensuivit un épanchement graduel et continu des continents à la place des Océans, un affermissement et un soulèvement notable des reliefs terrestres plus récents, tandis que, au contraire, les Massifs anciens, par des abrasions continuelles, s'aplanissaient peu à peu, parfois devenant même des régions submergées; quelques uns de ces Massifs commencèrent à se déchirer, à se fendre selon des lignes rigides, produisant des espèces de canaux plus ou moins larges, comme celui de la Mer Rouge et de la Mer Morte dans le Massif arabe, et comme ceux de l'Amérique septentrionale.

L'ère cénozoïque se ferma avec une accentuation orogénique gran-

diouse, générale, qui produisit de grands changements oro-hydrographiques sur les continents et dans les bassins; raffermi sensiblement les reliefs déjà constitués et en produisit d'autres; donna origine à un grand nombre de déchirements, en étendit et en approfondit quelques autres, causant un développement extraordinaire des phénomènes volcaniques.

De plus le fait orogénique puissant qui clôtura l'ère tertiaire fut la cause indirecte des phénomènes qui caractérisèrent l'époque dite *glaciaire*. En effet à la suite de l'accentuation, grandiose et générale, qui se vérifia alors dans les reliefs continentaux et dans les phénomènes volcaniques (d'où la constitution de nouvelles régions continentales et les variations survenues dans les bassins et dans les zones orogéniques sous-marines, et par conséquent dans les courants atmosphériques, marins et des eaux continentales), il en suivit naturellement une notable augmentation des précipitations atmosphériques, spécialement de celles neigeuses; ceci en rapport avec le phénomène, très important, que le soulèvement général des principales zones orogéniques continentales avait produit une grande ampliation, verticale et horizontale, des régions des neiges perpétuelles; régions qui sont précisément celles qui alimentent les glaciers.

Des phénomènes semblables doivent s'être produits dans les époques géologiques plus anciennes, lorsque se vérifièrent les plus grands et puissants phénomènes orogéniques, par exemple vers la fin de l'ère paléozoïque; mais probablement à cette époque le climat terrestre, bien plus doux qu'à la fin de l'ère cénozoïque, ne permit pas la formation de véritables phénomènes glaciaires.

De cette manière, sans recourir à des actions astronomiques ou d'autre nature, le seul fait de la grandiose, puissante et générale accentuation orogénique qui clôtura l'ère tertiaire (pendant que le climat terrestre continuait sa course ordinaire, très graduellement descendante) et qui causa naturellement des mutations oro-hydrographiques, météorologiques et climatologiques très importantes, suffit, à mon avis, pour expliquer l'*époque glaciaire*.

Ensuite les phénomènes orogéniques et volcaniques allèrent diminuant peu à peu d'intensité; par conséquent à motif soit du dessèchement des grands bassins graduellement émergés (ce qui diminua énormément les précipitations atmosphériques), soit de l'énorme abrasion et du notable abaissement des reliefs terrestres, soit des nouveaux phénomènes qui se vérifièrent dans les courants atmosphériques, marins et continentaux, et à cause d'autres changements divers oro-hydrographiques et climatologiques, le grand développement glaciaire alla diminuant, et l'époque glaciaire se transforma ainsi graduellement, en peu de milliers d'années, en l'époque actuelle.

Sur la fin de l'ère cénozoïque l'espèce humaine, qui se développa,

je pense, spécialement dans l'archipel de la Sonde, alla se propageant et s'étendant ; outre les diverses branches qui se développèrent en toutes directions, spécialement au long des zones orogéniques australiennes, polynésiennes, etc., un des rameaux principaux, remontant l'Asie orientale, où il donna naissance à l'ancienne civilisation chinoise, rejoignit probablement l'Amérique septentrionale à travers la zone des Iles aléoutiennes et de Behring et de là, redescendant le continent américain au long de ses zones orogéniques occidentales, alla donner origine aux anciennes civilisations du Mexique, du Pérou, du Chili, etc. Une autre branche très importante, suivant les zones orogéniques de l'Asie méridionale, fonda les anciennes civilisations indiennes, assyriennes, babyloniennes et égyptiennes et occupa le bassin circumméditerranéen, s'y développant enfin largement avec les civilisations phénicienne, grecque et romaine.

De cette manière les zones orogéniques principales de la surface terrestre constituèrent aussi les grandes routes par lesquelles l'humanité se développa et se repandit. Il est certain, d'ailleurs, que les phénomènes orogéniques eurent et ont encore une influence immense sur la distribution du monde organique, soit directement, soit indirectement, puisque c'est de ces phénomènes que dépendent les configurations orohydrographiques, le climat, la distribution des courants atmosphériques et marins, etc.

Continuant, quoique très lentement, le refroidissement du globe terrestre, les Massifs anciens, vieux et raidis, toujours plus abrasés dans leurs reliefs, se crevasseront, se fendront ça et là. Les zones orogéniques alpines se consolidant graduellement et par conséquent ne s'accroissant plus, viendront à être aussi peu à peu abrasées en grande partie et aplanies et finalement peut-être elles aussi se fendilleront, se crevasseront en de différentes directions.

Les zones apenniniques et océaniques s'accroîtront et s'étendront toujours d'avantage. De cette manière les bassins océaniques seront réduits à des régions assez limitées (Bassin pacifique septentrional, central, austro-occidental et austro-oriental ; Bassin indo-australien ; plusieurs Bassins atlantiques étroits et irréguliers, etc.) ; l'on verra s'élever des archipels nouveaux, de nouveaux continents, qui, étant accompagnés par des phénomènes de fractures, des déchirements, et par conséquent des phénomènes endogènes, prendront un aspect spécialement volcanique.

Venant en même temps peu à peu absorbée l'eau circulante sur la surface terrestre, l'atmosphère deviendra aussi toujours moins riche en vapeurs et le niveau de l'Hydrosphère s'abaissera ; par conséquent les anciennes régions continentales émergeront graduellement à forme spécialement de Plateaux, fissurés en plusieurs sens, à facies *martienne* ; les zones orogéniques plus récentes, en partie sous-marines dans le passé, seront réduites à des régions continentales irrégulières, à facies *lunaire*, dirais-je ; les bassins marins se rétréciront toujours d'avantage ; les pré-

cipitations atmosphériques deviendront peu à peu plus rares et pauvres, tandis que le climat terrestre continuera toujours sa lente mais inexorable course descendante, à cause spécialement de la diminution graduelle de la chaleur solaire ; les calottes polaires, malgré l'abaissement de la température, ne s'épancheront pas autant que l'on pourrait le supposer, cela a cause de la diminution des précipitations atmosphériques.

L'on arrivera ainsi graduellement à la phase martienne, dirais-je, dans laquelle le globe terrestre, presque froid et peut-être inanimé, roulera comme un simple satellite sans vie autour du Soleil, déjà alors lui même à un degré avancé de refroidissement et de contraction, et probablement dans les premières phases de son évolution orogénique.

Ce qui se vérifia et se vérifiera sur la surface du globe terrestre, se produira aussi, ou s'est déjà produit, de manières diverses, à la surface des plus grandes planètes.

Les corps celestes plus petits, au contraire, ne présentèrent probablement pas les séries régulières d'évolution orogénique qui se vérifient sur la Terre. Ainsi le globe lunaire s'étant refroidi assez rapidement, à cause de sa masse relativement petite, dut passer bien vite, pour sa partie superficielle, au stade que je dirais explosif ou volcanique ; il a en outre conservé son facies volcanique à cause de la rapide absorption de son atmosphère et de son hydrosphère sans que l'abrasion des reliefs qui s'y sont produits ait pu avoir lieu.

Les Planètes Saturne et Jupiter, à cause de leur énorme volume se trouvent encore à l'état fluide. Les Planètes Vénus et Mercure à motif de leur petit volume, quoique plus proches du Soleil et par conséquent plus jeunes que les premières, cosmogoniquement parlant, semblent se trouver dans un état évolutif beaucoup plus avancé ; peut-être se dessinent-ils dans ces planètes les noyaux des continents futurs.

Au contraire, la Planète Mars, à cause de son volume plus petit que celui de la Terre et à cause de son plus grand éloignement du Soleil, par rapport à la Terre, se trouve déjà dans un état d'évolution planétaire, et par conséquent aussi orogénique, très avancé et doit déjà présenter un refroidissement général, une consolidation plus profonde que le globe terrestre.

En effet, les continents de Mars sont en grande partie aplanis ; il ne s'y trouve pas des chaînes montueuses remarquables ; les régions continentales y ont atteint une extension beaucoup plus grande que les régions marines ; les massifs continentaux s'y sont déjà presque partout fendus, crevassés largement en tous sens, donnant origine aux fameux canaux, dont la gémiation est dûe à un phénomène d'optique ; l'atmosphère martienne est déjà devenue moins dense, assez pauvre de vapeurs, de sorte qu'elle se montre généralement sereine, limpide, transparente ;

les nuages y sont peu abondants, il y a presque seulement des brumes plus ou moins étendues ; les précipitations atmosphériques y sont rares, probablement réduites à des gélées blanches ; assez minces par conséquent les calottes polaires, facile et rapide naturellement leur liquéfaction périodique. Son hydrosphère, moins profonde et probablement plus minéralisée que celle de la Terre, à cause de l'évaporation moins intense, a été déjà absorbée en grande partie, de manière que souvent les continents émergent soit comme des Plateaux arides, sablonneux, rocheux, comparables assez bien aux régions désertes de l'Arabie, soit comme de larges, basses et plates plages sablonneuses alternativement submergées ou émergées, selon les marées, selon la fonte des neiges polaires, les inondations périodiques, etc., comme se produirait, par exemple, sur la surface terrestre, dans la région de la Mer du Nord, entre l'Angleterre et la Norvège, si le niveau de la mer s'abaissait de 100 ou 200 mètres.

Il faut encore remarquer que le globe martien, à cause de son refroidissement plus rapide (comparé à celui de la Terre), en rapport justement à son moindre volume, ne dut pas présenter une évolution orogénique aussi graduelle, variée et complète comme l'écorce terrestre, s'étant probablement arrêté, pour une grande partie de sa surface, spécialement aux premières phases.

Effectivement, si l'on observe sur la surface de Mars quelques zones étroites et allongées comme Deucalionis Regio, Pirrhæ Regio, Atlantis, Hespéria ou Istme de Niesten, etc. qui peuvent s'interpréter comme des rides ou des zones orogéniques comparables à celles hercyniennes et récentes de la Terre, (quoique maintenant très abrasées, épanchées, crevassées), au contraire la surface martienne en général paraît probablement s'expliquer dans son ensemble comme le résultat de la réunion d'un certain nombre de Massifs anciens ou calédoniens (dans le sens que nous avons donné à ce mot en traitant de l'Orogénie terrestre). Ces Massifs à présent aplanis par abrasion et pour la plus-part fissurés en tous sens, constitueraient le Continent Huygens (Memnonia, Amazonis, Zephiria, Aeolis, Arcadia, etc.), le Continent Copernic (Aeria, Arabia, Eden, etc.), le Continent Galilée (Ophir, Tarsis, Tempe, etc.), le Continent Herschel (Amenthes, Lybya, Isidis, etc.), la Terre de Secchi ou Hellas et quelques autres Terres mineures (Thyle, Argyre, etc.).

Même quelques configurations curieuses de la surface martienne semblent assez bien explicables selon les considérations et les comparaisons susindiquées. Ainsi par exemple si le Massif africain austral de la surface terrestre s'abaissait quelque peu et se crevassait profondément de manière que les eaux marines pouvaient pénétrer dans sa partie intérieure, savoir, dans la grande dépression du Kalahari, nous aurions sur la Terre quelque chose de semblable à la Thaumasia, ou Terre de Tycho, de Mars, avec son fameux Lacus Solis ou Mer Terby.

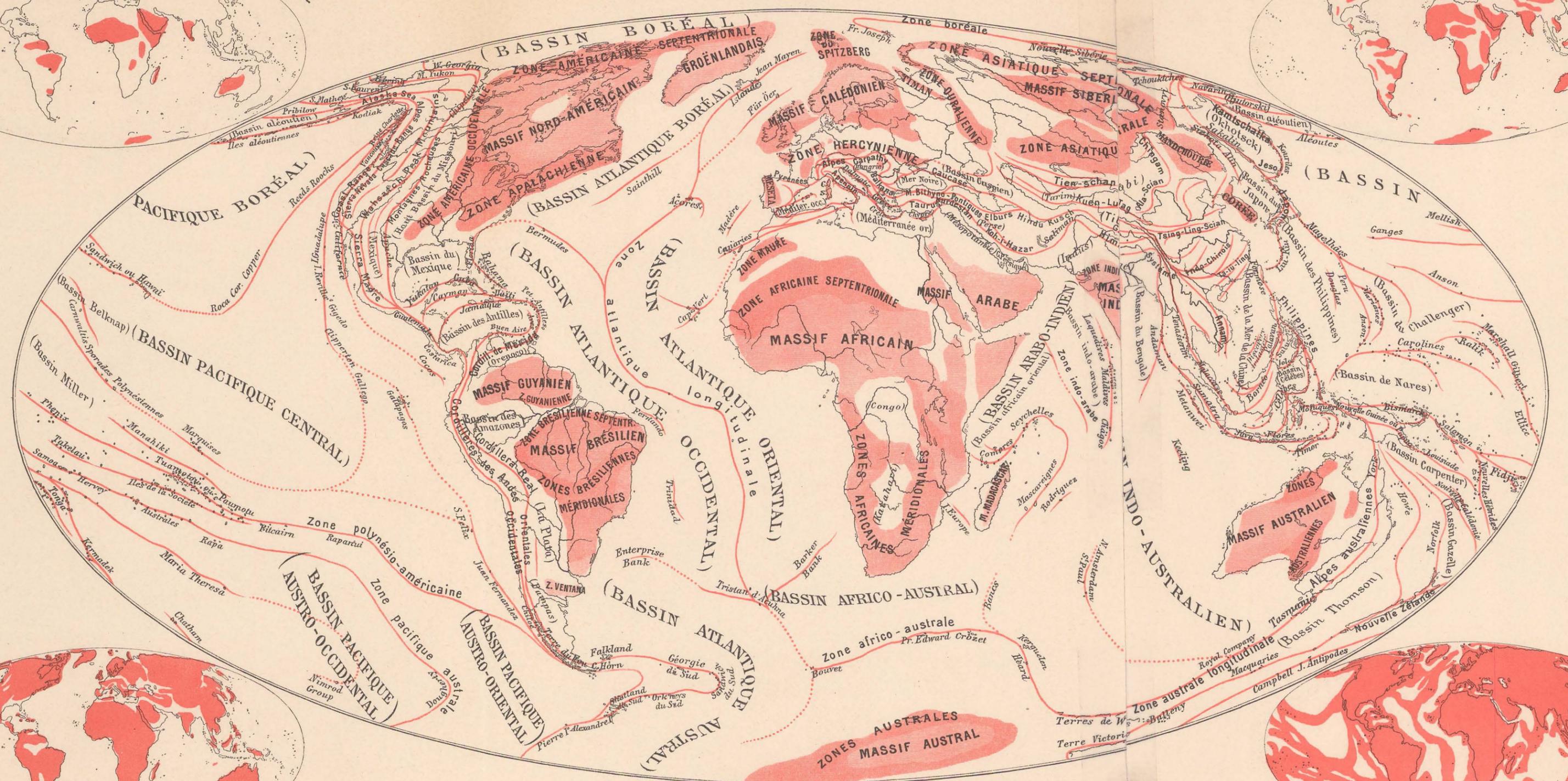
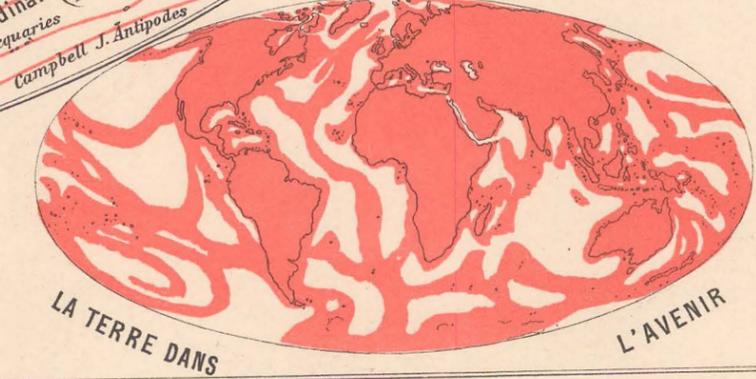
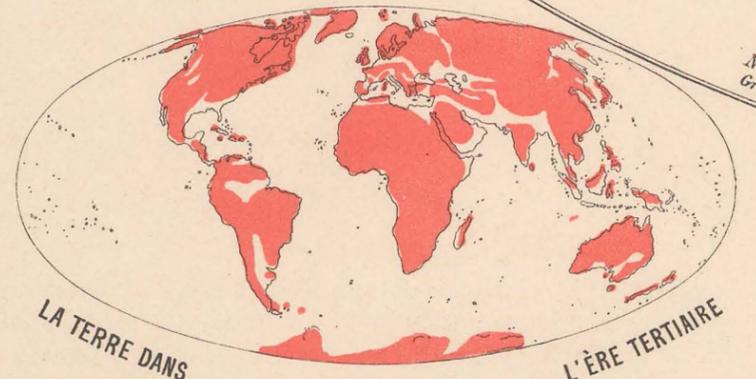
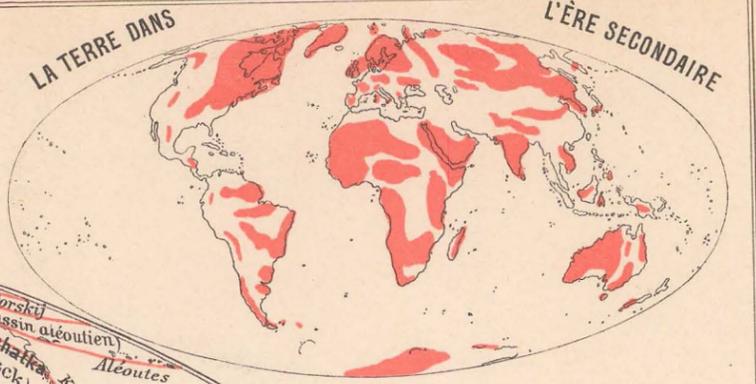
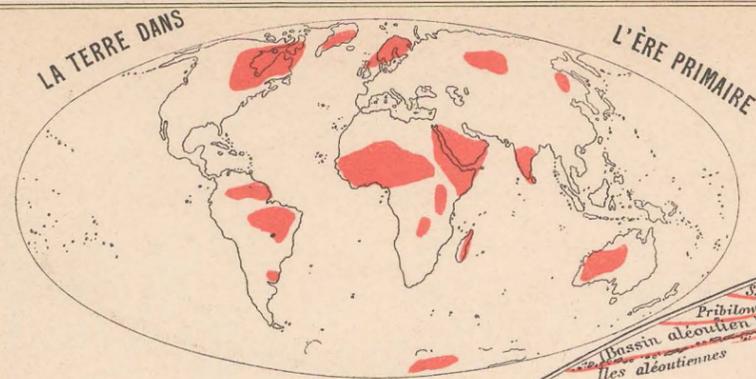
Mais il y a de plus; la région de la surface terrestre qui rappelle mieux l'aspect de la surface martienne est, à mon avis, le Massif ancien arabe, en forme de plateau presque désert, profondément et largement crevassé en diverses directions, à marges droites, à angles nets, etc.; un peu semblable est aussi la partie boréale de l'Amérique du Nord. Or, si l'on considère que le Massif arabe est constitué essentiellement par des terrains archaïques et que l'Amérique boréale est constituée spécialement de terrains paléozoïques, il semble assez logique d'en déduire (si cependant il est permis de tenter de faire de la géologie martienne ou mieux de l'aréologie, tandis que l'on est encore si incertains sur l'aréographie), d'en déduire, dis-je, par analogie: 1. que la surface martienne est en grande partie constituée spécialement de terrains qu'on pourrait appeler archaïques et primaires; 2. que son évolution orogénique n'a pas progressée beaucoup en général après les phases que nous pouvons appeler calédoniennes et hercyniennes, dans le sens terrestre de ce mot; 3. que par conséquent l'évolution organique de la Planète Mars, si même elle y prit commencement, étant en de très étroits rapports avec l'Orogénie, la Climatologie et les mille phénomènes qui s'y relie, se soit arrêtée aux phases que nous pouvons appeler paléozoïques ou mésozoïques, dans le sens terrestre de ces mots.

Mais nous nous sommes déjà trop avancés dans le champ des hypothèses. Arrêtons-nous donc dans l'espoir que les recherches bathymétriques, géologiques et géotectoniques ultérieures nous permettent de traiter avec plus de précision de l'Orogénie terrestre, et des ses différentes phases d'évolution, et que les recherches astronomiques futures nous fournissent des données plus certaines et plus précises pour pouvoir aussi ébaucher, au moins à grandes lignes, l'Orogénie des Mondes planétaires qui nous sont plus proches, et saisir ainsi les lois générales de l'évolution orogénique des Masses célestes.

Musée géologique de Turin, 14 Avril 1895.

ESSAI DE SCHÉMA OROGÉNIQUE DE LA TERRE

par FEDERICO SACCO 1895



Zones orogéniques récentes (alpines, apenniniques et océaniques) principales, simples ou complexes
 MASSIFS ET ZONES ANCIENNES { ZONES HÉRCYNIENNES (spécialement archéo-paléozoïques)
 MASSIFS CALÉDONIENS (spécialement archaïques)