

Ce document est extrait de la base de données textuelles Frantext réalisée par l'Institut National de la Langue Française (InaLF)

Rapport sur les progrès de la stratigraphie [Document électronique] / par M. Élie de Beaumont

p276

Trapézoédrique Ti du cap Bon / Hermaeum Promontorium / système du mont Viso. Le grand cercle placé au sixième rang dans le tableau des 183 intersections est le trapézoédrique Ti, qui représente le système du mont Viso. Ce cercle est assujéti à passer par le point T qui tombe à la pointe méridionale de l'île Victoria, dans l'Amérique boréale, et par le point I situé dans le Soudan, près du lac Tsad. Ses pôles sont placés aux intersections du *dodécaédrique rhomboïdal* auquel le point T appartient comme pôle, et de l'*octaédrique* qui a pour l'un de ses pôles le point I, c'est-à-dire au point C qui tombe dans la Bolivie, au N-O de Santa-Cruz-De-La-Sierra, et au point C qui tombe dans la mer de la Chine, entre la Cochinchine et l'île de Luçon. Le *trapézoédrique* Ti entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional. Au sortir de la mer du Nord, il aborde la côte de Belgique à l'est de Neuport et chemine au milieu de collines tertiaires parmi lesquelles il atteint, à Roosebeke, par son angle septentrional, un plateau de terrain tertiaire inférieur, continuation de ceux du mont Cassel et du Katzenberg, sur lequel il rencontre le *primitif* du Land' S End. Il franchit la Lys un peu au-dessous de Menin, suit une assez longue section de la frontière de France, traverse la Scarpe à Saint-Amand et l'Escaut près de Valenciennes, un peu en avant des glacis des fortifications, en passant au village de Vicoigne et à un kilomètre et demi à l'O-S-O de celui d'Anzin. Il traverse la bande souterraine de terrain houiller où sont exploitées les mines de Vicoigne et d'Anzin, dans la courbure qui la porte à l'O-N-O vers Lens. L'un des principaux *crochons* horizontaux figurés sur la carte spéciale de M D' Ormoy se trouve à 3 kilomètres à l'ouest de Saint-Amand. Notre cercle passe ensuite à un kilomètre et demi à l'O-S-O

p277

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

des remparts de Landrecies, en laissant à 8 kilomètres environ dans la même direction la pointe extrême du terrain carbonifère de la Belgique mis à nu dans la vallée de la Sambre. Il y a eu là peut-être, à une époque ancienne, un cap, en partie recouvert aujourd' hui, qui aura pu jouer un rôle important dans la géographie des périodes crétacées et tertiaires. Poursuivant son cours sur les craies de la Champagne, notre cercle passe aux environs de Vervins, où il coupe le *trapézoédrique* Tdb, représentant du système du Finistère ; il coupe l' Aisne près d' Asfeld et de son intersection avec le *bissecteur* Dh de Belle-île, rase, à Mourmelon-Le-Grand, le camp de Châlons, passe à Notre-Dame-De-L' épine et, côtoyant la vallée de la Marne, sort de la craie proprement dite par les coteaux qui dominant vers le nord Vitry-Le-François. Il traverse un peu au-dessus de cette ville la pointe de l' échancrure remarquable où les eaux de l' Ornin et de la Blaise se réunissent à celles de la Marne pour s' engager avec elles entre les coteaux de craie, comme celles de l' Yonne et du Serain le font à Saint-Florentin. Il coupe la Marne à Larzicourt, près de son confluent avec la Blaise et juste au point où les alluvions des deux rivières commencent à se confondre. Remontant la vallée de la Blaise, il coupe, sur des coteaux élevés de Gault qui repoussent un moment cette rivière vers l' est, le *trapézoédrique* Tabc , représentant du système du Longmynd, et au-dessus de Blezy, où la Blaise prend sa source, il traverse la ceinture des coteaux de l' étage oolithique moyen près du sommet de la côte d' Alun, l' un de ses points culminants. De là il descend sur le plateau de l' oolithe inférieure, où il coupe, à Villiers-Le-Sec, à cinq kilomètres à l' ouest de Chaumont, le *primitif* de Lisbonne. Cheminant sur le plateau oolithique , il arrive près de Longeau, où il descend dans la dépression dont le sol est formé par le calcaire à gryphées arquées ; il en tronque l' extrémité, à Piépape, de trois kilomètres seulement. Cette pointe de calcaire à

p278

gryphées qui s' avance au milieu des marnes du lias et des calcaires oolithiques est un autre cap méditerranéen non moins remarquable, mais sous d' autres rapports, que celui de Landrecies. C' est la pointe des terrains liassiques et triassiques qui se relèvent dans la partie orientale du département de la Haute-Marne autour des avant-corps des Vosges. Plus loin, notre cercle s' adapte aux accidents de détail des collines calcaires qui circonscrivent vers le nord le bassin de la Bresse, et, franchissant la Saône au sommet de la courbe prononcée que forme sa vallée à Apremont, il va raser à moins d' un kilomètre de distance l' extrémité N-E du massif de la forêt de Serre, formé par un relèvement des roches primitives et des trois étages du trias. Traversant ensuite une expansion de la Bresse, le *trapézoédrique* Ti va aborder le Jura par

Mouchard à l' O-N-O de Salins, et il rencontre près d' Aiglepierre, au pied du mont Poupet, en un seul et même point, l' hexatétraédrique Haa et le trapézoédrique Tb, représentant du système du Tatra. Ce point de croisement est remarquable, d' abord parce qu' il tombe au pied du mont Poupet, dont le profil domine tout le contour extérieur du Jura du côté qui regarde le N-O, et plus encore parce que les trois cercles qui s' y croisent produisent, chacun de leur côté, une forte impression dans les parties du Jura qu' ils traversent. Notre trapézoédrique coupe le Jura obliquement dans la direction Des Rousses et de Nion, et rencontre au N de Morez le bissecteur Dh, représentant du système du mont Seny. Laissant à quatre kilomètres de distance Salins à l' E-N-E et Champagnole à l' O-S-O il passe approximativement aux forges de Londaine, au bourg de Sirod, Aux Planches et à Foncines, où les vallées entament profondément le Jura, puis à l' extrémité d' aval du lac Des Rousses, et enfin dans la profonde dépression séparant le massif de la Dole de celui de Noirmont, par laquelle la route de Suisse descend vers Saint-Cergues. Cette ligne, qui représente plutôt une suite de déchirures qu' une

p279

série de sommités, passe avec une grande précision à la terminaison de plusieurs des crêtes individuelles dont l' ensemble du Jura se compose, et ce qui la rend particulièrement remarquable, c' est que, parmi les nombreux systèmes de soulèvement qui se prononcent dans ce groupe de montagnes si compliqué, ceux qui se dessinent à l' E-N-E ne sont pas entièrement les mêmes que ceux qui se dessinent à l' O-S-O. Notre cercle joue dans le Jura le rôle d' une de ces lignes de suture qu' on appelle en anatomie un raphe . Traversant le lac Léman entre Copet et Hermance, le trapézoédrique passe entre les Salèves et les Voirons, en coupant la saillie jurassique qui sert de base à cette dernière montagne. Il entre dans les Alpes en côtoyant la vallée de l' Arve, puis celle du Grand-Borvand, et, traversant la ceinture crétacée déjà très-élevée qui entoure les hautes montagnes de l' intérieur, il descend à la Giettaz, à Flumet, à Beaufort. Mais, dans ces dernières localités, il n' y a pas de hautes montagnes. Le terrain est formé par des assises jurassiques constituant des arêtes comparativement arrondies et peu élevées et reposant à stratification discordante sur les roches primitives, sur lesquelles coulent les torrents. Ces roches primitives, confinées ici au fond des vallées, établissent cependant la continuité entre la chaîne avancée de Belledone, du Grand-Charnier, du Bellachat, qui forme le flanc gauche de la vallée de l' Isère, et le massif du mont Blanc placé en arrière, sur un plan plus reculé vers le S-E. La chaîne primitive de Belledone et celle du mont Blanc expirent en deux points situés l' un en face de l' autre, des deux côtés du trapézoédrique Ti, et la vallée de

Beaufort forme entre elles une sorte d'impasse qui rappelle à quelques égards la vallée d'Aran dans les Pyrénées. Seulement c'est une impasse et non une voie librement ouverte, parce que le passage est barré par le massif calcaire du col du Cornet, qui s'appuie sur le chaînon primitif de Belledone et va, sans s'interrompre quoique en s'abaissant, envelopper l'extrémité du massif du mont Blanc. De plus, les deux chaînes primitives ne

p280

chevauchent pas comme dans les Pyrénées, l'une par rapport à l'autre, mais se terminent en regard l'une de l'autre relativement au trapézoédrique Ti qui passe entre elles sans les toucher. Il partage ce privilège avec le trapézoédrique Ta du système de Vercors, qu'il coupe en un point situé au fond de l'impasse, dans la partie supérieure de la vallée de Beaufort. Notre cercle, passant l'Isère au milieu des gisements d'anthracite situés entre Aime et Bellentre, atteint bientôt la vallée de Bosel, dans laquelle descend le granite des glaciers de Pezey pour y entourer le point d'intersection du trapézoédrique Ti avec le diamétral Dc, représentant du système des Alpes occidentales. Traversant ensuite la montagne de la Vanoise, en laissant à l'E l'aiguille du même nom, puis les montagnes calcaires qui couronnent à l'O-S-O le passage du mont Cénis, il descend en Piémont dans la vallée de la Doire, qu'il traverse entre Exiles et Chaumont. à partir de la Doire, notre cercle chemine sur les contre-forts du versant italien des Alpes jusqu'au point de croisement déjà cité au S-S-O de Coni, où il coupe simultanément le primitif de la Nouvelle-Zemble et trapézoédrique Tia, représentant du système du Morbihan. Dans l'intervalle, il est parallèle aux principales crêtes montagneuses, à la direction la plus habituelle de la stratification, à l'une de celles suivant lesquelles s'alignent les masses éruptives de serpentine, et aux grandes failles qui ont permis au gneiss du mont Viso de surgir à travers le terrain jurassique altéré. Il laisse à neuf ou dix kilomètres vers l'O-S-O cette élégante montagne qui se dessine sous des traits si pittoresques sur l'horizon de Turin. Dans d'autres parties des Alpes, où la stratification suit habituellement une direction différente de la sienne, on peut remarquer le parallélisme de notre cercle et de certains traits profondément marqués de la structure de la contrée. Ainsi, comme je l'ai déjà dit, il suit la vallée du Grand-Bornand et la partie de la vallée de l'Arve qui y fait suite ; mais en outre il est parallèle à la vallée de l'Arve,

p281

de Sallenches à Cluses, et même, quoique un peu moins

exactement, à la direction générale du long sillon un peu sinueux qui comprend, de Bourg-Saint-Maurice à Sallenches, les vallées du Chapiu et de Montjoie ; à celle d' une partie de la vallée de la Drance, de Morzine à Thonon ; à celle du Rhône, depuis Martigny jusqu' au lac de Genève, direction que prolonge celle de la vallée de la Drance d' Entremont-De-Saint-Pierre à Martigny ; à celles de plusieurs tronçons assez étendus de la haute vallée de l' Isère, etc. Au delà du point de croisement situé au S-S-O de Coni, notre cercle coupe la crête des Alpes Maritimes un peu à l' ouest du col de Tende, qui se trouve compris entre les deux trapézoédriques Ti / mont Viso / et Tia / Morbihan /, puis, rasant l' extrémité septentrionale du bassin pliocène allongé de Ventimiglia, il entre dans la Méditerranée par le fond du petit golfe compris entre Bordighera et San-Remo, après avoir coupé tout près de la côte le trapézoédrique Ttbbc, représentant du système du Sancerrois. Dans la Méditerranée, le trapézoédrique Ti effleure la côte S-E de la Corse, dont il tronque de quelques kilomètres les caps les plus saillants, suivant une direction parallèle à l' une de celles que les montagnes dessinent dans l' intérieur de l' île. Il coupe l' hexatétrédrique Hatta, représentant du système de l' érymanthe, et le point d' intersection tombe exactement à la porte S-E de la ville d' Ajaccio. Notre cercle pénètre ensuite en Sardaigne, près du cap Monte-Fava, traverse cette île parallèlement à la vallée longitudinale qui s' étend obliquement dans sa longueur et en sort par le cap Bellavista. Plus loin, il va raser le cap Bon, où il passe au point de croisement du dodécaédrique rhomboïdal , axe volcanique de la Méditerranée et du trapézoédrique Tdb du système des îles de Corse et de Sardaigne. Il entre enfin un peu à l' ouest de Tripoli dans le continent africain, où il passe au point l' voisin du lac Tsad et dont il sort par la côte S-E de la Cafreterie, un peu au nord du port de Natal.

p282

Dans la direction opposée, le même cercle côtoie dans toute sa longueur l' île de la Grande-Bretagne, en rasant la côte du Norfolk et en coupant les extrémités des montagnes de l' écosse dans les granites d' Aberdeen et dans les Paps Of Jura . Il rase à l' O la base sous-marine des îles Foeroë, et traverse , du Reydar-Fiord à l' Axar-Fiord, les plateaux trappéens élevés et profondément dentelés qui forment la côte N-E de l' Islande. Il en détache une lisière sur laquelle s' élèvent le Smjorffjal et d' autres montagnes considérables, et d' où se projette vers le N-E la longue pointe montueuse du cap Longanes. Gagnant ensuite, à travers le Groënland, le fond de la baie de Baffin, il atteint le point T de l' île Victoria où il est assujetti à passer, et il sort de l' Amérique boréale par l' île de la reine Charlotte. Je n' essayerai pas de décrire avec plus de détail son cours dans les contrées lointaines et peu connues où on peut le suivre dans le tracé de M Laugel, et je

me borne à insister sur la précision avec laquelle il est jalonné depuis la côte de la Belgique jusqu' au cap Bon de la régence de Tunis. Il coïncide à très-peu de chose près avec le grand cercle de comparaison provisoire du système du mont Viso. Ce dernier, orienté au mont Viso vers le (..) , va couper en Afrique le cap Bon. Le trapézoédrique Ti rase la pointe du cap Bon et passe dans les Alpes piémontaises à 9 ou 10 kilomètres à l' E-N-E du mont Viso ; la différence de position est insignifiante. Quant à l' orientation, le trapézoédrique Ti coupe le dodécaédrique rhomboïdal de l' Etna / axe volcanique de la Méditerranée / sous un angle de (..) . Pour avoir l' angle qu' il fait avec le grand cercle employé provisoirement pour représenter le système des Alpes principales, il faut, par les motifs indiqués dans la notice sur les systèmes de montagnes , diminuer cet angle de (..) et le réduire à (..) .

p283

Or, d' après le tableau de la page 854 de la notice , l' angle mont Viso-Alpes principales est de (..) . La différence est de (..) , c' est-à-dire complètement négligeable. Le réseau pentagonal fournit donc, avec la plus remarquable précision, dans le trapézoédrique Ti, le représentant cherché du système du mont Viso. Quant au système du mont Viso , considéré en lui-même, je n' ai rien à ajouter ici à ce qui en a été dit dans la notice sur les systèmes de montagnes , P 4 à 9 et ailleurs / voir la table de l' ouvrage /, et dans la première partie de ce rapport, P 7 et 9. trapézoédrique Tb / système de la Vendée /. le cercle inscrit au septième rang dans le tableau des 183 intersections est le trapézoédrique Tb, représentant du système de la Vendée. Ce grand cercle passe au point T du Pentagone européen qui tombe sur la plate-forme sous-marine des îles Hébrides, près de l' îlot trappéen de Saint-Kilda, et par le point B qui tombe dans l' océan Pacifique au nord des îles Sandwich. Il a pour pôles les intersections du dodécaédrique rhomboïdal et du bissecteur Dh, auxquels ces points T et B appartiennent comme pôles. Ces intersections, figurées dans le tracé de M Laugel, se trouvent, l' une dans les Andes de la Bolivie, l' autre dans le Cambodge. Le trapézoédrique Tb entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional. Traversant les terrains jurassiques, crétacés et tertiaires des comtés méridionaux de l' Angleterre, il coupe près du havre de Poole le primitif du Land' S End et entre dans la Manche en rasant à 2 kilomètres de distance les falaises escarpées de Handfast-Point, extrémité orientale de l' île de Purbeck, formées de couches crayeuses redressées presque verticalement. Au delà de la Manche, il coupe en un même point, à 15 kilomètres

p284

au N-N-O de Barfleur, le trapézoédrique Tia du système du Morbihan et le diamétral Dac du système des Pays-Bas, et il rase à 3 kilomètres de distance la côte granitique de Barfleur et les îles Saint-Marcouf. Il serait difficile de tracer à travers la Manche une ligne plus intimement en rapport avec deux des principaux accidents de ses côtes, car les falaises de Handfast-Point et de Barfleur sont exposées à toute la fureur des vagues qui en sapent les bases et les font reculer par degrés, et si des 2 ou 3 kilomètres qui les séparent aujourd'hui de notre cercle on retranchait les quantités dont elles ont reculé depuis que la surface du globe a pris son assiette actuelle, il resterait probablement fort peu de chose. Le trapézoédrique Tb entre dans le département du Calvados par le port de Grand-Camp, à l'extrémité des roches qui limitent l'embouchure de la Vire et au pied des coteaux de Saint-Pierre-Du-Mont. Il passe ensuite au milieu des mines de houille de Littry. Il coupe près de Montchauvet la bande de terrain silurien qui traverse le département du Calvados de Falaise à Coutances, et son intersection avec le trapézoédrique Tdb du système du Finistère tombe sur la crête silurienne qui domine Mauchamps. Plus loin, il touche deux petites protubérances granitiques qui s'élèvent au milieu des schistes antésiluriens, et il en effleure une plus large qui s'étend à l'ouest vers Tinchebray. Notre cercle traverse ensuite la bande silurienne qui s'étend d'Alençon à Mortain, et il s'adapte avec une précision toute particulière aux accidents qu'elle présente un peu à l'est de Domfront. Deux protubérances granitiques s'y élèvent, orientées l'une et l'autre de l'E-S-E à l'O-S-O mais sans être dans la prolongation l'une de l'autre, la plus orientale se trouvant reculée vers le sud. Elles laissent entre elles un jour tout juste assez large pour que le trapézoédrique Tb puisse y passer avec sa direction oblique. Il effleure près de Montsecret la première masse granitique, et il rase la seconde près de Juvigny.

p285

Il traverse dans l'intervalle des crêtes siluriennes assez élevées / 280 mètres / et orientées, comme c'est l'ordinaire dans la contrée, vers l'O-N-O ; cependant ces crêtes laissent voir aussi l'influence de notre cercle, car on en remarque deux à 4 kilomètres dans le N-E qui s'écartent des autres pour se conformer à sa direction. Tout cela était gravé sur la carte géologique générale de la France quinze ans avant qu'on eût même songé au réseau pentagonal. Plus loin, notre cercle effleure l'angle N-E du massif granitique de Lassay, et, après avoir coupé perpendiculairement près du Ribay le bissecteur Dh de Belle-île, il traverse le massif granitique de Trans. Il y est suivi presque parallèlement jusqu'à Bays, à 3 kilomètres dans le S-E, par une longue pointe de gneiss, dont l'invasion dans le granite paraîtrait un fait singulier si notre cercle n'en

fournissait immédiatement l'explication. Le trapézoédrique Tb passe ensuite vers l'extrémité S-O des petites montagnes des Coevrons, où il coupe la masse de porphyre de Rouessé, et il sort bientôt après des terrains schisteux en suivant l'axe d'un cap que forment ces terrains au milieu des dépôts jurassiques, et qui se termine au bourg de Loué, où notre cercle passe la Veyre. Dans l'extrémité S-O du grand bassin secondaire et tertiaire du nord de la France, notre cercle passe la Loire entre Langeais et Bourgueil, un peu au-dessous du confluent de l'Indre, rase à 4 kilomètres de distance le relèvement jurassique de Richelieu, touche celui qui se trouve à la porte occidentale de Châtelleraut, passe la Vienne au-dessus de cette ville, précisément au confluent du Clain, et, après avoir longtemps côtoyé la Vienne et rasé le massif isolé de gneiss de Moulisme, au S-O de Montmorillon, il passe du lias sur le gneiss du massif central de la France, un peu à l'est de l'île Jourdain. Traversant l'extrémité S-O du grand massif central, notre cercle passe à la montagne granitique proéminente / 492 mètres / de Peyrelade, l'un des signaux de la chaîne de triangles qui relie

p286

la tour de Cordouan à Fiume, et coupe à sa base méridionale le primitif de Lisbonne. Rasant ensuite ou effleurant légèrement les contours du lambeau jurassique de Saint-Victorien et des protubérances de granites porphyroïdes de Cognac, de Flavignac et de Nexon, il coupe entre ces deux dernières le trapézoédrique Tc, représentant du système du Hundsrück. Il sort enfin des granites du Limousin par les environs de Saint-Yrieix, en passant, près de Juillac, au milieu des petits lambeaux de terrain houiller qui font suite à celui de Brives, et en rasant une protubérance de serpentine accompagnée de gîtes plombifères et argentifères. Dans le bassin de grès bigarré de Brives, il passe la Corrèze presque exactement à son confluent avec la Vézère, et, s'étendant sur les terrains jurassiques de la Dordogne et du Lot, il va couper près de Saint-Cels, au nord de Cajarc, en un même point qui a déjà été mentionné, l'hexatétraédrique Hbaab de Nontron et le trapézoédrique Tabc du système du Longmynd. Il va passer ensuite à Saint-Amans, au confluent de l'Aveyron et de la Viaur, localité accidentée et remarquable comme étant la terminaison méridionale des granites métallifères des environs de Villefranche et de Najac, qui se perdent immédiatement après sous le grès bigarré et les terrains tertiaires. Cheminant d'abord sur ces terrains, notre cercle passe le Tarn un peu au-dessous d'Albi, rencontre, à l'ouest de Réalmont, la petite protubérance granitique isolée qui se montre dans le lit de la rivière d'Adou, et, passant à Castres, il va couper sur la crête des montagnes granitiques de Saint-Félix l'hexatétraédrique Hatta. Il passe ensuite l'Aude à Tresbes, et, après avoir coupé sur l'un des points culminants des

Corbières, au S-O de la Grasse, le *bissecteur* Dh du système du mont Seny, il descend vers le bassin des Pyrénées-Orientales. Il rase d'abord dans la vallée de l'Agly le pied de la montagne schisteuse sur laquelle est bâtie la tour de France, traverse la crête abaissée qui rattache aux Pyrénées le mont Forceral, formé de granite, qui s'élève au midi d'Estagel,

p287

et, passant à Millas, il côtoie au S-O de Thuir le bord de la zone schisteuse qui, avec une direction anormale pour la contrée, mais exactement parallèle à celle que nous poursuivons, forme de ce côté la limite des montagnes et le bord du bassin de Perpignan. Traversant ensuite, à 3 kilomètres à l'ouest de Bellegarde, la crête granitique qui forme la frontière, il se retrouve à Castillo, sur le versant espagnol des Pyrénées, dans le bord oriental d'un lambeau de roches schisteuses. Il n'en sort qu'en rencontrant le terrain crétacé dans le flanc droit de la vallée du Llobregat, après avoir suivi, depuis la tour de France, la limite orientale de la zone schisteuse sur une longueur de 50 kilomètres, ce qui constitue une adaptation des plus précises. Le *trapézoédrique* Tb pénètre ensuite dans la Catalogne en passant à 4 kilomètres à l'O-S-O de Figuières, et il entre dans la Méditerranée par le golfe de Palamos. Il coupe l'île de Minorque et traverse tout le continent de l'Afrique parallèlement à plusieurs longues sections, presque rectilignes dans leur ensemble, des côtes qui s'étendent du golfe de Guinée au cap de Bonne-Espérance. Du côté opposé, le même cercle traverse les îles Britanniques parallèlement, à peu près, à l'axe longitudinal de la Grande-Bretagne, de Handfast-Point, dans l'île de Purbeck, à l'île de North-Uist, dans les Hébrides, et Sir Roderick Murchison a constaté que sa direction est parallèle à celle des feuillets du gneiss ancien qui constitue la base de tous les terrains de l'Écosse. Il traverse l'Islande par le milieu du Vatna ou Klofa Jokul, qui s'étend du Snaefell au Skaptar Jokul, d'où sortit en 1783 la célèbre et funeste éruption qui ravagea les vallées du Hverfisfliot et du Skaptaa. Pénétrant jusqu'au centre de l'île, il en sort par une des pointes de la côte septentrionale, en passant entre l'Eyjafjord et l'Unadals Jokul, dont il rase presque le pied. Traversant ensuite les régions arctiques, il passe au point D de

p288

l'Amérique russe et se dirige vers les îles Sandwich, où il coupe l'île de Woahoo, en laissant à 17 kilomètres dans l'O-N-O le port d'Honolulu, capitale de l'île elle-même et de

tout l' archipel. Il est évident, d' après ces remarques rapides, qu' une monographie complète de ce cercle ne serait pas sans intérêt, mais ce qui précède me paraît suffire pour montrer qu' il est parfaitement installé sur les accidents de l' écorce terrestre. Les repères que j' ai cités d' après la carte de France, Handfast-Point, le ras de Barfleur, les pointes granitiques de Mont-Secret et de Juvigny, la montagne de Peyrelade, le confluent de Saint-Amans, le granite de Réalmont, la zone schisteuse des Pyrénées orientales et plusieurs autres, en fixent nettement la position et le placent encore parmi les cercles qu' on ne pourrait déplacer, même d' une très-petite quantité, sans leur faire perdre les prérogatives dont la nature les a doués. Il répond très-bien aussi aux conditions que doit remplir le représentant du système de la Vendée. Il coupe le *dodécaédrique rhomboïdal* de l' Etna sous un angle de (..) ouvert au N-O. D' après le tableau page 846 de la *notice* , l' angle Vendée-Alpes principales, qui est lui-même tourné au N-O, est de (..) ; mais, comme le grand cercle de comparaison provisoire qui a été employé dans le calcul des angles pour le système des Alpes principales s' écarte du *dodécaédrique rhomboïdal* de l' Etna de (..) vers le nord de l' ouest, l' angle déduit de l' observation doit être augmenté d' environ (..) pour s' appliquer au *dodécaédrique rhomboïdal* , ce qui le ramène à (..) . Il surpasse, par conséquent, l' angle théorique de (..) . M Rivière, qui a fixé la direction du système de la Vendée, s' étant borné à indiquer en termes généraux l' orientation N-N-O, il est évident que cette différence de (..) ne sort pas des limites d' incertitude que comporte cette désignation générale.

p289

La position du trapézoédrique Tb est très-admissible aussi. Le grand cercle de comparaison provisoire adopté d' abord pour le système de la Vendée passait, à la vérité, à Vannes, mais, depuis surtout que M Durocher a constaté l' existence du système de la Vendée en Norwège, cette position initiale arbitraire du grand cercle de comparaison a paru à l' auteur de la notice sur les systèmes de montagnes suspecte d' être trop reculée vers l' ouest : il a pensé que le représentant du système de la Vendée dans le réseau pentagonal pourrait bien passer dans les parages du cap Creus, terminaison orientale des masses de roches primitives des Pyrénées. Il l' a cherché d' abord parmi les cercles du réseau qui se croisent au point A, près de Minorque ; mais il n' y a pas rencontré d' auxiliaire qui répondît d' une manière satisfaisante aux conditions de la question. Il a alors cherché parmi les trapézoédriques qui passent au point T près des îles Hébrides, et il a trouvé ainsi le trapézoédrique Tb, dont nous venons de constater la convenance comme représentant du système de la Vendée. Quant au système de la Vendée considéré en lui-même, je n' ai rien à ajouter à ce qui en a été dit dans la notice sur les systèmes

de montagnes , page 93 et autres / voir la table de l' ouvrage / . Le système de la Vendée est jusqu' à présent le plus ancien de ceux auxquels on a essayé d' assigner un âge relatif, mais nous lui avons trouvé des repères précis dans des terrains très-divers, tous plus récents que l' origine première du système, même dans des terrains assez modernes et accidentés nécessairement plus ou moins longtemps encore après leur dépôt, tels que Handfast-Point, le confluent de la Corrèze et de la Vézère, etc. Cela confirme de nouveau ce qui a déjà été dit à plusieurs reprises dans ce rapport, que des accidents récents se sont très-fréquemment surajoutés à des systèmes stratigraphiques d' une origine très-ancienne.

p290

primitif de l' Etna / système du Ténare / . le système qui, d' après son orientation, fait suite à celui de la Vendée, dans l' ordre tournant que nous suivons, est le système du Ténare. Mais le *primitif* de l' Etna, représentant de ce système, ne traversant ni les parages de la Corse ni le cadre de la carte géologique de la France, n' a rien fourni au tableau des 183 intersections. Il n' a donc pas dû y être inscrit, et je n' ai rien à ajouter ici à ce que j' ai dit précédemment / Pi 37 / au sujet du *primitif* de l' Etna, ni à ce qui a été dit, dans la *notice sur les systèmes de montagnes* , relativement au système du Ténare. L' orientation du système du Ténare diffère très-peu , dans toute la France, de celle du système de la Vendée. Les grands cercles qui les représentent sont l' un et l' autre perpendiculaires au *bissecteur* Dh de Belle-île, qui passe un peu au nord de Paris, et, pour les points situés sur ce cercle, les deux orientations sont rigoureusement parallèles. Pour les localités situées au nord de ce *bissecteur* , les deux cercles convergent vers le point B situé au nord des îles Sandwich, et, par conséquent, le *trapézoédrique* Tb s' éloigne un peu moins du méridien que le *primitif* de l' Etna ; mais, pour Paris et pour toute la partie de la France qui est au sud du *bissecteur* , les deux cercles convergent vers le point B, antipode du premier, qui tombe dans le midi de l' Afrique, et le *trapézoédrique* Tb s' éloigne un peu plus du méridien que le *primitif* de l' Etna. Comme c' est là le cas qui se présente dans la presque totalité de la France, on a dû considérer le premier cercle comme venant avant le second dans l' ordre des orientations, mais il est certain que, dans toute la France, les deux orientations sont très-peu différentes, et ne pourraient être distinguées pratiquement dans l' observation de la direction des couches. Les *grands cercles de comparaison* des deux systèmes n' en sont pas moins parfaitement distincts. Ils sont éloignés sur le *bissecteur*

p291

de Belle-île de (..) , expression de l' angle sous lequel ils se coupent au point B situé au nord des îles Sandwich. Comme ils sont parfaitement jalonnés l' un et l' autre, on ne peut ni abandonner l' un d' eux, ni les remplacer par un cercle occupant une position moyenne entre les deux. Ils jouent dans la géologie comme dans l' orographie des rôles complètement indépendants. Quant au *système du Ténare* considéré en lui-même, je n' ai rien à ajouter à ce qui en a été dit pages 586, 76 i, liio et autres de la *notice* sur les systèmes de montagnes / voir la table de l' ouvrage /. Je dois cependant rappeler les aperçus présentés pages 27, l 89, l 92 et autres du présent rapport, au sujet de sa contemporanéité avec les deux autres grands systèmes volcaniques. diamétral Dac / système du Forez /. le cercle placé au huitième rang dans le tableau des l 83 intersections est le diamétral Dac, adopté comme représentant du système du Forez. Ce grand cercle passe au point D de l' Amérique russe et au point A situé dans la Méditerranée, près de Minorque. Il a pour pôles les intersections des deux cercles auxquels ces points appartiennent comme pôles, c' est-à-dire du dodécaédrique régulier du Sénégal et de la Nouvelle-Guinée et d' un bissecteur lh. Les deux intersections tombent l' une dans le Pérou, au N-E de Jauja, et l' autre dans le Cambodge, à l' O-N-O de Saïgon. Le *diamétral* Dac entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional. Il coupe, en Angleterre , la partie orientale du comté de Kent, et, traversant les falaises crayeuses qui bordent le Pas-De-Calais, il y pénètre entre le port de Douvres et le cap South-Foreland. Il coupe le *primitif* du Land' S End à la hauteur du cap Gris-Nez, qui marque l' entrée du détroit, laisse le cap à 7 kilomètres dans l' E-N-E, et, côtoyant un peu obliquement la côte de France, aborde la terre par le fort du mont

p292

Couple, entre Boulogne et le cap Alprech. Il passe au bas de la plage de Boulogne, à peu près au point que doivent atteindre prochainement les jetées prolongées. S' engageant bientôt après dans les plaines de la Picardie formées de terrains crétacés et tertiaires, il y coupe, à l' est de Nouvion, le *diamétral* Dac du système des Pays-Bas, et à Oroer, au N-E de Beauvais, le *trapézoédrique* Tdb du système du Finistère. Traversant ensuite l' extrémité S-E de la protubérance allongée du pays de Bray, il passe l' Oise à Bruyères, au-dessus de Beaumont-Sur-Oise, et va couper, au sud de Belloy, le *bissecteur* Dh de Belle-île. Notre cercle s' approche de Paris et coupe la partie orientale du département de la Seine par Villiers-Le-Bel, Noisy-Le-Sec et Boissy-Saint-Léger, en passant à l' extrémité N-E du bois de Vincennes, au-dessous du fort de Nogent-Sur-Marne. Il laisse les tours de Notre-Dame à moins de 8 kilomètres dans l' O-S-O. C' est une

distance peu considérable en elle-même, et que dans les contrées lointaines nous avons souvent traitée comme presque négligeable ; mais la précision des adaptations que nous avons rencontrées en France, presque à chaque pas, nous a fait resserrer insensiblement les limites de la tolérance, et nous nous bornerons à dire que le *diamétral* Dac passe à une faible distance de Paris. Poursuivant son cours par Lieusaint sur le plateau de la Brie, il en sort par la pointe du cap proéminent autour duquel tourne la Seine au-dessous de Melun, et, passant, sur la rive opposée du fleuve, au château de *vives-eaux*, il va traverser la forêt de Fontainebleau. Il laisse à un kilomètre et demi seulement vers l' E le point d' émergence de *la fontaine-belle-eau*, devenue, dès les temps mérovingiens, le rendez-vous de chasse des souverains de la France, origine première du palais séculaire et de la ville de Fontainebleau. Après avoir traversé le reste des plaines formées de terrains tertiaires et crétacés, notre cercle, avant d' arriver à Donzy, entre sur le terrain jurassique, où il coupe, près de Beaumont-La-Ferrière, dans

p293

la vallée de la Nièvre, en un même point déjà cité, le *primitif* de Lisbonne et le *trapézoédrique* Tia du système du Morbihan. Plus loin, rasant, près des forges de Dray, la pointe la plus avancée vers l' O de la ceinture des marnes irisées qui entoure le terrain houiller de la Machine, il passe la Loire au coude prononcé qu' elle forme à quelques kilomètres au-dessous de Decize. C' est là que commencent à se manifester les rapports de notre cercle avec les accidents stratigraphiques compliqués de ces parties centrales de la France. Au delà de la Loire, au milieu des forges, entre Neuville et Châtenay, le *diamétral* Dac rencontre dans la plaine tertiaire une légère protubérance de lias présentant deux noyaux granitiques. L' un de ces noyaux est allongé à peu près du N-N-O au S-S-E, l' autre de l' E à l' O. Notre cercle traverse le premier, qui est situé à l' E de l' autre, dans le sens de sa longueur, et, à son extrémité méridionale, il coupe aux bruyères, près de Saint-Parise-En-Viry, en un seul et même point, trois autres cercles du réseau, le *trapézoédrique* Tabc, représentant du système du Longmynd, le *trapézoédrique* Tc, représentant du système du Hundsrück, et le *trapézoédrique* Tb, représentant du système du Tatra. Ce croisement quadruple, en tombant avec une aussi grande précision sur l' étroit piédestal que la nature lui avait préparé, présente un nouvel et frappant exemple de l' accord qui, sous la forme de *hasards heureux*, se manifeste si souvent entre le réseau pentagonal et l' ordonnance des accidents de l' écorce terrestre. Ici l' accord profite à quatre cercles à la fois, au nombre desquels se trouve celui que nous poursuivons. Ce dernier continue son cours sur la plaine tertiaire jusqu' au fond du golfe qu' elle forme près de Lese pant, dans le bord des montagnes du Forez ; mais, depuis le bourg de Jaligny, près

duquel il coupe le *diamétral* Dac, représentant du système de la Côte-D' Or, notre cercle côtoie, à lou 2 kilomètres de distance, une petite rivière, la Besbre, qui passe à la Palisse . Cette rivière coule précisément au bord de la pointe montueuse qui prolonge les montagnes

p294

du Forez jusqu' à Moncombroux et Vaumas, c' est-à-dire jusqu' au cercle de la Côte-D' Or. Au-dessus de la Palisse et de Lese pant, le *diamétral* Dac côtoie encore, jusqu' à sa source près de Saint-Priest, le cours de la Besbre, qui, rectiligne dans son ensemble, malgré une foule de petits méandres , représente très-exactement la direction générale du système du Forez. De Saint-Priest à Noirétable notre cercle trouve cette direction exprimée plus nettement encore par la ligne séparative du porphyre quartzifère et du granite porphyroïde à gros grains, ligne à laquelle il se superpose rigoureusement. Laissant à l' O , à 3 ou 4 kilomètres de distance, les deux cimes les plus élevées des montagnes du Forez, le Puy De Montoncelle / l, 286 mètres / et la montagne de Pierre-Sur-Autre / l, 632 mètres /, notre cercle continue son cours au milieu des crêtes culminantes de la contrée jusqu' à la vallée de la Loire, qu' il traverse dans l' une de ses courbes les plus prononcées et les plus profondément encaissées, près du village de Retournas. Plus loin, dans le département de la Haute-Loire, il effleure l' extrémité N-E du bassin tertiaire du Puy, et, cheminant au milieu des trachytes, des phonolithes, des basaltes, il côtoie, à une très-petite distance, le pied occidental de l' arête qui forme la ligne de partage des eaux entre la Loire et le Rhône, arête sur laquelle s' élèvent, entre autres, la montagne trachytique du Mézenc, haute de l, 774 mètres, et le dôme de phonolithe du Gerbier-Des-Joncs, où la Loire prend sa source, et qui a lui-même l, 554 mètres. Laissant à un kilomètre à l' E-N-E le village de Sainte-Eulalie, bien connu des explorateurs de ce canton classique pour l' étude des roches volcaniques, notre cercle coupe, au pied occidental de la montagne granitique de la *Baricaude* , au S-S-O de Sagnes, le *bissecteur* Dh, représentant du système du mont Seny, qui lui-même s' adapte avec beaucoup de bonheur à l' orographie de la contrée. Le *diamétral* Dac pénètre ensuite dans les vallées pittoresques du département de l' Ardèche. Laissant à 2 kilomètres à l' E-S-E les

p295

petites villes de Thueys et de Montpezat, il coupe les colonnades basaltiques si souvent dessinées de Montpezat et du Pont-De-La-Beaume, et il sort de la région volcanique par la

coupe de Jaujac, l' un des plus élégants cratères éteints de la France centrale et le plus avancé de tous vers le S-S-E ; puis il traverse le bourg même de Jaujac, bâti sur la surface d' un petit bassin houiller. Il passe, au sortir des granites, à la ville de Largentière, et bientôt après il coupe l' Ardèche au port d' Ardèche, au-dessous de Ruons, à l' entrée des défilés sinueux et profondément encaissés où un double confluent lui amène les eaux de la rivière de la Beaume et de la rivière de Chassezac ; partie la plus fortement caractérisée de tout le cours de l' Ardèche, qui est cependant si accidenté. Dans le département du Gard, notre cercle s' adapte aussi aux courbures et au confluent de la Cèze, de l' Aiguillon, de la Dovègue, du Gardon, et il laisse le pont du Gard à 2 kilomètres à l' E-N-E. Dans les plaines caillouteuses que les courants diluviens ont laissées près des bords du Rhône, il rase à l' O, avec une remarquable précision, la proéminence crétacée couronnée de tertres tertiaires sur le flanc oriental de laquelle s' appuie Beaucaire, en face de Tarascon. Plus loin, passant au point de diramation des deux bras du Rhône qui entourent la Camargue, il suit le grand Rhône jusqu' à Arles, où il le traverse obliquement, en coupant le pont d' Arles, et en rasant le pied de la proéminence du terrain crétacé inférieur sur laquelle s' appuient cette ville antique et son amphithéâtre romain. Passant une dernière fois le Rhône, notre cercle entre dans la Camargue , où il coupe l' *hexatétraédrique* Hatta, et il sort du continent par la saillie extrême du Delta, pour aller dans la Méditerranée couper en deux points voisins, mais distincts, le *trapézoédrique* Ttbbc du système du Sancerrois et le *diamétral* Dc du système des Alpes occidentales. Les intersections des trois cercles, calculées correctement, forment un petit triangle, de quelques kilomètres seulement de côté, dont je signale l' existence, parce qu' il ne s' en est pas trouvé d' autre exemple dans le réseau qui couvre la carte de France. Partout ailleurs,

p296

lorsque les intersections se sont fortement rapprochées, elles se sont confondues en un seul et même point ; et l' on voit par là que les intersections avaient besoin d' être calculées avec soin, sans quoi on aurait pu prendre le petit triangle actuel pour un point. Au delà de la Méditerranée, le *diamétral* Dac pénètre en Algérie en coupant les roches anciennes du Djebel-Guerbès, près du cap Filfela, et, comme on peut le voir sur le tracé de M Laugel, il traverse l' Afrique dans toute sa longueur pour en sortir par la côte méridionale de la colonie du Cap. Du côté opposé, entrant en Angleterre par les collines crayeuses de Douvres, notre cercle suit les côtes de la Grande-Bretagne, dont il coupe toutes les saillies, à l' exception de la pointe du Caethness, qu' il ne fait que raser, et il va raser plus loin encore l' archipel des îles Foeroë, en suivant à peu près la direction suivant laquelle s' allongent les principales îles qui

le composent. Traversant ensuite les terres arctiques pour atteindre le point D de l'Amérique russe, où il est assujéti à passer, il prolonge son cours dans l'océan Pacifique, où il coupe l'île Oneeheow, qu'on peut considérer comme la plus occidentale de l'archipel des îles Sandwich, car plus loin vers l'ouest on ne trouve plus que des îlots. On voit que l'archipel volcanique des îles Sandwich s'est trouvé quatre fois sur la direction des cercles que nous avons étudiés : le *primitif* de l'Etna passe au Mouna-Roa, dans l'île Hawaii ; un *bissecteur* *Ih* / *Pi* 99 / passe, suivant une habitude qui lui est propre, par le canal qui sépare l'île Atooi de l'île Woahoo ; le *trapézoédrique* *Tb* du système de la Vendée coupe l'île Woahoo / *P* 288 /, et enfin le *diamétral* *Dac* du système du Forez coupe Oneeheow. Appuyé avec une grande précision sur des repères bien déterminés, ce grand cercle forme une des lignes géographiques de l'Europe, et d'après son orientation il paraît très-propre à représenter le système du Forez. Il forme, en effet, avec le *dodécaédrique* rhomboïdal de l'Etna, un angle de (..) tourné vers le N-E. L'angle

p297

*Forez-Alpes principales est, d'après le tableau de la page 8 47 de la notice, de (..) ; mais, comme le grand cercle de comparaison du système des Alpes principales, tel qu'il a été employé dans la construction des tableaux, s'éloigne de (..) du dodécaédrique rhomboïdal de l'Etna, l'angle du tableau doit être diminué d'environ (..) et réduit à (..) . La différence avec l'angle théorique, qui est tourné dans le même sens, est de (..) . Si l'on se reporte à la manière dont a été déterminée l'orientation du système du Forez / page 258 de la notice /, rapportée en nombres ronds par M Gruner à onze heures de la boussole, on verra que cette différence ne peut être regardée comme considérable. trapézoédrique *Tdb* du cap Bon Hermaeum Promontorium système des îles de Corse et de Sardaigne. le cercle placé au neuvième rang dans le tableau des 83 intersections est le trapézoédrique *Tdb*, représentant du système des îles de Corse et de Sardaigne. Il figure dans le tableau à cause des intersections qu'il forme, dans les parages de la Corse, avec plusieurs des cercles du réseau qui traversent cette île ou la France elle-même. Mais, toutes ces intersections tombant en dehors du cadre accessoire qui renferme la Corse, le cercle n'a pu y être tracé. Les points calculés ont servi à le construire sur les cartes de la mer Tyrrhénienne, ainsi qu'on l'a vu dans la monographie de ce cercle donnée précédemment / *P* 2 i 2 /. Je n'ai rien à ajouter ici à cette monographie ; seulement je vais examiner jusqu'à quel point notre trapézoédrique fournit un représentant convenable pour le système des îles de Corse et de Sardaigne. Le grand cercle de comparaison provisoire adopté pour ce système est le méridien même du cap Corse.*

Ce méridien passe à une assez petite distance du point D, centre du pentagone européen, placé près de Remda, en Saxe, pour qu'il soit naturel de chercher, parmi les cercles du réseau qui passent en ce point, le représentant du système des îles de Corse et de Sardaigne. Le trapézoédrique Tdb, mené du point D à un point B qui tombe dans le Benin, au fond du golfe de Guinée, sur le bord septentrional du massif montueux d'Ambozer, fait avec le grand cercle de comparaison du système du Ténare, vers le sud, un angle de (...). D'après le tableau de la page 848 de la notice, l'angle Ténare-Corse et Sardaigne, qui est tourné du même côté, est de (...). La différence est de (...). On a cru pouvoir faire abstraction de cette différence; l'auteur avait pris, pour grand cercle de comparaison provisoire du système des îles de Corse et de Sardaigne, le méridien du cap Corse, parce que le trait le plus frappant et le plus caractéristique de l'ensemble de la structure des îles de Corse et de Sardaigne est leur parallélisme avec le méridien. Mais ce caractère n'a pas en lui-même assez de précision pour qu'il soit possible de dire si elles sont parallèles plutôt au méridien du cap Corse qu'à un méridien situé à environ un degré et demi plus à l'est, lequel donnerait exactement l'angle que nous venons de trouver. On peut donc regarder le *diamétral* Tdb comme représentant d'une manière satisfaisante la direction du système des îles de Corse et de Sardaigne. La monographie de ce cercle donnée ci-dessus / P 2 i 2 / a montré qu'il est très-bien installé sur les accidents orographiques et géologiques de l'écorce terrestre. Tout remarquable qu'est en lui-même l'axe des îles de Corse et de Sardaigne, s'il était prolongé au nord et au sud, il serait moins heureux dans ses rencontres; car le groupe des îles de Corse et de Sardaigne se fait remarquer surtout par son isolement et son indépendance au milieu de tout ce qui l'entoure. Le *trapézoédrique* Tdb élude cette difficulté avec une sorte d'adresse, qui, comme on l'a déjà vu plusieurs fois, est souvent l'apanage et le

p299

caractère des cercles du *réseau pentagonal*. Je crois qu'il représente très-bien le système des îles de Corse et de Sardaigne. Le groupe si remarquable de ces îles forme dans l'ensemble du système un chaînon parallèle au *grand cercle de comparaison*, mais placé à quelque distance de lui, phénomène très-fréquent et dont les Pyrénées offrent un exemple déjà signalé. Quant au système des îles de Corse et de Sardaigne, considéré en lui-même, à sa composition, à son âge relatif, je n'ai rien à ajouter ici à ce qui en a été dit dans la *notice sur les systèmes de montagnes*, pages 468, lo 7 i et autres / voir la table de l'ouvrage /, et dans la première partie du présent rapport / P 9 /. octaédrique de Mulehacen. le cercle placé au dixième rang dans le tableau des / 83

intersections est l' octaédrique de Mulehacen. Ce cercle ne traverse la carte géologique de la France que dans les parties voisines du côté occidental du cadre. Il tombe en entier dans l' espace consacré à l' océan Atlantique ou dans celui où pourraient se trouver les parties de l' Espagne que la nécessité de réserver une place aux légendes a empêché de figurer. Ses points d' intersection avec les autres cercles du réseau pentagonal ont cependant été calculés et construits sur la carte. Ils ont servi à tracer le cercle lui-même et ceux qui le coupent ; mais cette construction n' a conduit à aucune remarque susceptible d' être ajoutée à la monographie de l' octaédrique de Mulehacen donnée ci-dessus / Pii 6 /. Je dirai seulement qu' on n' a pas encore signalé de système de montagnes auquel ce cercle puisse servir de grand cercle de comparaison , et que , jusqu' à nouvel ordre, il paraît n' avoir été jalonné sur la surface du globe que par l' influence de la symétrie.

p300

hexatétraédrique Haa. ce cercle passe au point A de la Norwège et au point A voisin de Minorque, et, par suite, au point H situé dans l' océan Atlantique austral, au sud-ouest du cap de Bonne-Espérance, et au point H situé dans l' océan Pacifique, au sud des îles Aleutiennes. Il est perpendiculaire au primitif du Land' S End, et il a pour pôles les deux intersections de ce primitif avec les bissecteurs lh, auxquels les deux points A appartiennent comme pôles. Ces deux intersections, figurées dans le tracé de M Langel, tombent l' une au sud-ouest de Sumatra, un peu au midi de l' équateur, et l' autre un peu au nord de l' équateur, à l' est des îles Galapagos. l' hexatétraédrique Haa pénètre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional, et il atteint presque immédiatement la Meuse, qu' il traverse entre Maaseyk et Ruremonde. Sur sa rive droite, au sortir de la Campine, il coupe la vallée de Heerlen, au point où il est coupé perpendiculairement par le primitif du Land' S End et près de celui où disparaissent, dans les flancs de la vallée, les assises des terrains crétacés inférieurs des environs d' Aix -La-Chapelle et de Maestricht. Il passe ensuite à Galoppe, à Verviers et à Spa ; un peu au nord de Spa, il coupe le diamétral Dac du système des Pays-Bas, dans une contrée enveloppée encore dans les accidents de stratification qui se rattachent à ce dernier système. Poursuivant son cours à travers les parties culminantes de l' Ardenne, il laisse à l' est Stavelot et Viel-Salm, à 3 kilomètres, et il coupe, à 6 kilomètres à l' est de Houffalize, le trapézoédrique Tdb du système du Finistère. Bientôt après, au point de partage des eaux entre la Sûre et l' Attert, il coupe en un même point le bissecteur Dh de Belle-île et le trapézoédrique Tabc du système du Longmynd. Sortant alors de l' Ardenne, il parcourt les terrains jurassiques

du Luxembourg et de la Lorraine, où il coupe, près de sa pointe, le large promontoire oolithique sur lequel s'élève la place de Longwy. Sans sortir de l'oolithe inférieure, il coupe la rivière d'Ornes à moins de 1 kilomètre à l'ouest du bourg de Conflans-En-Jarnisy, ainsi nommé à cause du confluent de plusieurs cours d'eau ; il coupe aussi la rivière du Ru De Math près d'un confluent du même genre, au-dessus de Thiaucourt, et il rase la ligne terminale des coteaux coralliens. Il laisse seulement à l'est les deux tertres isolés de la côte Barine et du mont Saint-Michel, qui dominent d'une manière pittoresque la ville de Toul et le cours de la Moselle, dont les eaux se replient vers Frouard, en évitant de toucher notre cercle. Plus loin, ce même cercle coupe, au sud-est de Colombey, le *primitif* de Lisbonne. Il passe, à l'est de Neufchâteau, au confluent de la Vraine et de la Vair ; puis, effleurant les coteaux de Châtenois et de Crainvilliers, il laisse Contrexéville à 5 kilomètres à l'est. Il parcourt dans sa longueur le plateau de Muschelkalk où s'élèvent le mont Heuillon et d'autres collines isolées, et coupe, à Fresnes-Sur-Apances, dans un confluent, la rivière qui descend de Bourbonne-Les-Bains, dont il laisse les sources thermales à 6 kilomètres dans l'ouest. Il atteint enfin les coteaux jurassiques de Noroy-Lès-Jussey, où il coupe en un même point, à Saint-Marcel, le *diamétral* Dac du système de la Côte-D'Or et le *trapézoédrique* Tc du système du Hundsrück. Dans cette partie de son cours, notre cercle est très-heureusement placé, car on peut dire qu'il trace à peu près la limite entre les Vosges et la Côte-D'Or. Traversant ensuite les collines de la Haute-Saône, l'*hexatétraédrique* Haa va passer le Doubs un peu à l'ouest des grottes d'Oisselle, et entre dans le Jura, où il coupe, en un même point déjà cité, près d'Aiglepierre, au pied du mont Poupet, le *trapézoédrique* Ti du système du mont Viso et le *trapézoédrique* Tb du système du Tatra. Dans l'intervalle entre le Doubs et le mont Poupet, il est à peu près parallèle à quelques-unes des failles et des crêtes qui accidentent

p302

le bord du Jura, et il traverse la vallée de la Loue à Port-Losney, au sommet de l'une de ses courbures les plus prononcées. à partir du croisement d'Aiglepierre, notre cercle traverse obliquement le Jura, pour en sortir précisément par le bourg de Châtillon-De-Michaille, bâti près du confluent de la Semine et de la Valserine, après avoir coupé, à un kilomètre à l'ouest du Bouchoux, le *bissecteur* Dh du système du mont Seny. Dans ce trajet, il coupe l'Ain au-dessus de Pont-Du-Navois, près du point où son cours s'infléchit brusquement vers le sud, et de là à Châtillon-De-Michaille il rencontre une série de profondes anfractuosités, qui dérangent la stratification générale et qui s'adaptent fréquemment à sa direction, telles

que la gorge du Lison, qui tombe dans la Bienne à 4 kilomètres à l'ouest de Saint-Claude. Il passe aussi à la crête aiguë, dirigée à peu près du nord au sud, de la montagne de Chalame, à l'ouest de Champfromier. Notre cercle côtoie ensuite la Valserine et le Rhône, en suivant le pied de la chaîne du Colombier De Seyssel, l'une des plus considérables du Jura méridional. La chaîne et la vallée sont composées de tronçons dirigés approximativement du nord au sud, direction qui est à peu près celle de notre cercle. L'ajustage des différents tronçons donne lieu à quelques légères sinuosités, par l'effet desquelles le cercle coupe obliquement le Rhône. Il en suit la rive gauche à l'endroit où le fleuve reçoit les eaux du lac du Bourget par le canal de Savière, dont le cours est maintenu par des protubérances de roches jurassiques *moutonnées*. C'est là un nouvel exemple, et des plus remarquables, de la tendance des cercles du réseau, et de notre cercle actuel en particulier, à passer par les confluents des rivières. Ce même cercle côtoie ensuite le Mont-Du-Chat, du côté opposé au lac du Bourget, coupe le petit lac d'Aiguellette et arrive près des échelles, au point déjà cité, où il coupe simultanément le *trapézoédrique* Tia du système du Morbihan et le *trapézoédrique* Ttbbc de l'Hécla.

p303

Au delà du point de croisement, l'*hexatétraédrique* Haa traverse les montagnes de la Grande-Chartreuse, en laissant le monastère à 1 kilomètre à l'est, et, de même que les deux autres cercles, il évite les cimes principales et passe dans leurs intervalles. Puis il coupe la vallée de l'Isère, en laissant à moins d'un kilomètre à l'est Meylan et Gières, et, au delà des coteaux subalpins, il rencontre la ville de Vizille, bâtie à l'extrémité même de la chaîne primitive de Belledone, près de l'issue des gorges profondes par lesquelles les eaux de la Romanche descendent de l'Oisans. Du pont de la Romanche, appuyé sur un petit relèvement des roches primitives, notre cercle se dirige vers le Drac, qu'il passe à 1 kilomètre au-dessous du pont de Cognet, appuyé lui-même sur une masse éruptive de variolithe du Drac. Dans l'intervalle des deux rivières, le cercle suit le bord occidental de la haute vallée dirigée du nord au sud, dans laquelle se trouvent les petits lacs de Laffrey, de la Fayolle et de Pierre-Châtel, et que suivent plus loin les eaux d'un ruisseau qui se jette dans le Drac à Cognet. Il passe à deux petites protubérances de roches primitives, auxquelles se rattachent probablement l'origine même de cette vallée remarquable et le relèvement des couches d'anthracite exploitées aux environs, dans plusieurs communes du canton de la Mure et notamment au Psychagnard, couches sur lesquelles reposent en stratification discordante les assises du lias moyen à Gryphoea Cymbium. Il y a là, dans l'étendue de 20 kilomètres, tout un petit système stratigraphique dont un modèle en relief serait instructif pour les élèves, dans un cours

, et dont notre cercle forme l'axe avec une précision surprenante. Après avoir passé le Drac, à 1 kilomètre au-dessous du pont de Cognet, l'*hexatétraédrique* Haa traverse, dans les collines voisines de Mens, les marnes à possidonies du lias supérieur, et va effleurer, à l'est de Lus-De-La-Croix-Haute, et près de l'ancienne chartreuse de Durbon, les magnifiques escarpements des montagnes du Dévoluy, formés par les couches coupées à pic du terrain crétaé

p304

inférieur et couronnées par la cime de l'Obious, qu'on aperçoit de Toulon. Plus loin, il suit la vallée du Buech, en s'adaptant toujours à certains détails topographiques, notamment au confluent multiple situé près de Saléon. Laissant Sisteron à l'est, il coupe la crête de la montagne de Lure par l'une de ses principales sommités, sur laquelle il rencontre le *diamétral* Dc du système des Alpes occidentales. Passant ensuite à 2 kilomètres environ à l'O des deux villes de Forcalquier et de Manosque, il traverse le terrain à lignites des Basses-Alpes et va couper le cours de la Durance un peu au-dessus de Cadarache, précisément à son confluent avec le Verdon, confluent d'autant plus remarquable que la Durance y change à la fois de régime et de direction. Notre cercle entre alors en Provence, où il côtoie les limites des départements des Bouches-Du-Rhône et du Var. Il passe à Rians, petite ville bâtie sur un relèvement très-peu étendu de muschelkalk, sur la surface duquel s'opère le croisement de l'*hexatétraédrique* Haa et de l'*hexatétraédrique* Hatta. Plus loin, il rase à l'O le relèvement plus étendu de muschelkalk situé entre Saint-Zacharie et Rogiers, et il passe approximativement à plusieurs points topographiquement remarquables, notamment à la montagne de la Sainte-Beaume. Après avoir passé à la Cadière et touché la ville de Bandol, il entre enfin dans la Méditerranée en traversant les baies de Bandol et de Saint-Nazaire, la rade de Brus, et en laissant à 1 kilomètre à l'E les derniers îlots des Embiez, formés de roches primitives qui sont l'extrémité du massif primitif du cap Sicié, sauvegarde de la rade de Toulon. La monographie de ce cercle pour les parties extérieures à la France n'a pas encore été faite. Vers le sud, après avoir passé au point A situé entre Minorque et la Sardaigne, il traverse l'Algérie par Biskra et Tuggurt, pour atteindre le golfe de Guinée par des contrées peu connues.

p305

Dans la direction opposée, traversant la Hollande et la mer du Nord, il passe, en Norwège, au point A situé dans le Jotun-Field, en coupant les montagnes de la côte occidentale. S'

approchant ensuite du pôle, qu' il laisse à (..) à l' ouest, il va couper la pointe de la Sibérie orientale et traverser l' archipel des îles Aleutiennes, où son cours mériterait d' être étudié. En France, il est au nombre des cercles le plus nettement et, on peut dire, le plus étroitement jalonnés. Si on le déplaçait d' une petite quantité, de manière qu' il cessât de passer, par exemple, à Spa et au petit relèvement de muschelkalk de Rians, il cesserait en même temps de passer par tous les autres points caractérisés qui ont été signalés, et il ne trouverait, resque en aucun cas, à les remplacer par des repères équivalents. Il tomberait immédiatement dans la classe des cercles insignifiants. Jusqu' ici, l' *hexatétraédrique* Haa n' a été considéré que comme un cercle de symétrie : on n' a précisé l' existence d' aucun *système de montagnes* dont il pût être le *grand cercle de comparaison* ; mais ce délaissement n' est peut-être pas irrévocable. Rien n' empêcherait de considérer le petit système stratigraphique dont ce cercle forme l' axe, entre la Romanche et le Drac, comme l' un des éléments d' un système de montagnes non encore formulé, qui pourrait comprendre aussi certains accidents stratigraphiques orientés de la même manière dans les montagnes de l' Oisans. Ce système serait nécessairement antérieur au lias moyen / à Gryphoea Cymbium /, qui, à la mine du Psychagnard, repose en stratification discordante sur les couches plus fortement inclinées du terrain anthracifère. Il pourrait être postérieur au calcaire à gryphées arquées, et pourrait être nommé *système du Psychagnard*. L' *hexatétraédrique* Haa serait le *grand cercle de comparaison* de ce système. *bissecteur Dh / système du nord de l' Angleterre* /. le cercle inscrit au douzième rang dans le tableau des I 83

p306

intersections est le *bissecteur Dh*, représentant du système du nord de l' Angleterre. Ce grand cercle passe dans les parages de la Corse, où il coupe plusieurs des cercles du réseau qui traversent cette île. Les intersections calculées ont servi à construire les cercles dont il s' agit. Quant au *bissecteur* lui-même, il tombe complètement en dehors du petit cadre accessoire qui renferme l' île de Corse, et il n' a pas été figuré sur le tableau d' assemblage de la carte géologique. Je n' ai, en conséquence, rien à ajouter ici à la monographie de ce cercle, qui a été donnée précédemment / P 2 o 7 /. Il me reste seulement à examiner s' il fournit un représentant convenable pour le *système du nord de l' Angleterre* . D' après la *notice sur les systèmes de montagnes* / P 285 /, le *grand cercle de comparaison provisoire* adopté pour le système du nord de l' Angleterre passe dans Yoredale / Yorkshire / et y est orienté (..) . Cette direction n' est perpendiculaire que dans des limites assez larges à la direction du système des Pays-Bas, à laquelle on l' avait d' abord comparée, mais elle est presque rigoureusement perpendiculaire à celle du *primitif* du Land'

S End. Il est, par conséquent, très-naturel de chercher le représentant du système du nord de l' Angleterre parmi les perpendiculaires de ce *grand cercle primitif* , qui sont nombreux dans le réseau et qui ne laissent pour ainsi dire que l' embarras du choix. Ainsi, au point de vue de la direction seulement, on pourrait choisir, pour *grand cercle de comparaison* : l' octaédrique de Mulehacen, qui dessine le Land' S End et la côte orientale de l' Irlande ; l' hexatétraédrique Haa, qui passe au point A de la Norvège et au point A entre Minorque et la Sardaigne ; le bissecteur Dh, qui va du point D près de Remda à la pointe orientale extrême du Spitzberg ; le dodécaédrique rhomboïdal , qui va du point T sur le Bug au point I près de la Nouvelle-Zemble. Mais l' octaédrique dont je viens de parler paraît

p307

être placé trop à l' O pour un système dont on a trouvé des traces non équivoques dans le nord de la Russie, et le dodécaédrique rhomboïdal du Bug, trop à l' E pour un système qui joue un rôle important dans les îles Britanniques. On n' a pu réellement hésiter qu' entre l' hexatétraédrique Haa et le bissecteur Dh ; ils ont été gravés l' un et l' autre sur la carte Pl V de la notice . En adoptant le bissecteur Dh pour grand cercle de comparaison du système du nord de l' Angleterre, on transporte ce grand cercle de comparaison à une assez grande distance à l' E de la position qu' on lui avait provisoirement assignée en le faisant passer par le Yorkshire ; mais par là on le place à des distances à peu près égales de la chaîne carbonifère du nord de l' Angleterre et de la longue ligne dessinée, dans le nord de la Russie, par le bord occidental du calcaire carbonifère. Quant à la direction, par cela même que notre bissecteur Dh est perpendiculaire au primitif du Land' S End, il doit s' écarter de la direction du système du nord de l' Angleterre d' une quantité beaucoup moins grande que celle dont on a admis implicitement que cette dernière pourrait être changée ultérieurement, lorsqu' on a remarqué qu' elle est déjà perpendiculaire, à 4 ou 5 degrés près, à celle du système des Pays-Bas. En effet, d' après le tableau de la page 86 o de la notice , l' angle nord de l' Angleterre-Pays-Bas est de (..) ; mais, comme le grand cercle de comparaison du système des Pays-Bas aurait à être rapproché de la ligne E-O de (..) pour coïncider avec le primitif du Land' S End, il faudrait ajouter à peu près cette quantité / sauf l' excès sphérique d' un triangle que je crois inutile de calculer / à l' angle ci-dessus, pour avoir l' angle nord de l' Angleterre-Land' S End. Cet angle serait par conséquent d' environ (..) , soit en nombres ronds (..) , et il ne différerait de l' angle droit que de 2 o minutes. Notre bissecteur Dh qui est perpendiculaire au primitif du Land' S End s' écarte donc seulement d' environ 2 o minutes, vers l' ouest du nord, de la direction qui a été

assignée au grand cercle de comparaison provisoire du système du nord de l'Angleterre. Il représente ce système d'une manière satisfaisante. Quant au système du nord de l'Angleterre considéré en lui-même, l'adoption de ce nouveau grand cercle de comparaison ne change rien à ce qui a été dit de sa composition et de son âge relatif dans la *notice sur les systèmes de montagnes*, P 28 i et ailleurs / voir la table de l'ouvrage /. On peut ajouter, comme on l'a déjà fait dans la *notice*, en comparant le *bissecteur* Dh du système du nord de l'Angleterre au *trapézoédrique* Tdb du système des îles de Corse et de Sardaigne, dont il ne diffère en orientation que de (..) , qu'il est remarquable de voir le second plus en rapport avec les accidents fortement accentués du monde actuel, et l'autre avec les accidents, moins sensibles à l'extérieur, d'un monde plus ancien, que le réseau pentagonal fournisse à point nommé ces deux cercles, et que, d'après des directions imprimées plus de vingt ans avant la publication de la *notice*, le second se trouve échoir en partage au système des îles de Corse et de Sardaigne et le premier au système plus ancien du nord de l'Angleterre. *trapézoédrique* Ta / système du Vercors /. le cercle inscrit au treizième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* Ta adopté comme représentant du système du Vercors. Ce grand cercle passe par le point T du golfe de Guinée et par le point A qui tombe dans la Méditerranée, entre Minorque et la Sardaigne. Il a pour pôles les intersections du *dodécaédrique* rhomboïdal et du *bissecteur* lh, auxquels ces deux points appartiennent comme pôles, intersections qui sont figurées dans le tracé de M Laugel et qui tombent, l'une dans l'océan Pacifique, au nord

p309

des îles Galapagos, l'autre dans l'océan Indien, au S-O de Sumatra. Ce grand cercle entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional, et traverse d'abord les terrains schisteux de la Westphalie, où il coupe le *primitif* du Land' S End et le *diamétral* Dac, représentant du système des Pays-Bas. Passant ensuite entre les basaltes du Westerwald et les terrains volcaniques du Siebengebirge et du lac de Laach, il continue son cours sur les schistes et les grauwackes. Il coupe le *trapézoédrique* Tdb du système du Finistère, à 3 kilomètres à l'est de la forteresse d'Ehrenbreitstein, et le *bissecteur* Dh de Belle-île, sur les bords du Rhin, au sud de Boppard. C'est ici la partie la plus accidentée du cours du Rhin dans tout l'intervalle compris entre Bingen et Cologne. Sa vallée forme des méandres très-prononcés, toujours remarquables des touristes, à cause des sites pittoresques que ces méandres présentent sous plusieurs aspects divers aux personnes qui suivent le Rhin en bateau à vapeur. Notre cercle, après avoir traversé la Lahn à l'une de ses principales inflexions entre Bad-Ems et Lahnstein,

coupe trois fois le cours du Rhin dans un intervalle de 8 kilomètres, résultat que ne produirait aucune autre ligne coupant le Rhin dans toute la partie du cours de ce fleuve qui est encaissée dans les terrains schisteux. Le Rhin est rapide dans ces méandres, qui allongent cependant son cours. Si on les remplaçait par une tranchée rectiligne qui réduirait de plus de moitié l' espace parcouru par les eaux, cette tranchée offrirait un rapide ou une cataracte, à moins qu' on n' y établît une écluse ; c' est donc bien là un accident remarquable du cours du Rhin, et le plus considérable qu' il présente entre Bingen et Cologne. Sur la rive gauche du Rhin, notre cercle passe près des sources de la Simmern, qui s' en détache vers l' ouest, par l' effet des sinuosités de son cours, mais il la retrouve à sa terminaison extrême en coupant la Nahe, précisément au confluent des deux rivières.

p310

Plus loin, il effleure les extrémités orientales des principales masses de mélaphyres du Palatinat, et il remonte la vallée de la Glan, où il passe aux confluents des différents cours d' eau que reçoit cette rivière. Laissant Deux-Ponts à 2 kilomètres à l' ouest et Neuhornbach à 1 kilomètre à l' est, il passe exactement au confluent des rivières Hornbach et Schweigen, et, sur les bords de cette dernière, il coupe le *primitif* de Lisbonne, qui lui-même passe à Nenhornbach. En remontant la Schweigen, notre cercle entre obliquement dans les basses Vosges, dont les accidents sont parallèles à la direction du système du Rhin, plus inclinée par rapport au méridien que celle de notre cercle. Ce dernier se rapproche par degrés de la ligne de faite et finit par la dépasser. Laissant à l' est le fort de Bitche, il passe à celui de la Petite-Pierre et laisse à l' ouest la place de Phalsbourg. Il coupe la grande route de Paris à Strasbourg, au hameau des quatre-vents, dont le nom indique déjà le voisinage du point culminant, et qui n' est en effet qu' à un kilomètre et demi de la colonne où commence la longue descente de Saverne. S' engageant alors dans les Vosges proprement dites, notre cercle coupe le *diamétral* Dac du système de la Côte-D' Or dans les anfractuosités de la crête des montagnes de grès, un peu à l' O du signal géodésique du Geisfels, élevé de 572 mètres. Plus loin, il pénètre dans le ban de la Roche par le cap très-saillant, couronné de montagnes de grès des Vosges, qui domine Vische vers le N-N-E. Sur ce cap proéminent, le *trapézoédrique* Ta laisse, à 700 mètres seulement vers l' ouest, le signal géodésique de la Porte-De-Pierre, élevé de 1,007 mètres. Cette montagne serait la plus élevée de toutes les montagnes de grès des Vosges si le Grand-Donon, situé à 7 kilomètres au S-O sur un autre cap de la ceinture du ban de la Roche, n' avait 3 mètres de plus / 1,010 mètres /. Traversant obliquement la dépression du ban de la Roche, où il passe à Waldersbach, notre cercle en sort en rasant le pied occidental du massif granitique du Champ-Du-Feu

. Il coupe le *trapézoédrique*

p311

Tc, représentant du système du Hundsrück, à 600 mètres à l'ouest du signal de Raurupt, placé, à la hauteur de 956 mètres, sur la croupe de ce chaînon montagneux, sur lequel j'aurai à revenir. Le *trapézoédrique* Ta parcourt ensuite l'intérieur pittoresquement accidenté des Vosges, en passant à différents points définissables qu'il ne m'est pas possible d'énumérer ici. Il traverse la ville de Sainte-Marie-Aux-Mines, et, au midi de cette ville, le coteau de Surlate et de Saint-Philippe, l'un de ceux où les mines d'argent célèbres de cette localité étaient jadis exploitées. Il traverse le bourg de la Poutroye, situé au pied occidental du col du Bonhomme et au bord de la masse de granite qui forme ici la crête des Vosges. Il coupe la vallée de Munster en passant à la porte orientale de la ville de ce nom, et en sort par le Kahlen-Wissen ou Petit-Ballon, dont il laisse la cime, élevée de 1,274 mètres, à 300 mètres environ vers l'O. Plus loin, il laisse à 1 kilomètre à l'O la cime du ballon de Guebwiller, point culminant des Vosges, élevé de 1,426 mètres. Le ballon de Guebwiller est formé par le terrain de porphyre brun appuyé sur le granite, et notre cercle suit aussi exactement que possible, sur une longueur de 5 kilomètres, la ligne de contact légèrement sinueuse du porphyre brun et du granite. Il descend du ballon et sort des Vosges en coupant la masse de mélaphyre située au S-O de Thann, puis il traverse la dépression qui sépare les Vosges du Jura et dont on a profité pour établir le canal du Rhône au Rhin. Notre cercle passe à 1 kilomètre environ à l'O du village de Valdieu, c'est-à-dire précisément au point de partage entre les eaux qui coulaient naturellement dans la rivière Saint-Nicolas, affluent du Doubs et du Rhône, et dans la rivière la Largue, affluent de l'Ille et du Rhin. Là se trouvait, à 350 mètres au-dessus de la mer, un seuil à peine sensible qui a été tranché pour l'établissement du canal. On a placé en cet endroit l'extrémité N-E du bief de partage et le point de départ d'une longue série d'écluses, qui, comme un escalier gigantesque, descendent au niveau de la Largue,

p312

qui est moins élevé que celui de la rivière Saint-Nicolas. C'est le point le plus caractéristique de tout ce grand ouvrage, et c'est là aussi que notre cercle le traverse. Il se conduit à l'égard du canal comme à l'égard du Rhin lui-même. Passant ensuite entre Delle et Porentruy, il aborde le Jura par la roche D'Or, montagne élevée de 930 mètres, *sur laquelle* tombe le point d'intersection du *trapézoédrique* Ta et du

bissecteur Dh, représentant du système du mont Seny. Notre cercle coupe ensuite le Doubs deux fois de suite dans l' espace de 6 kilomètres, à la naissance du crochet aigu qu' il va former près de Sainte-Ursane et à l' occasion duquel le célèbre géologue de l' Auvergne, M De Montlausier, lui adressait les paroles de la bible : ... etc. Le plus simple exposé de la combinaison d' accidents stratigraphiques qui, après avoir donné passage aux eaux du Doubs, les force à revenir en arrière, serait une odyssee beaucoup trop étendue pour trouver place dans ce rapport. Je me borne à dire que notre cercle, au sortir de cette mêlée, suit les crêts coralliens qui emprisonnent le Doubs dans les gorges profondes situées entre Goumois et Noirmont, et que, traversant le val Saint-Imier et les crêtes les plus élevées de cette partie du Jura, il va couper le *trapézoédrique* Tb, représentant du système du Tatra, dans le bassin tertiaire de Vallengin, à 3 kilomètres au N-O de la cime du Chaumont. Il entre enfin dans le lac de Neufchâtel en traversant la ville du même nom, bâtie précisément au point où l' éperon montagneux couronné par le Chaumont vient expirer sur le rivage. Franchissant ensuite les molasses du Jorat et le lac de Genève, il entre en Savoie à 1 kilomètre à l' ouest de Saint-Gingolp, c' est-à-dire vers l' extrémité orientale des célèbres rochers de Meillerie. Il tronque très-légèrement la frontière du Valais, passe à la pointe de la Cornette, cime la plus avancée vers l' est du groupe des

p313

dents d' Oche, puis il traverse la vallée d' Abondance au confluent de torrents situé immédiatement au-dessous de la chapelle qui lui donne son nom. Notre cercle franchit ensuite la vallée de la Drance de Thonon près de sa source au-dessus de Morzine, puis celle du Giffre en passant dans la ville de Samoën, et enfin celle de l' Arve au-dessus de Passy, après avoir coupé le prolongement occidental de la crête des rochers des Fis, à lou 2 kilomètres à l' E de l' aiguille de Varens. Laissant Megève à l' ouest et les bains de Saint-Gervais à 2 ou 3 kilomètres à l' est, il parcourt les montagnes comparativement peu élevées de la vallée de Beaufort, et va au fond de cette vallée couper, comme il a été dit ci-dessus / P 28 o / le *trapézoédrique* Ti, représentant du système du mont Viso, avec lequel il partage le privilège de passer entre les extrémités, en regard l' une de l' autre, de la chaîne de roches primitives du mont Blanc et de celle de Belledone. Au delà de la crête calcaire qui sépare la vallée de Beaufort de la Tarentaise, il passe l' Isère entre Aime et Villette, et se dirige, par le haut des vallées des Allues et de Belleville, vers la Maurienne, où il franchit l' Arc à Orelle, pour aller sur sa rive gauche, à 3 kilomètres au midi du village, couper le *diamétral* Dc du système des Alpes occidentales, sous un angle d' environ (..) . Dans ce point à peu près central de la Maurienne, le *trapézoédrique* Ta se dirige vers le (..) et le

diamétral Dc vers le (..) . En poursuivant son cours au milieu de crêtes tourmentées, notre cercle va passer dans le haut de la vallée de Valmenier, vers l'extrémité du petit glacier qui descend du mont Tabor, seul glacier qu'il rencontre dans toutes les Alpes, dont il évite les cimes principales. Il laisse à moins de 3 kilomètres à l'est la cime de la montagne, élevée de 3 182 mètres, ainsi que la chapelle adjacente, où viennent se réunir les frontières des trois anciennes provinces de la Savoie, du Piémont et de la Provence. Dans tout l'intervalle, depuis le lac de Genève jusqu'au bassin

p314

de la Durance, notre cercle présente des rapports très-particuliers avec l'orographie de la contrée. On peut remarquer qu'un grand nombre de crêtes lui sont parallèles, et sur la carte géologique générale de la France, gravée longtemps avant qu'on l'y traçât, il se trouve former la ligne médiane d'une zone étroite dont on pourrait croire le dessin modelé d'après sa direction. à partir du mont Tabor, le *trapézoédrique* Ta se dirige, au milieu des crêtes d'une structure compliquée d'où découlent les premiers affluents de la Durance, vers le col du Chardonnet, où il passe à 1 kilomètre à l'est de la pointe de porphyre quartzifère autour de laquelle se groupent un gîte de graphite bien connu et des gîtes de minerais de cuivre et de plomb explorés et même concédés depuis quelques années. Sur le tableau d'assemblage, la pointe porphyrique tombe à l'est du cercle, ce qui est une des légères inexactitudes déjà signalées de cette carte. Notre cercle passe ensuite au bourg du Monestier-De-Briançon, où se trouve une source minérale, franchit la crête de terrain nummulitique qui sépare la vallée du Monestier de celle de Val-Louise, crête sur laquelle il coupe le *trapézoédrique* Tia du système du Morbihan. Il passe au village même de Val-Louise, c'est-à-dire très-approximativement au confluent des deux grands torrents, la Gi et la Ronde, dont les eaux réunies forment la Gironde, par laquelle s'écoulent dans la Durance les eaux des vastes glaciers du versant oriental de la chaîne du Grand-Pelvoux. Il traverse enfin, en s'adaptant à plusieurs de leurs crêtes et de leurs gorges profondément encaissées, les hautes montagnes de terrain nummulitique qui dominent à l'est la ville de Mont-Dauphin, et, après avoir coupé, au moment d'en sortir, le *trapézoédrique* Ttbbc de l'Hécla, il passe la Durance à 1 kilomètre au-dessous du point où elle reçoit le torrent de Bosredon. Au sud de la Durance, le *trapézoédrique* Ta, toujours en rapport de parallélisme avec une foule de crêtes et de gorges profondes, et passant avec une remarquable précision à plusieurs confluent de

p315

torrents, suit le bord des montagnes qui dominant à l' est le bassin où s' est accumulé le dépôt de transport ancien de Mezel. Il coupe l' *hexatétraédrique* Hatta à 2 kilomètres à l' est d' Aups, c' est-à-dire approximativement sur l' angle tourné au S-O du massif des montagnes alpines. à partir de cette espèce de bastion avancé, notre cercle traverse les terrains, beaucoup moins élevés mais toujours accidentés, du département du Var. Il y est constamment en rapport avec les limites géologiques et avec les directions de cours d' eau fortement encaissés, et il va raser à l kilomètre de distance le pied oriental de la montagne des Oiseaux, située au midi d' Hyères. Il sort enfin du continent par le milieu de la presque île de Giens, qui n' est au fond que l' une des îles d' Hyères, et la plus occidentale de toutes, liée à la terre ferme par les cordons de sable et de galets qui circonscrivent une lagune littorale. Dans la Méditerranée, le *trapézoédrique* Ta passe au point A situé entre Minorque et la Sardaigne, et, comme le montre la carte Plv de la *notice* , il pénètre en Afrique par les environs de Bougie. Son cours dans l' intérieur de l' Algérie suit une ligne assez remarquablement accidentée, près de laquelle M Pomel a fait, dans ces dernières années, d' intéressantes observations. / voir ci-dessus, P 8. / il traverse ensuite le grand désert de Sahara, rencontre le Niger un peu à l' est du méridien de Paris, et continue son cours dans le golfe de Guinée, où il est assujetti à passer à un point T. Dans la direction opposée, le *trapézoédrique* Ta sort de l' Europe centrale par les bruyères du nord de l' Allemagne et les terres basses du Jutland occidental. Il parcourt la Norvège dans une grande partie de sa longueur, depuis Tonsberg, à l' entrée du golfe de Christiania, jusqu' à l' île d' Hindoë, située au point où les îles de Loffoden se détachent de la côte, et il s' harmonise, aussi bien que les cercles représentant les systèmes des îles de Corse et de

p316

Sardaigne et du nord de l' Angleterre, avec les formes du sol et la disposition des masses de roches éruptives. Enfin il va raser au S-E la terre des états, partie la plus saillante dans cette direction de l' archipel du Spitzberg. La monographie du *trapézoédrique* Ta, pour les parties de son cours extérieures au cadre de la carte géologique de la France, n' a pas encore été faite complètement, mais la manière dont il s' adapte, en France et dans une partie de l' Allemagne, à un grand nombre de points définissables, soit avec une précision presque absolue, soit à 2 ou 3 kilomètres près, suffit pour le placer au nombre des cercles les mieux jalonnés par les accidents orographiques et géologiques, et de ceux qu' on ne pourrait déplacer d' une quantité un peu sensible sans en gêner la position. Le parallélisme qu' il affecte dans une grande partie de son cours avec des crêtes de montagnes, des gorges profondément encaissées

et des cours d'eau, le désigne en même temps comme le représentant d'un système de montagnes. Nous avons maintenant à examiner s'il représente convenablement le système du Vercors. Ce grand cercle, assujéti à passer par le point T du golfe de Guinée et par le point A qui tombe entre Minorque et la Sardaigne, fait en ce dernier point avec le *primitif* de la Nouvelle-Zemble, qui y passe également, un angle de (..) . Le *primitif* de la Nouvelle-Zemble a été adopté, ainsi qu'on le verra bientôt, pour représenter le système du *Rhin*, mais en rapprochant du méridien de (..) l'orientation adoptée d'abord pour ce dernier système. D'après le tableau de la page 85 i de la *notice*, l'angle Rhin-Vercors est de (..) ; il différerait peu de celui que nous venons de trouver ; mais, comme il devrait être réduit de (..) / à *peu près* seulement à cause des excès sphériques /, il ne doit être compté que pour environ . La différence avec l'angle théorique est, par conséquent, d'environ (..) .

p317

Le *trapézoédrique* Ta s'écarte donc un peu plus de la direction du système du Rhin, et se rapproche un peu plus du méridien que le *grand cercle* de comparaison provisoire qui avait été adopté et d'après lequel on avait calculé les angles inscrits dans les tableaux ; mais, si l'on se reporte à la détermination de ce dernier cercle, on verra / page 582 de la notice / que M Gras a indiqué l'orientation (..) et qu'on a pris (..) ; si l'on avait pris (..) , la différence qu'on vient de trouver serait de (..) seulement, et en sens inverse. Le cercle théorique tombe donc, quant à sa direction, dans les limites de l'incertitude des observations fondamentales. Quant à la position de ce même cercle, elle est bonne aussi, puisqu'il traverse le Dauphiné et le Jura. Il serait, je crois, difficile de trouver dans le réseau pentagonal un meilleur représentant du système du Vercors, et l'on peut dire que celui-ci laisse fort peu de chose à désirer. Quant au système du Vercors considéré en lui-même, il conserve la définition qui en a été donnée dans la notice sur les systèmes de montagnes, page 53 i. Il faut seulement y ajouter les développements et les perfectionnements dus aux travaux exécutés en Algérie par M Pomel, travaux par lesquels cet habile géologue est parvenu, entre autres résultats, à fixer d'une manière plus précise l'âge relatif du système du Vercors. / voir la première partie du présent rapport, page 8. / *primitif* de la Nouvelle-Zemble / système du *Rhin* /. le cercle placé au quatorzième rang dans le tableau des 83 intersections est le *primitif* de la Nouvelle-Zemble, représentant du système du Rhin. Une monographie complète de ce grand cercle a été donnée dans la quatrième partie de ce rapport / Pi 39 /, mais on a omis d'y parler en détail de la portion de son cours qui traverse le cadre de la carte géologique de la France.

Le *primitif* de la Nouvelle-Zemble est un des cinq *grands cercles primitifs* qui se croisent au point D, centre du pentagone européen, situé près de Remda, en Saxe. Il aborde le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental, et, traversant d'abord le lac de Constance, il entre en Suisse par le canton de Thurgovie, où il passe à Bischofszell. Cette ville est bâtie près du confluent de la Thur et de la Sestern. Notre cercle passe approximativement à ce confluent et coupe la Sestern très-près du point où elle verse ses eaux dans la Thur. Il côtoie d'abord pendant plusieurs kilomètres le cours de cette dernière rivière, qui semble se replier à son approche, puis il en remonte la vallée sinueuse. Il suit le bord du massif montagneux que couronne le Hoher-Santis, et il rase les dernières pentes du Speer pour aller traverser à Schannis la vallée qui joint le bassin du lac de Wallenstadt à celui du lac de Zürich. Il y coupe le *trapézoédrique* Tb du système du Tatra, et le point d'intersection tombe précisément sur le bord du canal de jonction des deux lacs. C'est là un point remarquable dans la configuration de la Suisse, comme répondant aux débouchés dans la plaine des vallées profondément encaissées de Glaris et du lac de Wallenstadt. J'aurai à revenir plus loin sur ce point de croisement et sur la position que lui assignent les lois de la symétrie pentagonale. Notre cercle s'engage ensuite dans les hautes montagnes qui bordent à l'ouest la vallée de Glaris, et, touchant les petits lacs du Klon-Thal et du Glatt-Alp, il va, dans le canton des Grisons, couper à Sedrun, au pied du Saint-Gothard, la branche la plus septentrionale et la plus directe du Rhin Vorder-Rhein. Il laisse à 3 ou 4 kilomètres à l'est les cimes neigeuses du Glaernish et du Todi, qui commandent les sinuosités de la vallée de la Linth, à l'ensemble de laquelle il est parallèle depuis la naissance de cette vallée jusqu'au point où elle verse ses eaux dans le lac de Wallenstadt. Il est plus approximativement parallèle encore à une partie des accidents orographiques et stratigraphiques dont la direction, très-oblique à celle de la chaîne des Alpes, est indiquée sur la carte

géologique de la France par le figuré orographique et par les contours des différents terrains. Au delà de Sedrun, notre cercle, remontant la vallée de Nals et franchissant les montagnes de son sommet, va couper tout près de sa source la seconde branche du Rhin Mittler-Rhein, dont les eaux rejoignent la première par la vallée de Medels, qui est parallèle à notre cercle et située presque dans la prolongation de celle de Glaris. Franchissant enfin la crête centrale des Alpes, entre le col du Saint-Gothard et celui du Lukmanier, notre cercle entre dans la vallée du Tessin, dont il coupe le

cours près de Piolta, au-dessous d' Airolo, dans une partie où l' uniformité des roches jurassiques métamorphiques, qui forment les flancs de toute la partie supérieure de la vallée, est interrompue par un soulèvement granitique / placé trop au N-O sur le tableau d' assemblage /. Poursuivant sa route au milieu des montagnes âpres et pittoresques qui séparent le mont Rose du lac Majeur, le *primitif* de la Nouvelle-Zemble coupe la Toccia et la route du Simplon au pont de Midgiandone, situé au -dessus d' Ornavasso, dans la vallée d' Ossola, et la Sesia au coude qu' elle forme entre deux confluent, un peu au-dessous de Varallo. Il sort des montagnes par Strona, au N-O de Masserano, pour aller raser au S-E, dans la plaine du Piémont , le petit lac de Viverone. étudié dans tout cet intervalle sur la carte géologique de la France, et mieux encore sur la belle carte géologique du Piémont par M le professeur Ange Sismonda , où les contours des masses minérales sont plus complètement dessinées, notre cercle se trouve dans une harmonie remarquable avec la structure orographique et géologique de la contrée. Il est parallèle à plusieurs crêtes régulières et aux axes de plusieurs masses remarquables de roches éruptives, telles, par exemple, que celles des beaux granites de Baveno, de Fériolo et de Monte-Orfano. Il l' est également aux directions générales des vallées un peu sinueuses dont les eaux du lac

p320

Majeur et du lac d' Orta remplissent le fond ; et la même remarque pourrait s' appliquer à certaines parties des lacs de Lugano et de Côme. Entrant, au pied des derniers contre-forts du mont Rose, sur les dépôts erratiques des plaines du Piémont, notre cercle, après avoir passé la Doire-Baltée et le Pô, à 5 ou 6 kilomètres au-dessus de leur confluent, et franchi les collines tertiaires du Montferrat, près de Casalborgone et de Chieri, atteint, près de Borgo-San-Dalmazo et de Roccavione, au débouché du torrent qui descend du col de Tende, le pied des Alpes maritimes. Bientôt après, il coupe en un seul et même point le *trapézoédrique* Tia du système du Morbihan et le *trapézoédrique* Ti du système du mont Viso, et il n' est pas le rayon le moins heureusement dirigé de cette espèce d' étoile stratigraphique. Après avoir coupé perpendiculairement, près du col Delle Finestre, l' un de ses passages les plus élevés, la crête granitique des Alpes maritimes, il descend sur son versant méridional dans la vallée de la Vesubie. à partir de Bollène, il suit la direction générale de cette rivière et celle du Var, qui en reçoit les eaux, en côtoyant des crêtes montagneuses qui lui sont à peu près parallèles. Dans la partie élargie de la vallée du Var qui aboutit à la mer, le *primitif* de la Nouvelle-Zemble passe au point de croisement multiple, déjà cité, près de Cagnes, où il coupe simultanément le *trapézoédrique* Ttbbc de l' Hécla, le *trapézoédrique* Ttbbc du système du Sancerrois, et l' *hexatétraédrique* Hatta, trois cercles qui s' adaptent avec précision à la

structure de la contrée environnante. Le *primitif* ne leur cède en rien sous ce rapport. Passant entre le bord de la mer et la masse éruptive de mélaphyre de Biot, il laisse, à l'ouest 2 kilomètres à l'Est, le fort Carré et la ville d'Antibes, ainsi que la ligne séparative du muschelkalk et du calcaire du terrain crétacé inférieur. Traversant le golfe de Jouan, il rogne

p321

légèrement l'extrémité orientale de l'île Sainte-Marguerite, et rase à une très-petite distance celle de l'île Saint-Honorat, formées l'une et l'autre du même calcaire crétacé inférieur. Il s'éloigne enfin de la terre en passant précisément à la pointe du cap sous-marin que forme le soubassement des îles Lérins / Sainte-Marguerite et Saint-Honorat /, soubassement dont la chute est très-brusque, car sur son rebord on trouve seulement 97 mètres d'eau, et à environ 1 kilomètre plus loin, 4 à 5 mètres, sans fond. S'avancé ensuite sur les eaux profondes de la Méditerranée, notre cercle laisse à l'ONO, à 9 kilomètres de distance, les escarpements hardis du cap Roux, extrémité des porphyres quartzifères de l'Esterel, et, à 6 kilomètres, le bord de leur plate-forme sous-marine, puis, à 15 kilomètres, le cap de Camarat, extrémité des roches primitives des montagnes des Maures, et, à 10 kilomètres, le bord de la plate-forme sous-marine qui les supporte. Toutes ces formes sont très-accentuées, comme le sont aussi celles des montagnes calcaires qui, à l'est du Var, forment le littoral du département des Basses-Alpes et d'une partie de la rivière de Gênes. Ainsi qu'on a pu le remarquer de tous temps, le Var divise cette côte en deux parties qui, en masse, sont très-dissemblables : d'un côté, des roches primitives et porphyriques avec leur cortège de terrain houiller et de trias présentant des contours festonnés ; de l'autre, les escarpements de calcaires jurassiques et crétacés de Nice, de Villefranche et de Monaco. Or notre cercle trace la limite des deux régions d'une manière plus nette encore que ne le fait l'embouchure du Var. Laisant seulement à l'ouest le petit lambeau de calcaire crétacé des îles Lérins, et à l'est une étroite lisière de muschelkalk à la porte d'Antibes, il traverse les Alpes maritimes en côtoyant quelques crêtes dont la direction, anormale relativement au reste de la contrée, est sensiblement parallèle à son cours. C'est une disposition analogue à celle qui a été indiquée plus haut entre le lac de Wallenstadt et le lac Majeur ; seulement

p322

la région des porphyres reste ici à l'ouest de notre cercle, tandis que près du lac Majeur elle reste à l'est. La ligne oblique suivant laquelle le *primitif* de la Nouvelle-Zemble

traverse les Alpes proprement dites se fait remarquer par plusieurs circonstances importantes. Elle rase, d' une part, l' extrémité orientale du massif du Saint-Gothard, et, de l' autre , l' extrémité occidentale de la région dans laquelle se montrent les granites de Baveno et de Lugano, différents de tous ceux des Alpes occidentales, et les porphyres quartzifères ainsi que les mélaphyres et les dolomies qu' on voit reparaître à différents intervalles sur le versant méridional des Alpes jusque dans le Tyrol. Le *facies* d' une partie des roches sédimentaires et le genre de métamorphisme qu' elles ont subi changent aussi plus ou moins brusquement aux approches de cette ligne, qui forme la limite la plus naturelle entre les Alpes occidentales et les Alpes orientales. Cette troncature oblique des Alpes, mesurée de Bischofszell en Suisse à Strona en Piémont, n' a pas moins de 230 kilomètres / plus de 500 lieues / de longueur, ce qui tient en partie à son obliquité et aussi à ce que les Alpes, dont la structure est si complexe, sont sujettes à s' élargir brusquement et comme par échelons. Vers le nord, au delà du lac de Wallenstadt, le massif du Speer et du Santis élargit subitement les Alpes aux dépens des plaines de la Suisse et de la Bavière, en formant une sorte d' échelon dont notre cercle marque le bord. Vers le midi les Alpes s' élargissent, à l' ouest du lac Majeur, aux dépens des plaines du Piémont, et forment un autre échelon, tourné en sens inverse du précédent, dont notre cercle profite pour sortir moins promptement de la région montagneuse. On pourrait dire encore qu' aux points où ces échelons forment saillie, sur le lac de Wallenstadt et sur le lac Majeur, les contours de la région montagneuse présentent des angles rentrants qui y déterminent un étranglement. Cet ensemble de circonstances établit une relation intime entre le *primitif* de la Nouvelle-Zemble et la structure de l' une des parties

p323

les plus compliquées des Alpes. Les Alpes occidentales et les Alpes orientales présentent comme une ligne de suture placée très-sensiblement dans la direction de notre cercle et qui semble se lier à l' existence de la masse de granite de Baveno, dont l' axe lui est parallèle. Le système du Rhin est postérieur au grès des Vosges et antérieur au grès bigarré. Il est probablement antérieur aussi aux grès rouges de l' Esterel et du lac Majeur, qui semblent se rattacher au grès bigarré. Quant aux terrains jurassiques créacés nummulitiques, ils lui sont incontestablement postérieurs. Il est donc évident que presque tous les accidents stratigraphiques signalés dans la zone que suit le *primitif* de la Nouvelle-Zemble, aux endroits où elle traverse les Alpes principales et les Alpes maritimes, sont postérieurs à l' origine première du système que ce cercle représente. Cette conclusion est d' autant plus naturelle que la zone dont nous parlons contient des accidents stratigraphiques importants dont la direction est exactement celle du système des

Alpes occidentales, l'un des plus modernes de l'Europe. La notice sur les systèmes de montagnes signale / P 548 / comme se rapportant au système des Alpes occidentales la grande faille de la vallée de la Linth, qui court du lac de Wallenstadt à Ivry en Piémont, du (...) de Cassini. La différence d'orientation avec le système des Alpes occidentales est de 4 minutes seulement, c'est-à-dire complètement négligeable. Cette faille se sépare notablement, vers le N-E, de la vallée de la Linth ; mais, de même que la série d'accidents signalés plus haut, elle passe à l'extrémité orientale du Saint-Gothard. Elle rend facile à comprendre la reproduction des accidents stratigraphiques du système du Rhin à une époque géologique moderne ; mais elle ne dispense pas d'admettre l'existence, dans le sous-sol fondamental, de ces accidents de date ancienne : l'un parce que l'éruption du granite de Baveno et celle des porphyres quartzifères sont antérieures au terrain jurassique, et par

p324

conséquent beaucoup plus anciennes que le système des Alpes occidentales ; 2 parce que les deux directions, quoique voisines l'une de l'autre, ne sont pas identiques, conduisant, du pied oriental du Saint-Gothard, l'une aux porphyres quartzifères de Crevacuore, et l'autre au massif de roche éruptive d'Ivry, qui se rattache au système serpentineux. C'est un nouvel exemple de l'influence que conserve pour toujours un système d'accidents stratigraphiques sur les mouvements et les altérations du sol qui en a été affecté. Jamais les fractures du sol ne se resoudent assez solidement, pour que leur réouverture ne soit pas plus facile que la production de fractures nouvelles. L'histoire des filons se compose en partie des glissements des deux épointes survenus à plusieurs reprises, à la suite d'un premier remplissage ou de plusieurs remplissages successifs. L'auteur de la notice sur les systèmes de montagnes a souvent insisté sur cet ordre d'idées, et déjà même il a été reproduit en plusieurs endroits de ce rapport ; mais il n'a pas toujours été bien saisi. Le principe de la distinction à établir entre les influences de deux systèmes dont les orientations ne diffèrent guère que de 8 degrés et qui coexistent dans les mêmes lieux peut sans doute être quelquefois difficile à appliquer, mais cela n'empêche pas de voir qu'en résumé le primitif de la Nouvelle-Zemble traverse les Alpes maritimes, de même que les Alpes principales, en suivant une zone de peu de largeur, accidentée d'une manière toute spéciale, et que dans cette zone il rencontre des points de repère très-précis, dont on ne pourrait l'écarter sans gêner sa position, tels que le confluent de Bischofszell, le pont de Migliandone, le cap sous-marin au midi d'Antibes. Cela donne plus de force à la remarque faite ci-dessus / Pi 4 i /, que, dans les parties où il traverse des contrées suffisamment connues

le primitif de la Nouvelle-Zemble est jalonné par beaucoup de points remarquables. J'ajouterai en outre, à ce sujet, que dans la mer d'Okhotsk, d'après la carte déjà citée de M Ploix, notre cercle sort du continent asiatique au point de jonction d'une côte basse avec le promontoire que termine le cap Shostakoff, et qu'en sortant de cette mer il tronque si légèrement l'île de Paramusir, qu'on peut dire qu'il s'adapte avec précision à la côte rectiligne, de 20 kilomètres de longueur, par laquelle cette île se termine à l'E-S-O le long du détroit de l'Amphitrite. Le primitif de la Nouvelle-Zemble a été adopté, ainsi qu'on l'a déjà rappelé, comme grand cercle de comparaison du système du Rhin, et il nous reste à examiner avec quel degré de précision il remplit les conditions auxquelles ce grand cercle de comparaison doit satisfaire. Notre *primitif* forme avec le *primitif* de l'Etna, représentant du système du Ténare, un angle de 36 degrés du côté du nord-est. Or, d'après le tableau de la page 85 i de la *notice*, le grand cercle de comparaison provisoire du système du Rhin fait avec celui du système du Ténare, et du même côté, un angle de (..) : la différence est de (..) . Or cette différence ne peut être regardée comme considérable lorsqu'on se reporte à la détermination première de l'orientation du système du Rhin, faite d'après une série de failles orientées à peu près parallèlement les unes aux autres, du (..) . La moyenne de ces directions estimées en nombres ronds de degrés peut très-bien être en erreur de 52 minutes. Il paraît donc que le *primitif de la Nouvelle-Zemble* peut être adopté pour représenter le système du Rhin. Il est vrai qu'on a fait passer le grand cercle de comparaison provisoire du système du Rhin par Strasbourg ; mais on peut voir, page 374 de la *notice*, que c'était à titre provisoire et sans motif péremptoire, pour ne pas le déplacer ultérieurement et le transporter, par exemple, au lac de Constance.

Quant au système du Rhin considéré en lui-même, à son âge relatif, à sa composition, ce qui précède ne conduit à aucun changement à ce qui a été dit sur ce sujet dans la *notice sur les systèmes de montagnes*, page 262 et autres. / voir la table de l'ouvrage. / *diamétral Dc* / système des Alpes occidentales /. le cercle placé au quinzième rang dans le tableau des 183 intersections est le *diamétral Dc*, représentant du système des Alpes occidentales. Ce grand cercle, assujéti à passer au point D, centre du pentagone européen, près de Remda, en Saxe, et au point C qui tombe près des monts Aldan dans la Sibérie orientale, a pour pôles les intersections du *dodécaédrique régulier* du cap Corrientes et de Singapour et d'un *trapézoédrique Ti* auquel le point C appartient

comme pôle. Ces deux intersections tombent, l' une sur les côtes du Mexique, près du cap Corrientes et l' autre dans l' océan Indien, au sud des îles Peros-Banhos. Le *diamétral* Dc pénètre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Il coupe le Neckar au-dessous de l' inflexion et du confluent qui existent au-dessus d' Esslingen, et, remontant quelque temps la vallée, il en sort à une autre inflexion située au-dessus de Nurtlingen, et entre à Reuttlingen sur l' Alpe de la Souabe. Il suit à peu près la ligne culminante de ce plateau calcaire jusqu' au point où il rencontre le Danube au-dessus de Mohringen. Plus loin, il suit les coteaux jurassiques qui bordent à l' est la vallée de l' Aitach et ensuite la crête des Randen, plateaux calcaires qui prolongent l' Alpe de la Souabe jusqu' au Rhin. Il passe ce fleuve précisément au pont de Kaiserstuhl, que la disposition générale des localités aura conduit à placer dans la direction prolongée de la partie méridionale de l' Alpe de la Souabe et des Randen, direction dont notre cercle est la représentation la plus exacte. En suisse , le *diamétral* Dc coupe la chaîne calcaire de Regensberg

p327

et le cours de la Limat à peu de distance du défilé dans lequel coule la source minérale de Baden, qu' il laisse à 2 kilomètres à l' O-N-O ; puis il traverse les plaines de l' Argovie, près de l' extrémité d' aval des petits lacs de Hallwyl et de Sempach, pour aller couper, un peu à l' E de Willisau, le *trapézoédrique* Tb du système du Tatra. La position de ce point de croisement, sur lequel j' aurai à revenir plus loin, n' est pas moins remarquable par rapport à la structure de la Suisse que celle du point de croisement déjà signalé près de Schannis, dans la vallée qui joint le lac de Wallenstadt à celui de Zürich. Notre cercle entre ensuite dans les Alpes par les montagnes de Nagelfluhe de l' Entlebuch, où il suit la crête qui limite à l' ouest la vallée de la Petite-Emme, et où il coupe la vallée de la Grande-Emme au coude qu' elle forme en traversant la prolongation de cette même crête. Il laisse à l' O, à lou 2 kilomètres seulement de distance, sur une crête parallèle, plus courte mais plus élevée, le sommet du mont Napf, élevé de 1, 542 mètres et point culminant de tout le groupe, qui est à la fois un magnifique belvédère pour contempler les beautés pittoresques de la Suisse et un point de repère approximatif très-remarquable pour le *diamétral* Dc. Ce grand cercle atteint bientôt après le lac de Thun, qu' il traverse dans sa partie la plus caractérisée, celle où viennent expirer sur ses bords, l' une en face de l' autre, la chaîne du Hohgant et celle du Niesen. Il laisse à 1 kilomètre à l' E-S -E le village de Merligen, bâti sur l' extrémité des couches nummulitiques de la première de ces chaînes. Le Niesen, à proprement parler, ne baigne pas son pied dans le lac de Thun, il en est séparé par la Kander, qui en détache un tronçon, mais de ce tronçon part un éperon sur lequel se trouve le village d'

Aeschi et qui touche presque les eaux du lac. C' est par l' éperon et le village d' Aeschi que le *diamétral* Dc aborde les Alpes bernoises. Franchissant la Kander, il atteint le massif du Niesen,

p328

dont il laisse à 1 kilomètre à l' O-N-O la cime élevée de 2 , 384 mètres, et dont il suit le flanc E-S-E en côtoyant, à lou 2 kilomètres de distance, sa crête rectiligne formée de terrain nummulitique. Traversant ensuite les pelouses arrondies du col de Hahnenmoss, il entre en Valais par les anfractuosités hardies du col du Rawyl, et va couper la Morges et le Rhône près de leur confluent, un peu au-dessous de Sion. Sur le haut du flanc méridional de la vallée du Rhône, notre cercle passe à lou 2 kilomètres à l' E-S-E de la pierre-à-voie *pierre à voir* , montagne élevée de plus de 2, 3 00 mètres, dont le nom signale à la fois les formes élancées et l' admirable panorama qui se déploie autour de sa cime. Il traverse ensuite la Drance de Bagnes près de Chable, la Drance d' Entremont au-dessus d' Orsières et la Drance de Ferret à Branche, puis il entre en Piémont par le col Ferret. Là, restant sur les calcaires schisteux du lias qui forment le col, il rase à environ 1 kilomètre de distance les roches primitives des Grandes-Jorasses, qui font partie du massif du mont Blanc ; par où l' on voit que la pierre-à-voie, le Niesen et le mont Napf sont placés sur une ligne droite, tangente à la base de ce massif dominant. Notre cercle côtoie cette ligne dans toute sa longueur à lou 2 kilomètres environ de distance, distance minimale et presque négligeable quand il s' agit d' aussi grosses masses. Sans même la négliger, on peut remarquer que l' association de notre cercle à cette ligne, sur une longueur de 1 5 0 kilomètres et au delà, est de sa part une adaptation singulièrement précise à la structure des Alpes occidentales. Dans la partie où il vient raser le mont Blanc, notre cercle se trouve dans l' intérieur de la circonvallation cratériforme, depuis longtemps signalée, dont les couches jurassiques et crétacées soulevées aux approches du colosse alpin environnent sa masse

p329

imposante ; mais il n' y pénètre pas plus avant, et il ne touche nulle part les roches primitives. Dans la branche piémontaise du Val-Ferret, il se tient constamment sur le flanc S-E opposé au mont Blanc, et, passant entre les rochers granitiques de Saxe et la cime du mont Cornet, formée de roches jurassiques altérées par les phénomènes métamorphiques, il coupe la Doire-Baltée, entre Courmayeur et Pré-Saint-Didier, dans la gorge par laquelle elle s' échappe vers Aoste, gorge dans laquelle

coule la source minérale de Courmayeur et par laquelle notre cercle sort lui-même obliquement de l'enceinte cratériforme. En se reportant à ce qui a été ci-dessus / Pi 66 /, de la manière dont le *dodécaédrique rhomboïdal*, axe volcanique de la Méditerranée, rase le contour du cratère de soulèvement de Ténériffe, on voit que notre cercle se conduit ici presque de la même manière ; cependant il pénètre un peu dans l'intérieur de la circonvallation cratériforme. Il passe à 10 kilomètres de l'axe du mont Blanc, tandis que le *dodécaédrique rhomboïdal* passe à 8 kilomètres seulement de l'axe du pic de Ténériffe ; mais ici les masses sont plus considérables et la figure totale beaucoup plus grande. En dernière analyse, on voit de part et d'autre des éléments de grandeurs comparables se combinant d'une manière qui n'est pas dépourvue d'analogie. Sorti de la sphère du mont Blanc un peu au-dessus de Pré-Saint-Didier, notre cercle remonte la vallée de la Thuile, et il entre dans la Savoie en suivant la crête qui borde à l'E-S-E le col du Petit-Saint-Bernard, où certaines versions font passer Annibal avec ses éléphants : il laisse la route carrossable qui le traverse aujourd'hui à 1 kilomètre dans l'O-N-O. Il coupe ensuite l'Isère perpendiculairement à sa direction dans les gorges profondes où il coule au-dessous du mont Valaisan-Sur-Scez, et, suivant les crêtes quartzieuses et primitives qui environnent la mine de Pezey, il va dans la vallée du Doron couper, au-dessus de Bosel, le *trapézoédrique* Ti du système du mont Viso. Le point d'intersection tombe au fond

p330

de la vallée sur une expansion de roches primitives qui semble préparée pour le recevoir. Plus loin notre cercle, traversant les montagnes neigeuses où prennent naissance les vallées des Allues et de Belleville, franchit l'Arc au-dessus d'Orelle et à 3 kilomètres au midi de ce village ; il coupe, sur la rive gauche de la même rivière, comme il a été dit ci-dessus, le *trapézoédrique* Ta du système du Vercors. Passant ensuite, à l'ouest du mont Tabor, à la naissance des vallées de Valmenier et de Bonnenuit, il va couper, au pied oriental du col de Lautaret, la source de la Guisane, dont les eaux descendent vers Briançon. Il aborde le massif des montagnes granitiques de l'Oisans par la pointe de l'espèce d'éperon qui s'en détache vers l'E-N-E et sur la surface duquel il rencontre le *trapézoédrique* Tia du système du Morbihan. Il traverse ces montagnes aux formes hardies et crénelées en laissant à 2 kilomètres vers l'O-N-O le hameau de la Bérarde, bâti près du confluent de plusieurs torrents, au centre approximatif de l'enceinte cratériforme décrite autrefois par l'auteur de la *notice*. Il y laisse, à 2 kilomètres à l'E-S-E, la pointe des Arcines ou des écrins, élevée de 4, 10 5 mètres et cime culminante de tout le groupe, puis, à 4 kilomètres, le Grand-Pelvoux, élevé de 3, 934 mètres, qui lui donne son nom. Il sort enfin du cratère granitique par les cimes élevées qui

dominant la Muande de Bellone et le col de Saïs. Le *diamétral* Dc traverse alors la partie supérieure du val Godemard, où il coupe, sur le bord du torrent de la Severaise, le *trapézoédrique* Ttbbc de l' Hécla, dont on a parlé ci-dessus / P 27 i /. Continuant son cours au milieu des roches primitives dans lesquelles sont encaissés le val Godemard et la vallée de Champoléon, et s' adaptant avec précision à une crête continue qui s' étend

p331

de la vallée de Severaise à celle du Drac, notre cercle passe à la montagne de Chaillol-Le-Vieil, élevée de 3, lo 7 mètres, qui couronne cette crête et qui est la plus avancée vers le sud des hautes montagnes primitives du Dauphiné. La situation de la crête du Chaillol par rapport au groupe de la Bérarde n' est pas dénuée d' analogie avec celle de la crête du Niesen par rapport au groupe du mont Blanc, et les deux crêtes approchent beaucoup d' être dans le prolongement l' une de l' autre. La position de l' une et de l' autre par rapport au groupe cratéiforme qui lui correspond rappelle celle du *manche d' une raquette à jouer au volant* , et telle est aussi, à Ténériffe, la position de la crête d' *El-Cuchillo par rapport au cratère de soulèvement*. Sir Henry T De La Bèche, dans ses *Researches In Theoretical Geology* , a donné / page 2 ii, figure 4 o / un petit diagramme qui peut servir d' illustration à ces rapides aperçus. Passant le Drac au confluent du torrent d' Ancelle, le *diamétral* Dc traverse les montagnes peu élevées qui accompagnent le col de Bayard, passe dans la ville même de Gap et s' identifie successivement avec des portions assez étendues de la grande route de Gap à Marseille, du torrent des Bezines et de la Durance, ce qui montre que, malgré l' abaissement du relief, sa direction continue à être imprimée à la topographie de la contrée. Il quitte la Durance au coude que cette rivière forme près de Thez, coupe le Buech au-dessus de Ribiers, dans le voisinage de plusieurs confluent, et va traverser la crête de la montagne de Lure par l' une de ses principales sommités, sur laquelle, comme on l' a déjà dit page 3 o 4, il coupe l' *hexatétraédrique* Haa du système du Peychagnard. Poursuivant son cours vers le S-S-E sur la surface peu tourmentée des terrains crétacés et tertiaires, notre cercle coupe la chaîne du Leberon au N-O de Vitrolles et la Durance, détournée vers l' ouest, à 3 kilomètres au-dessous du confluent de la Lèze. La vallée de cette dernière rivière, de même que plusieurs vallées et

p332

autres accidents des plateaux circonvoisins, suit à peu près la

direction de notre cercle, qui est aussi celle de la Durance, depuis le confluent de la Bleone jusqu' à celui du Verdon. Dans le département des Bouches-Du-Rhône, ce même cercle laisse à l' O, à moins de 2 kilomètres de distance, le petit champignon basaltique isolé de Beaulieu. Il coupe la Touloubre, près du vieux château de la Calade, au coude où la traverse la route d' Aix à Avignon, et l' Arc dans la courbe qu' elle décrit autour du château de Saint-Pons. Il aborde la chaîne calcaire qui passe au midi de l' étang de Berre, à 1 kilomètre à l' ouest du tunnel de la Nerte, dans lequel passe le chemin de fer d' Arles à Marseille, et il entre enfin dans la Méditerranée par le port de Mégean, situé un peu à l' ouest du point où les calcaires jurassiques et crétacés sont remplacés, dans les falaises de la côte, par le terrain tertiaire miocène. Dans le golfe du Lion, notre cercle, laissant à l' est les îles de Ratoneau, de Pomègue et du Planier, avant-corps des montagnes qui dominent Marseille, va former un des côtés du petit triangle déjà mentionné ci-dessus / P 295 /. Poursuivant son cours dans la Méditerranée, le *diamétral* Dc coupe l' île de Majorque presque exactement suivant la ligne du cap Ferruch au cap Salinas ; il entre en Afrique près du cap de Tenez, et, laissant à l' est l' Ouansenis, il traverse l' Algérie parallèlement à l' une des principales lignes d' accidents qui s' y dessinent et dans une région qui en porte fortement l' empreinte : il finit par atteindre les montagnes qui séparent le bassin du Sénégal de celui du Niger, et sort du continent par la côte du golfe de Guinée. Du côté opposé, notre cercle traverse dans le centre de l' Allemagne la région principalement occupée par le trias, en coupant, à des inflexions prononcées, non-seulement le Neckar, mais encore la Jaxt, la Tauber et le Mayn, et il rase à une assez faible distance le sommet du crochet que forme cette dernière rivière au-dessus de Wurtzbourg . Construit sur la belle carte géologique déjà citée de M Bernard Cotta, il coupe à Sachsendorff la pointe d' une petite

p333

protubérance de grès bigarré supérieur, et à Mosserberg celle de la prolongation extrême vers le S-E du grès rouge et du porphyre du Thüringerwald. Traversant enfin la région schisteuse du Frankenwald, il va passer au point D, centre du pentagone européen, près de Remda. Au delà du point D, traversant encore une grande étendue de plaines couvertes par le trias et les dépôts tertiaires, il va rencontrer la Saale à une petite distance au-dessous de Halle, et couper la protubérance de porphyre quartzifère et de grès rouge qui se montre au nord de cette ville. Passant ensuite la Mulde et l' Elbe un peu au-dessus de leur confluent, près de Dessau, il traverse les plaines sablonneuses du Brandebourg, et il entre dans la mer Baltique par le Stettin-Haff, en touchant les petits lambeaux de terrain tertiaire qui se montrent dans l' île de Wollin. Dans la Baltique, notre cercle côtoie l' île de Gothland et va

aborder le promontoire situé au S-E d' Abo. Traversant obliquement la Finlande, il en sort par son angle N-E à l' entrée de la mer Blanche. Il coupe la presque île située à l' est de cette mer, puis, dans la mer Glaciale, l' île Klaguew, et va raser la pointe méridionale de la Nouvelle-Zemble. La monographie de ce cercle n' a pas encore été faite d' une manière complète pour les parties situées en dehors de la carte géologique de la France. Je n' essayerai pas de la compléter ici ; je me borne à dire qu' après avoir passé au point C, situé dans la Sibérie orientale, près des monts Aldan, il sort du continent en traversant les lagunes qui accompagnent, au-dessous de Sofisk, la partie inférieure du fleuve Amour. Il coupe ensuite l' île Seghalien, dont il sort un peu au sud du cap Soimonof, et, traversant la mer d' Okhotsk, il entre dans l' océan Pacifique par le détroit qui sépare deux des îles de la chaîne des Kurilles, l' île Kuna-Siri et l' île Yeterop ou Staten. Il rase avec précision la pointe N-E de Kuna-Siri, en laissant au large la petite île adjacente, et plus loin, à son entrée dans l' océan Pacifique, il détache aussi l' île de Tschikitan d' une chaîne

p334

de petites îles qui fait suite à la pointe E-N-E de la terre d' Yesso. Cette dernière île contient le volcan de Spanberg. Sur les bords du détroit, M Léopold De Buch figure cinq volcans, au nombre desquels se trouvent le volcan de Spanberg et le pic Tschatschanoburi, d' où vient peut-être le nom de *chenal de Pico* donné à ce détroit. Dans l' intérieur du cadre de la carte géologique de la France, le *diamétral* Dc est jalonné d' une manière très-remarquable. Plusieurs points bien définis se trouvent exactement sur sa direction ; d' autres, en beaucoup plus grand nombre, et même des crêtes montagneuses considérables, se trouvent de part et d' autre à la distance minime de 1, 2, 3 kilomètres, formant une zone très-étroite, dont on ne pourrait le faire sortir sans gêner sa position. Dans cette zone, et même dans une zone plus large, le dessin topographique de la carte géologique de la France, complété avec beaucoup de soin d' après les documents les plus récents, avant qu' on y construisît les cercles du réseau, indique des rapports intimes entre sa direction et celle des accidents orographiques. Ce cercle est donc aussi bien assis sur les accidents orographiques qu' aucun de ceux que nous avons étudiés. Il nous reste à examiner s' il remplit les conditions nécessaires pour être adopté comme grand cercle de comparaison du système des Alpes occidentales. L' auteur de la *notice* avait indiqué successivement deux *grands cercles de comparaison provisoires* très-voisins l' un de l' autre pour le système des Alpes occidentales, l' un passant par Marseille et Zürich, l' autre par l' île de Riou et Hohentwiel. Ces deux cercles s' approchant l' un et l' autre très-près du point D, centre du pentagone européen, près de Remda, il était naturel de chercher

parmi les cercles du réseau qui y passent le représentant définitif du système des Alpes occidentales.

p335

Parmi ces cercles se trouve notre *diamétral* Dc, qui fait avec le grand cercle de comparaison du système du Ténare un angle de (..) . D'après le tableau de la page 852 de la *notice* , *l'angle formé par les grands cercles de comparaison des systèmes des Alpes occidentales et du Ténare est de (..) . La différence est de (..) c'est-à-dire très-petite, et le sens dans lequel elle tombe vient encore contribuer à la rendre tout à fait négligeable. En effet, l'arc Marseille-Zürich s'écarte du méridien d'environ un degré de plus que l'arc île de Riou-Hohentwiel, et, le diamétral Dc s'écartant du grand cercle de comparaison provisoire du système du Ténare, et, par suite, du méridien, de (..) de plus que le dernier, on voit qu'il tombe entre les deux grands cercles de comparaison différents qui avaient été successivement indiqués, mais beaucoup plus près de celui qui avait été préféré que de celui qui avait été abandonné. Le déplacement transversal que le cercle a subi pour passer dans les Randen plutôt qu'à Hohentwiel étant d'ailleurs insignifiant, on voit que le *diamétral* Dc forme, pour le système des Alpes occidentales, un grand cercle de comparaison très-convenable. Sous le rapport de son adaptation à l'orographie des Alpes, il est infiniment supérieur et même hors de toute comparaison avec les deux *grands cercles* de comparaison provisoires qu'on avait cependant cherché à placer le mieux possible par voie de tâtonnement. Le diamétral Dc est très-voisin du primitif de la Nouvelle-Zemble, qu'il coupe au point D, près de Remda, sous un angle de (..) seulement . Cependant les deux cercles sont parfaitement distincts, renfermés dans des zones étroites dont on ne peut les faire sortir ni l'un ni l'autre sans leur faire perdre les caractères qui les distinguent, et, de même que dans d'autres cas analogues mentionnés plus haut, pages 2 i 6, 29 i, etc., on ne peut songer ni à*

p336

les confondre, ni à remplacer l'un par l'autre, ni à les remplacer tous les deux par une moyenne. On peut en outre remarquer que, lorsque des dislocations appartenant aux deux systèmes coexistent dans une même contrée, elles se distinguent par leurs directions, quelque peu différentes qu'elles soient, aussi bien que par leurs âges relatifs. On l'a vu ci-dessus par les failles du système des Alpes occidentales qui existent dans la vallée de la Linth. Dans le groupe même du mont Blanc, on trouve le massif du Brevent et des Aiguilles-Rouges et

quelques massifs accessoires, dans lesquels les couches de roches primitives, redressées suivant l' orientation du système du Rhin , sont recouvertes en stratification discordante, d' après les observations de M Necker de Saussure, de Sir Henry De La Bèche, de M Alphonse Favre et de l' auteur même de la notice , par les couches inférieures du lias, ce qui conduit à attribuer à leur redressement l' ancienneté indiquée par leur direction. En d' autres points, pour des motifs déjà exposés plusieurs fois, il a pu arriver que les dislocations dépendantes du système du Rhin aient été reproduites à l' époque où s' est formé le système des Alpes occidentales. Quant au système des Alpes occidentales considéré en lui-même, à son âge relatif, à sa composition, ce qui précède ne conduit à rien changer à ce qui en a été dit dans la notice sur les systèmes de montagnes , pages 535, lo 7 i et autres / voir la table de l' ouvrage / et à ce qu' y ont ajouté les observations faites en Algérie / voir ci-dessus, P 6- 9 /.

p501

Applications du réseau pentagonal. Le réseau pentagonal est susceptible de différentes applications scientifiques ou techniques. Depuis dix-huit ans il en a reçu plusieurs qui méritent d' être signalées, et dont un rapide aperçu fera l' objet de cette cinquième et dernière partie du rapport.

Applications à la topographie. Le réseau pentagonal est représenté dans la nature par un système de grands cercles imprimés en caractères géologiques sur la surface de la terre. Les uns sont les grands cercles de comparaison d' autant de systèmes de montagnes, et les autres sont liés aux premiers par les lois de la symétrie pentagonale. Les cercles du réseau pentagonal comprennent un très-grand nombre de points remarquables qui sont, rigoureusement ou approximativement, leurs jalons ou leurs repères ; mais ils ne comprennent pas tous les points remarquables du globe. Ainsi qu' on l' a déjà rappelé précédemment, page 64, le mont Blanc, le mont Dore, le Cantal, etc. Ne se trouvent sur aucun des cercles du réseau que nous avons étudiés. Ils se trouveront probablement sur des arcs parallèles aux premiers, qui produiront un plexus beaucoup plus serré encore que celui dont nous nous sommes occupé. L' essence des systèmes de montagnes est de se composer chacun d' une nombreuse série de chaînons respectivement parallèles au grand cercle de comparaison , mais placés pour la plupart en dehors de ce grand cercle, à des distances plus ou moins grandes, qui atteignent quelquefois ou dépassent même lo degrés / soit l, loo kilomètres

p502

ou 250 lieues de chaque côté /. Les points remarquables de ces chaînons latéraux sont nécessairement en dehors du *grand cercle* de comparaison . *Il est vrai qu' ils se trouvent fréquemment sur des cercles transversaux, comme on en a vu de très-nombreux exemples dans les études consignées ci-dessus ; et, pour le dire en passant, la manière dont les cercles du réseau, examinés dans le cours de ce rapport, traversent les chaînes volcaniques des Açores, des Antilles, des îles Sandwich, des îles Aleutiennes , des îles Kuriles, du Japon, etc. Donne une grande force à cette remarque : néanmoins, quoique très-fréquentes, ces rencontres sont cependant encore des faits particuliers. Mais les arcs de grands cercles qui représentent les axes des différents chaînons de montagnes et les arcs soumis à la même loi de parallélisme qui représentent des failles ou autres fissures de l' écorce terrestre, des lignes de points d' éruption, etc., pris dans leurs longueurs limitées ou légèrement prolongés, se coupent entre eux ou coupent les cercles du réseau en un nombre presque infini de points, nécessairement coordonnés à la symétrie pentagonale, et formant une sorte de quinconce que l' auteur de la notice sur les systèmes de montagnes a nommé quinconce pentagonal . Les points d' intersection des cercles du réseau pentagonal font eux-mêmes partie de ce quinconce ; ils en sont les points du premier ordre, et l' auteur a désigné tous les autres sous le nom de *points secondaires* . Comparés aux points géodésiques, les premiers représentent les sommets de la grande triangulation, et les autres les sommets des triangles du second et du troisième ordre. La plupart, sinon la totalité des points remarquables de l' écorce terrestre, appartiennent soit aux points du premier ordre, soit aux points secondaires du *quinconce pentagonal* . Le *quinconce pentagonal* est le canevas fondamental de la topographie , soit qu' on la considère au point de vue purement orographique,*

p503

soit qu' on y comprenne la connaissance des substances diverses dont le sol se compose et de celles qui y forment des accidents et qui en constituent la richesse. Le *quinconce pentagonal* ne pourrait être tracé d' une manière complète que sur des plans d' une très-grande échelle, car il devrait comprendre le tracé de la totalité des fissures qui traversent le sol. Mais, suivant l' échelle à laquelle on opère, on peut faire, d' après leur importance relative, un choix parmi les axes de soulèvement, les failles, les fissures, les alignements de tous genres, et il n' est pas nécessaire d' en tracer un très-grand nombre pour arriver , suivant une expression empruntée au langage des artistes, à mettre un pays dans ses lignes . Mm élise De Beaumont et De Chancourtois ayant été chargés, en l 852, de compléter et de terminer la carte géologique du département de la Haute-Marne, préparée par M A Duhamel, ingénieur en chef des mines, qu' une mort prématurée avait empêché de la terminer, ont entrepris de faire pour ce département l' opération qui vient d'

être indiquée. Leur travail a paru en 1862, et je vais en donner une idée sommaire. Ils ont observé avec attention et tracé avec le plus grand soin, sur la carte dite *d' état-major*, publiée par le dépôt de la guerre à l' échelle de (...), les failles et autres accidents stratigraphiques qui sillonnent le sol du département de la Haute-Marne, où ils achevaient en même temps de tracer d' une manière détaillée les contours des différentes formations géologiques. Ils ne se sont pas contentés de relever simplement à la boussole les directions des failles et des inflexions des couches ; ils en ont perfectionné le tracé, en étudiant la manière dont ces accidents géologiques s' adaptent aux détails des accidents topographiques figurés avec une rare précision sur les cartes du dépôt de la guerre. Ils se sont aidés en même temps de la remarque presque séculaire de Werner et des mineurs de l' Allemagne, que les failles ou fentes dans lesquelles ont été déposés les filons métallifères sont coordonnées entre elles par

p504

faisceaux, dans chacun desquels toutes les directions sont sensiblement parallèles les unes aux autres. Ils sont parvenus de cette manière à représenter toutes leurs observations par *seize faisceaux de lignes parallèles*. *Des lignes tirées par Buxières-Lez-Belmont, où un pointement granitique attire spécialement l' attention, parallèlement à ces seize directions, ont formé la rose des directions observées du département de la Haute-Marne. Les seize rayons de cette rose représentent, en même temps, la plupart des directions suivant lesquelles M De Chancourtois a constaté que s' alignent les nombreux gîtes de minerais de fer qui sont exploités dans le même département, ainsi que les masses de gypse et les sources minérales. Ces alignements, que M De Chancourtois a tracés avec la plus scrupuleuse attention, sont figurés sur la carte de la Haute-Marne par des lignes en points longs imprimés en rouge, tandis que les failles sont figurées par des lignes pleines, et les lignes d' inflexion des couches par des lignes en points longs, imprimées les unes et les autres en bleu. Malgré tous les soins qu' ils avaient apportés à ce travail, exécuté avec les instruments usuels, Mm élise De Beaumont et De Chancourtois ont déclaré qu' ils ne pouvaient espérer d' avoir atteint une précision absolue, et ils ont indiqué eux-mêmes la limite de leurs prétentions à cet égard, en se bornant à coter en degrés et quarts de degré / (...) / les orientations figurées sur leur rose des directions observées*. L' exactitude de ces orientations demeure même sujette à leurs yeux à certaines réserves qu' ils ont indiquées, en ajoutant que peut-être quelques failles ont été tracées d' une manière trop continue, surtout dans les terrains argileux. Quoi qu' il en soit, la *rose des directions observées de la Haute-Marne, qui est réellement la quintessence de la stratigraphie de la contrée, étant gravée et irrévocablement tirée depuis un certain temps, M élise De Beaumont a été*

curieux de savoir quels rapports

p505

les seize directions relevées dans la Haute-Marne pourraient avoir avec les directions qu' il avait antérieurement adoptées pour les différents systèmes de montagnes de l' Europe occidentale, et la comparaison dont il s' agit a été, de sa part, l' objet d' un travail spécial qu' il a communiqué à l' académie des sciences. Il a exécuté, par les méthodes ordinaires de la trigonométrie sphérique, les calculs nécessaires pour mener, du centre de la rose des directions observées , placé à Buxières-Lez-Belmont, par (..) de latitude N et par (..) de longitude E de Paris, une ligne parallèle à l' élément correspondant de chacun des grands cercles de comparaison des différents systèmes de montagnes de l' Europe occidentale. Ces parallèles devaient former une rose des directions théoriques susceptible d' être comparée à la rose des directions observées déjà gravée sur la carte. Rien n' exigeant que l' auteur se limitât dans la composition de cette rose des directions théoriques, il y a fait entrer des parallèles à une grande partie des cercles principaux du pentagone européen, ainsi qu' à plusieurs cercles auxiliaires qui, par leur analogie avec les cercles déjà employés pour représenter des systèmes de montagnes, lui paraissent susceptibles d' être pris utilement en considération. Excluant seulement les cercles qui passaient évidemment à une trop grande distance de Buxières-Lez-Belmont pour que leur influence pût s' y faire sentir / et encore en a-t-il introduit, pour en amener la discussion, quelques-uns qui étaient dans ce dernier cas /, il a calculé les orientations de parallèles menées par Buxières-Lez-Belmont à quarante-trois cercles différents. Remarquant, en outre, que, lorsque des accidents stratigraphiques se sont produits parallèlement à une certaine direction, des fissures ont dû se produire aussi, quoique sur une moindre étendue, perpendiculairement à cette même direction, il a tenu compte également des perpendiculaires aux grands cercles pris en considération. Il a eu ainsi, pour

p506

en composer la rose des directions théoriques , quatre-vingt-six orientations perpendiculaires entre elles deux à deux, parmi lesquelles il était rationnellement amené à chercher les seize directions observées. à l' aide de toutes ces données, il a formé un tableau présentant, relativement à chacun des cercles introduits dans la rose , l' orientation de la parallèle qui lui est menée par Buxières-Lez-Belmont, la longueur de la perpendiculaire abaissée du même lieu sur ce cercle, et l' orientation, à son point de départ, de cette perpendiculaire, que la parallèle coupe à angle droit en ce même point. Des colonnes spéciales du même tableau sont consacrées aux orientations observées, rapportées à Buxières-Lez-Belmont, aux différences existantes entre chacune de ces dernières et celle des orientations théoriques qui s' en rapproche le plus, différences qu' il a nommées, par cette raison, différences minima , et

enfin aux différences entre les orientations observées et celles des orientations théoriques qui, après discussion, ont paru devoir être adoptées pour représenter les premières. Les quarante-trois parallèles, jointes aux quarante-trois perpendiculaires, ont donné un total de quatre-vingt-six orientations calculées, qui ont été rangées dans la troisième colonne du tableau, suivant l'ordre dans lequel elles se succèdent en partant du N pour aller par l'E vers le S, et les différences ont été rangées dans un ordre correspondant. On aurait pu croire que ces quatre-vingt-six orientations se seraient réparties dans la demi-circonférence, de manière à la diviser en petits secteurs ayant chacun une amplitude peu différente de 2 degrés ; et très-probablement il en aurait été à peu près ainsi pour des orientations prises absolument au hasard. Mais les quatre-vingt-six orientations inscrites, dérivant du réseau pentagonal, portaient nécessairement l'empreinte de la symétrie du réseau, et elles ont

p507

accusé leur origine en formant des faisceaux assez étroits et souvent même très-resserrés, séparés par des intervalles vides d'une amplitude plus ou moins grande. On a vu se reproduire le caprice apparent signalé plus haut, page 36, par lequel la symétrie pentagonale s'est révélée pour la première fois. Les orientations inscrites dans le tableau, étant perpendiculaires deux à deux, étaient nécessairement réparties de la même manière dans les deux quarts de circonférence compris entre (..) et entre .. Dans la demi-circonférence entière, les faisceaux étaient au nombre de 28 séparés par 28 intervalles vides, et les faisceaux étaient tellement serrés, que tous ensemble ils ne comprenaient que (..) , tandis que les 28 intervalles embrassaient (..) . Ce groupement des orientations théoriques en faisceaux a joué nécessairement un rôle prépondérant dans la discussion à laquelle l'auteur a dû se livrer pour déterminer quelles étaient, parmi les orientations théoriques, celles auxquelles il convenait le mieux de rapporter les seize orientations observées dans le département de la Haute-Marne. Comme il serait difficile d'abrégé cette discussion, qui, en raison de son étendue, ne peut être reproduite dans le présent rapport, je dois me borner à en consigner ici les principaux résultats. En empruntant aux cercles du réseau pentagonal quatre-vingt-six orientations, pour les rapprocher, sans autres préliminaires, de seize orientations observées, on aurait pu craindre de faire naître une confusion presque inextricable. Mais il n'en a pas été ainsi, et, en éclairant, lorsque la nécessité s'en est fait sentir, les résultats bruts des rapprochements numériques par les considérations que fournissait naturellement la constitution géologique de la contrée, l'auteur a pu rapporter rationnellement les observations faites dans la Haute-Marne aux systèmes de montagnes dont l'influence s'y est fait sentir, sans être obligé d'admettre entre les orientations

observées et les orientations calculées des différences trop considérables.

p508

Ces différences, notées comme positives ou comme négatives, suivant que l'orientation observée s'éloigne ou se rapproche du nord plus que la direction calculée à laquelle on la compare, sont le plus souvent très-faibles, les plus fortes ne dépassant pas trois à quatre degrés. La rose des directions observées se compose de seize rayons, dont chacun représente un groupe plus ou moins nombreux de failles, de directions de couches repliées ou redressées et d'alignements répandus dans différentes parties du département. Dans chacun de ces groupes, les orientations sont très-peu différentes les unes des autres, sans être cependant assez complètement identiques pour qu'on ne puisse pas les soupçonner quelquefois d'appartenir à des systèmes distincts, mais d'orientations très-voisines. En rapprochant les seize orientations observées des quarante-trois orientations calculées et de leurs perpendiculaires, l'auteur a trouvé que vingt-deux de ces orientations théoriques pouvaient avoir des représentants parmi les orientations des accidents stratigraphiques du département de la Haute-Marne, et il a même mentionné en outre deux rapprochements douteux. Parmi les vingt-deux rapprochements admis, douze, c'est-à-dire plus de la moitié, se sont présentés dès l'abord : on n'a eu qu'à rattacher l'orientation observée à l'orientation théorique qui s'en éloignait le moins, et qui souvent ne présentait avec la première qu'une différence extrêmement faible, comprise parmi les seize différences minima inscrites dans une colonne particulière du tableau et reproduites parmi les vingt-deux différences relatives aux orientations choisies. Dans les dix autres cas, des considérations géologiques ont conduit à rapprocher la direction observée d'une direction calculée autre que celle qui s'en éloignait le moins. Une orientation observée, qui tombait entre deux orientations calculées, a quelquefois été considérée comme réunissant à la fois des lignes se rapportant aux deux dernières. D'autres fois il a paru que le cercle auquel se

p509

rapportait l'orientation calculée la plus voisine d'une orientation observée avait des rapports géologiques moins naturels avec la constitution géologique du département de la Haute-Marne qu'un autre cercle dont l'orientation s'éloignait un peu plus de l'orientation observée, et on s'est décidé à chevaucher par-dessus la première pour aller prendre la seconde. Il en est résulté que quatre des différences minima / un quart seulement de la totalité / ne figurent pas dans la

colonne relative aux orientations choisies et y sont remplacées par des différences un peu plus fortes. C'est ainsi qu'ont été introduites dans la colonne relative aux vingt-deux orientations choisies dix différences qui ne sont pas des différences minima. Dans la discussion se sont offerts des rapprochements singulièrement heureux, dont le résultat présente un caractère frappant de vérité. Deux cercles du réseau pentagonal, le diamétral Dac du système de la Côte-D' Or et le trapézoédrique Tc du système du Hundsrück, se coupent, comme on l'a vu précédemment, à Saint-Marcel, près de Noroy-Lez-Jussey, dans la partie du département de la Haute-Saône la plus voisine de celui de la Haute-Marne. Ils traversent l'un et l'autre la partie méridionale de la Haute-Marne, qui est celle où les failles sont le plus multipliées. Il était naturel que leurs orientations fussent reproduites par celles des failles avec une netteté particulière. Or, pour ces deux cercles, on a été conduit à conserver dans la colonne des différences relatives aux orientations choisies les différences minima, qui sont, pour le cercle de la Côte-D' Or, (...), et pour le cercle du Hundsrück, (...); deux différences en elles-mêmes assez faibles et qui, étant de signes contraires, se compensent presque exactement. La compensation, cependant, n'a pas lieu pour l'ensemble des différences. Parmi les seize différences minima, huit sont positives et huit sont négatives, mais les différences positives sont plus grandes en moyenne que les différences négatives; et, parmi les différences relatives aux vingt-deux orientations choisies, quatorze

p510

sont positives, tandis que huit seulement sont négatives et moins grandes en moyenne que les différences positives. Disposer, pour atténuer cette disproportion, des deux minutes dont le réseau pentagonal, dans sa position provisoire actuelle, paraît susceptible de tourner sur lui-même, serait un remède insuffisant. Le privilège constant dont jouissent ici les différences positives a amené l'auteur à penser qu'une cause spéciale, indépendante du caprice des erreurs d'observation, avait concouru à les produire. Il a constaté, en effet, qu'on pourrait trouver cette cause dans un défaut réel de continuité des fissures, qui, sans présenter d'interruption complète et apparente, seraient tronçonnées en segments consécutifs, disposés en échelon, par le croisement de fissures transversales. Pour chacune des différences un peu considérables que les résultats du calcul ont données, il a pu signaler un système de croisements et de rejets qui, combiné avec la direction calculée, aurait produit une déviation de même signe que celle qui a été déterminée. Il a, en outre, fait remarquer que, suivant toute apparence, les fissures ne sont presque jamais verticales, et que, de même que dans les filons, toutes les fissures d'une même orientation sont probablement inclinées dans le même sens. Or cette inclinaison, qui joue un rôle essentiel dans l'épure bien connue du

croisement des filons, et qui, dans le cas actuel, reste indéterminée, a été dans les mains de la nature un élément propre à faciliter la production des déviations observées. De là il résulte que, très-probablement, une petite partie seulement des différences données par les résultats du calcul rentre dans le domaine du hasard ou des erreurs d'observation. La discussion des seize différences minima et des vingt-deux différences relatives aux orientations choisies a conduit l'auteur à beaucoup d'autres remarques, qui tiendraient ici trop de place et pour lesquelles je ne puis que renvoyer au mémoire original. Je

p511

citerai cependant encore le résultat suivant. Les seize orientations observées ne sont pas réparties également entre les deux quadrants N-E et S-E, mais le premier en renferme dix et le second six seulement. Pour les vingt-deux orientations choisies, treize tombent dans le premier quadrant, et neuf seulement dans le second. Cette préférence pour le quadrant N-E est en harmonie avec la remarque faite depuis longtemps par M De Humboldt, que les orientations des accidents stratigraphiques de l'Europe occidentale se dirigent le plus souvent vers la région du N-E, mais qu'un groupe assez nombreux aussi de ces orientations se dirige vers la région du S-E. L'analyse rigoureuse des faits observables dans une région, même aussi peu étendue qu'un département, peut ainsi quelquefois reproduire ou faire naître des remarques susceptibles d'une application générale. L'auteur avait fait entrer dans la rose des directions calculées quarante-trois cercles dont plusieurs passent fort loin de Buxières-Lez-Belmont. Le résultat de la discussion a été d'éliminer en masse les neuf cercles qui en passent le plus loin. Les vingt-deux rapprochements se rapportent à vingt-deux des trente-quatre cercles qui passent le plus près de Buxières, et pour les deux plus éloignés desquels les perpendiculaires abaissées de ce point n'ont encore que des longueurs de (..) et de (..) . Or ces deux derniers cercles sont ceux qui représentent les systèmes des Alpes principales et des Pyrénées, deux des systèmes qui ont le plus fortement et le plus largement accidenté le sol de l'Europe. On peut inférer de là que, en limitant d'une manière générale à (..) / (..) de part et d'autre du grand cercle de comparaison / la largeur d'un système de montagnes, l'auteur de la notice ne l'a pas restreinte outre mesure. Les rapprochements établis entre des chaînes de montagnes plus éloignées les unes des autres, dans le sens transversal à leur direction, peuvent donc inspirer de la défiance et ne doivent être admis qu'avec réserve. Il est difficile,

p512

néanmoins, de rien prononcer d' absolu à cet égard, et certains rapprochements, qui étendraient exceptionnellement jusqu' à (..) du grand cercle de comparaison l' influence d' un système de montagnes, se sont présentés quelquefois d' une manière assez naturelle. Le plexus compliqué que forment les accidents stratigraphiques figurés sur la carte géologique du département de la Haute-Marne n' a pas été produit d' un seul jet ; mais, le sol étant composé presque exclusivement par le terrain jurassique, les données manquent en partie pour établir d' une manière précise le nombre et la date géologique des époques de bouleversement qu' il y aurait lieu d' y distinguer. L' auteur, en tenant compte des deux cas notés comme douteux, a été conduit à établir des rapprochements, sous le rapport des directions observées, entre les accidents stratigraphiques et dix-huit systèmes de montagnes, dont six interviennent à la fois par leur direction propre et par celle de leur perpendiculaire. Parmi ces dix-huit systèmes, il y en a huit, savoir, les systèmes du Finistère, du Morbihan, du Hunsrück, des Ballons, du Forez, du Rhin, du Thüringerwald, du mont Seny, qui sont antérieurs à la partie moyenne du terrain jurassique. Or, comme tous les accidents stratigraphiques du département de la Haute-Marne affectent les couches jurassiques, ces huit systèmes, ou du moins les sept premiers, n' ont pu y manifester leur existence qu' en se reproduisant postérieurement à leur première origine, par le contre-coup de dislocations plus récentes, phénomènes dont plusieurs autres exemples ont été cités dans le cours de ce rapport / P 324, 4 i 8, 434 et autres /. Parmi les dix autres systèmes, huit sont reconnus comme postérieurs au terrain jurassique : ce sont les systèmes de la Côte-D' Or, du mont Viso, des Pyrénées, des îles de Corse et de Sardaigne, du Tatra / Tb /, du Tatra de M Pomel / Ta /, du Sancerrois, des Alpes

p513

principales ; et il est probable qu' il en sera de même des deux systèmes nouveaux dont l' auteur a cru discerner l' indication et qu' il a représentés, l' un par un cercle auxiliaire Tb / Ttbbc Hécla /, homologue du système du Sancerrois, et l' autre par un cercle auxiliaire Da / Dac /, homologue du système des Pays-Bas. Mais l' un des deux systèmes désignés sous le nom de Tatra devra probablement être considéré comme étranger au département de la Haute-Marne, et les fissures dirigées perpendiculairement à la direction du système des îles de Corse et de Sardaigne, s' il en existe réellement dans ce département, où elles ne sont indiquées que par l' un des trois rapprochements numériques auxquels se prête l' orientation observée (..) , pourraient n' être qu' une déviation des accidents d' un système plus moderne. Cela réduirait à six les systèmes de montagnes antérieurement connus dont on pourrait assurer, dès aujourd' hui, qu' ils ont joué un rôle direct dans la formation du relief extérieur du

département de la Haute-Marne, savoir : 1 le système de la Côte-D' Or, qui paraît avoir joué un rôle considérable dans cette contrée et avoir occasionné la reproduction des accidents de plusieurs systèmes plus anciens, notamment de ceux du Hundsrück et du Rhin ; 2 le système du mont Viso, dont le rôle a été considérable aussi et qui a occasionné de son côté la reproduction des accidents de plusieurs systèmes plus anciens, tels que ceux du Morbihan, du Rhin, du Forez et même du système de la Côte-D' Or ; car on voit vers Joinville et Saint-Dizier des failles ayant l' orientation des systèmes du Rhin et de la Côte-D' Or affecter le terrain néocomien et peut-être même le grès vert et le gault ; 3 le système des Pyrénées, dont l' influence dans la Haute-Marne a été moins étendue ; 4 le système du Tatra, dont l' action s' est surtout exercée dans la partie S-E du département, en contribuant à produire le singulier plexus de failles qui s' étend, au midi de Buxières-Lez-Belmont, de Charme-Saint-Valbert à Chassigny, à Grancey et au delà ; 5 le système du Sancerrois, dont l' action a été très-restreinte ; 6 enfin le système des Alpes principales,

p514

auquel se rapporte notamment le grand accident stratigraphique que M De Chancourtois a tracé aux environs de Chalindrey et qui limite au S-S-E la montagne de Langres. Dans l' opinion de M élie De Beaumont, cet accident stratigraphique aurait complété le relief du département de la Haute-Marne en séparant le bassin de La Bresse de celui dans lequel se sont déposés des terrains analogues à celui de La Bresse, aux environs de Saint -Dizier, de Sainte-Menehould, etc. Le système des Alpes principales aurait ainsi joué dans le département de la Haute-Marne un des rôles prépondérants. Il aurait remis en jeu beaucoup d' accidents stratigraphiques produits par les systèmes antérieurs et y aurait rendu les dénivellations plus sensibles. Son action, superposée à celle du système de la Côte-D' Or, aurait créé le seuil continental qui sépare le bassin de la Méditerranée de celui de l' océan. La configuration qu' il a imprimée au sol se serait conservée sans altération si les phénomènes diluviens qui sont survenus subséquemment ne l' avaient modifiée en produisant des dénudations considérables et en creusant ou façonnant les vallées, dans lesquelles leurs effets, qui semblent dater d' hier, sont souvent très-remarquables et très-frappants. La faiblesse du relief que les actions superposées de plusieurs systèmes de montagnes ont donné au sol du département de la Haute-Marne rend souvent difficile d' assigner à chacun de ces systèmes la part qui lui appartient ; mais il est beaucoup moins difficile de constater l' influence qu' exercent sur la topographie les différents accidents stratigraphiques auxquels se rapportent les seize orientations observées de la rose de Buxières-Lez-Belmont. Dans la contrée où il se trouve, chacun de ces accidents stratigraphiques se lie

intimement aux accidents topographiques dont il est la clef et qui le plus souvent l' ont fait découvrir ; mais généralement il ne s' arrête pas là. On n' a tracé chaque accident stratigraphique, faille, inflexion des couches, etc., que dans la partie

p515

où il est visible : leur influence s' étend cependant beaucoup plus loin. Il suffit en effet, le plus souvent, de placer une règle le long de la ligne qui représente l' un d' eux, pour constater que sa prolongation passe avec une certaine affectation , d' une manière au moins très-approximative, par un certain nombre d' accidents géologiques, orographiques ou hydrographiques . On trouvera même que certaines lignes stratigraphiques semblablement orientées, tracées dans différentes parties du département, sont sensiblement dans le prolongement l' une de l' autre. On les aurait en effet tracées d' une manière continue, dans tout l' espace intermédiaire, si on n' avait jugé plus convenable de ne les figurer que là où elles répondaient à des accidents géologiques apparents à la surface du sol. Ces fractures rectilignes se sont quelquefois ajustées plusieurs ensemble pour constituer une ligne brisée plus ou moins serpentante, d' une longueur considérable, le long de laquelle s' est produite, probablement d' un seul jet, une crête sinueuse, interrompue seulement par quelques fractures transversales, dont plusieurs donnent passage à des cours d' eau. On voit un très-bel exemple de ce phénomène dans le midi du département de la Haute-Marne, où une ligne de ce genre s' étend de Charmes-Saint-Valbert à Grancey, sur une longueur de 52 kilomètres. D' autres se présentent sur les bords de la Marne, entre Joinville et Saint-Dizier, et ailleurs encore. Les crêtes dont je parle, n' étant pas rectilignes, peuvent sans doute être représentées approximativement par des courbes ; mais, en principe, elles se rapportent à des lignes brisées et non à des courbes continues. Ce qui le prouve, c' est qu' on peut suivre, jusqu' à des distances souvent considérables, les directions des éléments rectilignes dont elles se composent, comme on le voit notamment pour la faille en ligne brisée des environs de Chatonrupt, au nord de Joinville. Ces prolongations sont jalonnées par des accidents naturels, comme le sont toutes les lignes dont je viens de parler. J' ai déjà

p516

signalé le même fait pages 399 et 456, en parlant de différentes chaînes de montagnes. Les lignes courbes par lesquelles des géologues éminents se sont quelquefois bornés à représenter les axes des chaînes de montagnes et d' autres

accidents géologiques de moindre importance n' expriment donc qu' un aperçu superficiel de leur configuration extérieure. Ce procédé expéditif, déjà fort ancien, ne peut être compté au nombre des progrès récents de la stratigraphie. Indépendamment des lignes dont un tronçon au moins a été figuré sur la carte géologique de la Haute-Marne, comme représentant un accident stratigraphique observable directement, il en existe d' autres, parallèles aux premières, qui ont, comme celles-ci, la propriété de passer par des points définissables en plus ou moins grand nombre. Chacune de ces lignes pourrait devenir l' objet d' une monographie analogue à celles que j' ai données, dans le cours de ce rapport, pour un grand nombre de cercles du réseau pentagonal. Beaucoup de points définissables sont à la fois sur plusieurs de ces lignes et se trouvent, par conséquent, à leurs points de croisement. Chacune de ces lignes représente probablement une fissure ou une inflexion des couches qui ne se révèle pas à la surface parce qu' elle n' a pas produit de dénivellation bien sensible, mais qui n' en exerce pas moins son influence sur les cours d' eau et sur beaucoup d' accidents topographiques. Souvent ces mêmes lignes coïncident approximativement avec les limites des formations géologiques et avec les contours des coteaux où celles-ci se terminent, de même qu' avec les vallées. Cette dernière circonstance est très-naturelle, car les contours des coteaux que forment les différentes formations résultent des phénomènes de dénudation qui ont détruit une partie de ces formations et les ont réduites à l' étendue qu' elles occupent aujourd' hui, en arrêtant leur action à certaines fissures ou autres lignes d' accidents ;

p517

et ces mêmes lignes, comme je l' ai indiqué précédemment, ont joué un rôle prépondérant dans le creusement des vallées. Les courants d' eau, les courants diluviens, qui ont été les agents principaux des phénomènes de dénudation et du creusement des vallées, ont émoussé certains angles et arrondi certains contours ; le reste se coordonne aux lignes que je viens de signaler. Toutes ces lignes réunies aux cercles du réseau pentagonal, dont elles suivent les allures, constituent le *quinconce pentagonal* , qui est la clef et le canevas fondamental de la topographie. Ces remarques s' appliquent à la surface entière du globe. Chaque fois qu' on regarde une carte géographique levée rigoureusement, on voit s' y dessiner beaucoup de lignes droites constituant diverses figures géométriques, des triangles, des losanges, des trapèzes et d' autres polygones plus compliqués, souvent même dentelés. Ce fait, que M Pissis a remarqué depuis longtemps avec beaucoup de justesse dans les formes générales des continents, s' observe en petit, jusque dans les détails de la topographie, tout aussi bien qu' en grand. Toutes ces lignes droites dérivent des lignes de fissures ou autres accidents géologiques dont je viens de parler, et tous les sommets de ces figures variées sont des points du quinconce pentagonal . Les

points caractérisés que j' ai cités, en suivant le cours des cercles du réseau pentagonal, sont des individualités particulières dans ce vaste ensemble de points définis. On peut dessiner des figures variées pour ainsi dire à l' infini, en plaçant Ad Libitum différentes pièces d' un jeu d' échecs sur les cases d' un échiquier. Toutes ces figures sont nécessairement subordonnées au canevas rectangulaire de l' échiquier, et tous leurs angles coïncident avec les intersections des lignes qui passent par les centres des cases. Les configurations géographiques se rapportent de la même manière au quinconce pentagonal , dont le plan

p518

est seulement beaucoup plus riche et beaucoup plus varié que le plan si simple d' un échiquier. M De Villeneuve, dans six mémoires pleins de verve et d' originalité qu' il a présentés successivement à l' académie des sciences et qui ont été insérés par extraits dans les comptes rendus , a exposé des vues nouvelles qui se rapportent au même ordre d' idées. S' appuyant sur le principe que l' angle formé par deux grands cercles a pour mesure l' arc qu' ils comprennent sur un troisième grand cercle dont leur point d' intersection est le pôle, M De Villeneuve fait remarquer que les lois angulaires des systèmes de montagnes formulées par M élie De Beaumont doivent, sur une sphère, à 90 degrés de distance du point de départ, aboutir à des relations de longueur. C' est là en effet, dit-il, ce que lui ont permis de constater ses recherches sur le développement des bassins géologiques et des lignes de thalweg. Les îles de Corse et de Sardaigne, placées au milieu de la Méditerranée, ont semblé à M De Villeneuve l' étalon naturellement indiqué pour comparer les distances ou les longueurs des axes géologiques dans les contrées circonvoisines. L' axe des terrains primitifs de la Corse et de la Sardaigne a (..) de longueur. On le mesure du cap Spartivento, extrémité méridionale des roches primitives de la Sardaigne, à la baie d' Ostriconi, extrémité septentrionale de celles de la Corse. L' axe total de la Corse et de la Sardaigne offre près de (..) degré en sus, ou (..) , du cap Teulade / Sardaigne / au cap Corse ; les subdivisions de cet axe sont : la longueur de la Sardaigne, (..) ; la longueur de la Corse, (..) . La longueur des terrains primitifs des Pyrénées, du granite du cap Creus à celui de Salin ; le développement des granites de la Bretagne, de Saint-Maixent aux rivages granitiques de Kersant,

p519

d' Aurigny et de Barfleur, répètent la longueur de l' axe primitif Corse et Sardaigne ; tandis que, des granites des

environs de Saint-Tropez, en Provence, à ceux de la baie de Cancale, on trouve que l'ensemble de la ligne granitique de la France offre deux fois cette longueur. L'axe de la Sardaigne, principal élément de l'unité géologique de M De Villeneuve, se répète en deux sens, du nord au sud et de l'est à l'ouest, sur le plateau central de la France. Les éléments des distances de Corse et Sardaigne paraissent dérivés, dit M De Villeneuve, des groupes volcaniques, soit dans la série des volcans actifs, soit dans les groupes de volcans éteints. La longueur Corse et Sardaigne se retrouve dans la distance qui sépare le volcan sous-marin de l'île Julia du Vésuve. L'axe Corse répété deux fois est la distance de la bouche du Vésuve à celle de l'Etna, et l'axe Sardaigne est répété par les distances respectives du Vésuve et de Julia aux îles éoliennes. Les mêmes lois de longueur se reflètent, dit M De Villeneuve, dans les lignes qui joignent les grands points thalweg. Ainsi la longueur de la chaîne des lacs, de Genève à Guarda, est, comme la distance du Vésuve à l'Etna, double de l'axe Corse. Le milieu de cette série lacustre est occupé par le lac Majeur. Du lac de Guarda à celui de Constance et de ce dernier à Genève, on retrouve encore une même longueur ; c'est l'axe de la Sardaigne. Les bassins de combustibles satisfont aux mêmes conditions. L'axe de la Corse correspond aux distances qui séparent le bassin de Sarrebruck de celui des Pays-Bas, le bassin houiller de Saint-étienne de celui d'Alais ou de celui du Creuzot. La plus grande distance des gîtes houillers de la France, du nord-nord-est au sud-sud-ouest, ou du nord au sud, est, en partant de Liège pour aller vers les petits bassins de Toulon et de Durban, de deux axes Corse et Sardaigne. Le milieu de cet intervalle est occupé par les bassins de Saône-Et-Loire. Les sédiments géologiques du trias, de la Provence aux Vosges,

p520

sont séparés aussi par un axe primitif Corse et Sardaigne. Mêmes conditions pour la distribution du lias de l'Ardenne à celui de Bourbon-L'Archambault, aux deux extrémités du plus grand dépôt jurassique de la France. Les bassins tertiaires de l'Aude et de la Garonne ; du Rhin, de Neufchâtel à Wetzlar ; du Rhône, de Gray aux Martigues, offrent dans leur longueur maximum l'axe total Corse et Sardaigne. Le bassin parisien, de Fécamp à Joigny, offre l'axe de la Sardaigne, tandis que la distance du grès vert de l'île de Wight à celui de Fécamp, est sur le prolongement de la même direction, égale à l'axe Corse. Ainsi, dit M De Villeneuve, les sédiments offrent la répétition des lois de longueur que nous avaient montrées les terrains cristallisés et les centres volcaniques ; on retrouve les mêmes lois dans les thalwegs des fleuves et la longueur des rivages de la Méditerranée. Dans un second mémoire intitulé études sur la structure de l'écorce terrestre, où il cite encore beaucoup de faits analogues aux précédents, mais que je ne

puis reproduire ici, M De Villeneuve établit que les longueurs de la Corse et de la Sardaigne sont liées par une loi géométrique. La Sardaigne est le côté du triangle équilatéral inscrit dans un cercle dont le rayon serait la longueur du terrain primitif de la Corse, et le terrain primitif de la Corse dérive de la même manière de la longueur totale du demi-diamètre longitudinal de la Corse. Enfin la longueur totale des deux îles dérive encore, de la même manière, d'un triangle équilatéral inscrit dans le cercle dont le rayon est la Sardaigne elle-même. Ces dérivations, par générations successives de triangles équilatéraux dont le côté du triangle équilatéral précédent devient le

p521

rayon, se dessinent par des *noeuds*, des *sutures* ou des solutions de continuité. Le détroit de Bonifacio est placé aux de la longueur totale des deux îles, en partant du cap Corse. En langage algébrique, si la Corse avec la Sardaigne est l , la Sardaigne sera $(..)$, la Corse $(..)$, et le détroit de Bonifacio sera placé entre $(..)$, ce qui reproduit à peu près les $(..)$ de la longueur. La séparation des masses des deux îles produite par le détroit est le trait principal, l'accident le plus remarquable de leur forme. Ce trait de discontinuité, cette faille séparative se reproduit, dit M De Villeneuve, dans les chaînes de montagnes, dans les rivages des mers et des lacs, dans les bassins houillers et sédimentaires, dans les groupes de sources *thermales*, dans les sources ordinaires et dans les filons ; tous les gisements portent la forte empreinte de cette loi de coordination. Dans sa troisième communication, intitulée *mémoire sur la structure de l'écorce terrestre*, M De Villeneuve retrouve cette même loi dans les subdivisions des thalwegs des bassins hydrographiques. Définissant l'axe *fluvial* principal d'un bassin la plus longue ligne droite qu'on puisse y tracer, il trouve que dans le bassin de la Seine, où l'extrême embouchure est le cap la Hève, le point de départ le plus éloigné est le faite du plateau de Langres. Le principal accident du bassin est le confluent de la Seine et de la Marne à Charenton, près Paris, et les distances de ce point au plateau de Langres et à la Hève sont comme 102 à 75, c'est-à-dire presque rigoureusement comme $(..)$. Pour le cours du Danube, dont l'accident principal est le confluent de la Save à Belgrade, les distances de ce point à la source et à l'embouchure du fleuve reproduisent le même rapport de $(..)$.

p522

Les autres fleuves de l'Europe, la Garonne, la Loire, le Rhône, le Tage, l'Elbe, le Rhin, satisfont aussi à la

formule. Dans ses études déjà citées sur la structure du globe terrestre, M De Villeneuve appliquait déjà le même ordre de considérations aux grands traits de la configuration du globe, et il y signalait des rapports très-curieux dont je ne puis indiquer qu'une faible partie. Les plus grands développements des masses continentales se dessinent, dit l'auteur, des deux côtés du détroit de Behring. L'ancien monde, mesuré par l'arc, de Behring au cap de Bonne-Espérance, et le nouveau monde, de Behring au cap Horn, donnent (..) , arcs dont les compléments à 360 degrés sont les (..) et les (..) de la circonférence totale, ce qui reproduit approximativement entre les deux parties le rapport de (..) . Considérés à part, les axes des deux grandes masses continentales offrent dans leurs isthmes la même loi de subdivision et de suture que la Corse et la Sardaigne. Les isthmes de Suez et de Panama sont sur un même parallèle dont le centre est à Behring et dont la longueur du rayon est la fraction (..) , des axes des masses continentales. De cette loi vérifiée sur l'ensemble du globe et sur des bassins de toutes les grandeurs, on peut, dit M De Villeneuve à la fin du troisième mémoire, descendre dans les détails des gisements exploités, et trouver ainsi un nouveau guide dans les recherches et la mise à profit des masses minérales. Dans un mémoire subséquent sur les causes de l'harmonie des formes terrestres, M De Villeneuve, après avoir cherché à établir par les traits dominants de la géographie qu'il y a une remarquable symétrie dans les longueurs des axes des fleuves, des montagnes, des

p523

continents et dans leurs subdivisions ; que cette symétrie est, sur un corps sphérique tel que la terre, une confirmation de la symétrie des directions signalée par M élise De Beaumont, remonte à la cause de cette double symétrie des angles et des dimensions, et en montre l'origine dans la subdivision harmonique des corps agités par des vibrations prolongées. Après avoir, dans ce mémoire et dans le suivant, sur les vibrations terrestres, consacré à ces vibrations, qui ne sont autre chose que les tremblements de terre, des remarques qui se rapportent à la mécanique plutôt qu'à la stratigraphie, M De Villeneuve conclut en disant : " les tremblements de terre sont perpétuels ; leurs lois de propagation sont identiques à celle des vibrations sonores. La régulière distribution des lignes nodales et des ventres de vibration observés sur des plaques vibrantes se doit appliquer à la terre ; " et dans le sixième mémoire, consacré aux lois des deltas, il insiste de nouveau sur les lois de subdivisions régulières causées par les vibrations de la terre. Les six mémoires de M De Villeneuve, dont ce qui précède ne peut donner qu'une idée extrêmement sommaire, contiennent la substance d'un important ouvrage dont on doit désirer que la publication ne se fasse pas trop longtemps attendre. L'auteur y a répandu une foule de

remarques des plus curieuses sur les rapports de longueur et de position d' un grand nombre de lignes et de points de la surface terrestre. Par les vues neuves et originales qui y seront répandues, cet ouvrage concourra, avec le réseau pentagonal, à montrer que la plupart des points remarquables de la surface du globe sont soumis dans leurs positions à des lois mathématiques, et que la *stratigraphie* est une science dont l' objet est presque complètement indépendant des caprices du hasard.

p524

Applications du réseau pentagonal à la distribution des substances minérales. Ce n' est pas seulement sur la configuration extérieure du sol que les lignes du *quinconce pentagonal* exercent leur influence ; elles en exercent une plus directe encore sur sa structure intérieure. Comme on l' a déjà indiqué précédemment, elles président au cours des eaux intérieures qui forment les sources ordinaires, au cours des sources minérales et thermales, enfin elles ont régi les cours de toutes les émanations liquides, gazeuses ou même fondues, qui, dans le laps des âges, ont amené de l' intérieur à la surface du globe cette variété infinie de substances qui constituent la plus grande partie de la richesse minérale. M De Chancourtois a fait une application aussi neuve qu' ingénieuse de ce principe aux minerais de fer du département de la Haute-Marne. Il l' a développée dans un mémoire qui a été inséré par extrait dans les *comptes rendus de l' académie des sciences et imprimé In Extenso dans les études stratigraphiques sur le département de la Haute-Marne* , qu' il a publiées de concert avec M élie De Beaumont. Suivant M De Chancourtois, les minières de fer figurées dans la carte géologique de la Haute-Marne, d' après le relevé de M Duhamel, s' alignent sur des directions qui concordent exactement avec celles des failles et des autres accidents géologiques. Ce fait, dont on se convaincra facilement par la simple inspection des alignements tracés en rouge par M De Chancourtois sur la carte de la Haute-Marne, a une grande importance au point de vue pratique, puisqu' il fournit un principe pour la recherche des nouveaux gîtes que l' on doit espérer de rencontrer sur les lignes jalonnées par les gîtes connus, dans les directions fixées, et particulièrement aux intersections

p525

de ces lignes. La concordance parfaite, par coïncidence ou parallélisme, des alignements des gîtes minéraux et des directions des failles, est frappante, mais toute naturelle, les minerais de fer étant des produits d' émanation qui doivent se trouver nécessairement sur les lignes de fissure de l' écorce

terrestre, et surtout aux croisements. On peut seulement s'étonner que la remarque n'en ait pas été faite plus tôt. Mais il faut noter avec intérêt la présence parmi les alignements de directions diverses propres à des systèmes de soulèvement plus ou moins antérieurs aux terrains qui comprennent les gîtes, par exemple de la direction du système du Rhin, très-fréquente dans les minerais du terrain néocomien. C'est là une preuve manifeste de la persistance ou de la réouverture des anciennes fractures. Et quoi de plus simple, dit M De Chancourtois ? Les assises des terrains stratifiés ne sont-elles pas assez exactement aux fissures d'émanation ce que les couches de badigeon sont aux lézardes d'un mur recrépi ? Une autre preuve du même phénomène résulte de la distribution sur une même ligne de divers gîtes compris dans des terrains différents. On voit, par exemple, sur une ligne S-E-N-O, qui part des minières de Nijon, près Bourmont, une série de gîtes compris dans les différents étages des terrains jurassiques et crétacés, ou au moins reposant sur ces étages en relation intime. Je touche là, dit toujours M De Chancourtois, un point délicat, et je dois prévenir une objection. Parmi les gîtes signalés sur la carte, il y en a de notoirement interstratifiés dans les terrains, comme les gîtes néocomiens ; d'autres sont superficiels et appelés, par certains géologues, d'alluvion ou de remaniement, parce qu'on les a considérés comme résultant de la destruction d'un étage supérieur à celui sur lequel ils reposent.

p526

N'aurait-il pas fallu distraire ces gîtes avant de tracer les alignements, pour ne faire porter ceux-ci que sur des gîtes de minerais géodiques ou en poches, c'est-à-dire sur des gîtes franchement adventifs ? M De Chancourtois ne le pense pas ; il croit, au contraire, et je partage son opinion, que la régularité même du réseau d'alignements établi sur l'ensemble des gîtes, sans distinction, conduit à une proposition assez importante, savoir : que les dépôts de minerais de fer, alors même qu'ils se présentent interstratifiés, sont essentiellement locaux, et correspondent avec précision aux points de bâillement des fissures inférieures. M élie De Beaumont avait fixé depuis longtemps des directions d'alignement pour les amas gypseux des marnes irisées. Le tracé des alignements de ces amas dans la Haute-Marne est venu confirmer pleinement les anciennes déterminations, et, chose à noter, plusieurs lignes sont communes au gypse et au minerai de fer. Les sources minérales et les dépôts de tuf servent aussi de jalons. M De Chancourtois a reconnu que les seize orientations dont se compose la *rose des orientations observées* de Buxières-Lez-Belmont n'étaient pas les seules que l'on dût considérer. Il y a joint celles des cercles qui lui ont paru les plus importants à essayer et dont quelques-uns n'ont même échappé, dans les observations sur les accidents purement stratigraphiques de la Haute-Marne, que parce qu'ils ne se manifestaient pas par les phénomènes de

failles avec dénivellation qui ont d'abord appelé l'attention sur les premiers. La série des cercles mis ainsi en expérience en comprend donc vingt-cinq, pour lesquels M De Chancourtois a adopté les orientations calculées, consignées dans le tableau déjà cité de M élise De Beaumont. Toutes ces directions, essayées non-seulement dans le département de la Haute-Marne, mais dans toute la région N-E de la France, à laquelle l'habile ingénieur a étendu son exploration, lui ont paru mériter d'être prises en considération, et la plupart s'appliquent d'une manière remarquable aux points d'exploitation

p527

du fer, dont le nombre est d'environ 75 0 dans la partie N-E de la France. Ils s'appliquent en même temps aux accidents géographiques et géologiques. J'en citerai seulement quelques exemples, qui suffiront pour donner au lecteur une idée du travail très-étendu de M De Chancourtois, et pour montrer que le procédé qui consiste à suivre une ligne droite et à en faire une sorte de monographie, en notant tous les points remarquables qu'elle rencontre ou dont elle s'approche, s'est présenté à plus d'un explorateur. Un bon type de la direction importante Minorque-Norvège / hexatétraédrique Haa, (..) / est offert, dit M De Chancourtois, par la ligne qui, partant des minières de Laharmand, près de Chaumont, rencontre au N celles de Chatonrupt, d'Aulnois, de Fains, puis encore trois minières dans les Ardennes. Une ligne parallèle, qui en est presque le prolongement, passe à deux minières de la Côte-D'Or et aboutit dans l'Isère au gîte de la Verpillière. On peut prendre pour type de la direction du Vercors / trapézoédrique Ta, (..) / l'alignement qui, du gîte de Villebois / Ain / au groupe d'Hayange, près de Thionville, s'appuie sur dix points en marquant le cours de la Moselle aux coudes situés au-dessous de Toul et au-dessus de Metz, et réglant de ce côté le contour du lias. Une des lignes les plus frappantes de la direction du système du Rhin / primitif de la Nouvelle-Zemble, (..) / part des mines de Saint-Pancré / Moselle /, passe dans la Haute-Marne aux minières de Nant-Le-Grand, de Chatonrupt, de Nomécourt, de Latrecey, et atteint celles de Perrecy / Saône-Et-Loire /. Elle forme à peu près l'axe d'un faisceau, où on peut noter, entre autres lignes, celle qui réunit les minières de Montgérard / Haute-Marne / à cinq autres points. Parmi les alignements de l'E, qui sont très-bien marqués, M De Chancourtois cite une ligne qui, bien appuyée

p528

dans la région des Vosges et passant par la minière d'Audincourt, va ensuite rencontrer les sources minérales d'Aix-

En-Savoie ; puis encore l'axe principal de la vallée du Rhin, qui, après avoir longé le cours moyen du fleuve, atteint le petit groupe de minières au sud d'Altkirch, placé absolument comme un point sur un l, et arrive enfin aux mines d'Allevard. La direction du système des *Alpes occidentales* / diamétral Dc, / fournit, pour ne citer qu'un exemple, un alignement joignant les minières d'Aumetz et d'Audun-Le-Tiche / Moselle /, où les plans détaillés de M Jacquot l'accusent d'ailleurs très-nettement, aux exploitations voisines du Donjon / Allier /, passant par les minières de Thonnanges, de Fée / Haute-Marne /, et par le gîte de la Roche-Millay, en Morvan. M De Chancourtois donne comme type de la direction du système de la Côtes-D'Or / diamétral Dac, (..) / une ligne qui joint l'exploitation d'Avèze / Puy-De-Dôme / à la mine marquée près de Haguenau / Bas-Rhin /, en passant par le gîte de Nolay, trois points de la Franche-Comté et deux dépendant du groupe de Framont. Parmi plus de cinquante alignements de cette direction l'auteur cite encore le faisceau qui, appuyé sur les groupes d'Allevard et de Vizille, s'applique aux principales crêtes des massifs du mont Blanc et de l'Oberland. La direction du système du Hundsrück / trapézoédrique Tc, (..) /, très-accusée dans les groupes du nord et bien visible dans les plans des minières de Saint-Pancré, donne une ligne parfaitement jalonnée allant des minières de Nancy aux gîtes de Creutzwald. Celle du système des *Alpes principales* / hexatétrédrique Hbaab, (..) /, déjà sensible dans le nord, est parfaitement marquée par une ligne partant des minières de Poissons / Haute-Marne /, par une autre qui joint le groupe de Château-Villain à celui de Framont, en passant par Nijon, et enfin par le faisceau des gîtes de Villebois, qui s'applique d'une manière frappante dans les Alpes,

p529

au delà du Saint-Gothard, aboutissant du côté opposé aux gîtes de l'Auvergne, entre Pléaux et Bort. La direction du système des Ballons / diamétral Tdb, (..) /, bien marquée par plusieurs lignes partant des Vosges, s'observe encore, par exemple, dans le Morvan, du gîte de Nolay à celui d'Arleuf. Celle du système des Pyrénées / octaédrique du mont Sinai, (..) / est particulièrement représentée par un faisceau dont une ligne, réunissant les minières de Rimaucourt à celles de Nijon, dans la Haute-Marne, et à un point du groupe de Thann et Guebwiller, va passer à Montmartre, et forme en quelque sorte l'axe des gypses parisiens. Pour la direction très-importante et très-générale du système du Morhiban / trapézoédrique Tia, (..) /, M De Chancourtois cite l'alignement qui joint cinq points des gîtes de la Moselle à un point des gîtes de Framont, et la ligne qui, passant par les minières voisines de Prauthoy / Haute-Marne / et jalonnée par huit points, trace exactement la grande cluse d'Ornans / Jura / ; puis le faisceau appuyé près de Joinville, dont une ligne passe par les gîtes pyriteux des

lignites du Soissonnais. Enfin la direction du système du Mont Viso / trapézoédrique Ti, (..) /, très-importante aussi, notamment au point de vue de la détermination des sillons de rivières dans le nord, est très-bien représentée par un alignement de douze points, depuis le groupe du Hainaut jusqu' au gîte de Métabief dans le Jura, qui passe par les minières de Poissons, près de Joinville, et aboutit d' ailleurs au massif serpentineux le plus important des Alpes piémontaises. Toute personne qui aura suivi sur la carte les itinéraires dont M De Chancourtois a donné, dans les extraits reproduits ci-dessus, quelques spécimens abrégés, et qu' il a multipliés et développés avec beaucoup plus de détail dans le corps de son mémoire, demeurera convaincue avec lui que les alignements jalonnés par les

p530

minières de fer représentent, comme ceux des autres gîtes minéraux, les traces de fissures de l' écorce terrestre en concordance avec les directions des systèmes de montagnes. Dans l' interprétation des faits d' alignement, dit M De Chancourtois, on doit toujours avoir présente à la pensée la multiplicité probable des fissures parallèles le long d' un grand cercle de fracture, telle qu' elle ressort en effet de la plupart des observations de détail, comme aussi l' influence possible des croisements successifs qui, par leurs rejets, constituent, non des irrégularités, mais de véritables inégalités, dont M élise De Beaumont a déjà fait, à diverses reprises, pressentir la systématisation. à quelque point de vue, à quelque échelle que l' on étudie la surface du globe, une observation attentive fait apercevoir, suivant les expressions pleines de justesse de M De Chancourtois, les traces d' un réseau de lignes entre-croisées de directions plus ou moins nombreuses, mais nettement définissables ; et ces traces régulières sont la traduction d' une sorte de *craquelé* de la croûte inférieure qui, se propageant toujours à travers les couches successives des sédiments ou des épanchements superficiels, non-seulement ouvre le passage aux émanations de la masse interne pour l' alimentation continue des dépôts des matières communes et l' accumulation adventive des matières exceptionnellement utiles, mais encore, alors même qu' il ne donne pas lieu à des arêtes saillantes par des dénivellations des compartiments, prépare, en tailladant le sol, tous les accidents du relief dont les érosions ne viennent ensuite que débayer et modeler les contours. On voit ainsi, ajoute encore l' auteur, se développer avec toute son importance le système des surfaces de séparation voisines de la verticale, dont la prise en considération complète la partie

p531

géométrique de la géognosie, désignée sous le nom de *stratigraphie*, parce qu'elle a pris naissance dans l'observation des *strates*, c'est-à-dire des masses disposées par lits horizontaux, mais en entendant toujours cette dénomination dans le sens du mot *stéréographie*. Je ferai remarquer à cette occasion qu'on ne peut fixer de limite inférieure de grandeur aux parties dans lesquelles les plans de division soumis aux lois de la symétrie pentagonale ont partagé les masses minérales. Sans doute, dans une foule de cas, les changements de température, la dessiccation, certaines altérations chimiques et l'intrusion des matières éruptives ont produit dans les masses exposées à leur action des divisions qui échappent à ces lois. Fréquemment aussi des irrégularités locales ont donné naissance à des anomalies qui m'ont fait dire plus haut que, sous ce rapport, il est dangereux de chercher à pénétrer trop avant dans le domaine des infiniment petits ; cependant, là où rien n'a dérangé la marche régulière des phénomènes, la symétrie pentagonale a prévalu quelquefois jusque dans des divisions presque microscopiques. Dans deux mémoires qu'il a présentés à l'Académie des sciences au sujet du *clivage des roches*, M Aug Laugel a analysé les lois de la division des roches schisteuses en feuillets, dont les ardoises sont le type le plus caractérisé. Réunissant les meilleures observations faites à cet égard, M Laugel leur a appliqué les formules établies par M Lamé dans ses leçons sur l'élasticité. Le résumé de son savant et ingénieux travail, où le calcul cadre d'une manière remarquablement précise avec les faits observés, est que les feuillets de la schistosité ardoisière sont dirigés parallèlement à l'axe du chaînon de montagnes auquel ils se rapportent ; qu'ils sont verticaux quand ils se trouvent dans le plan vertical de l'axe de soulèvement ;

p532

qu'ils sont de plus en plus inclinés à l'horizon à mesure que leur affleurement s'éloigne de ce plan médian du chaînon, et que leurs faces prolongées rencontrent ce même plan suivant une même droite horizontale. On sait depuis longtemps que les plans des feuillets ardoisiers ne sont pas parallèles aux surfaces des couches, que souvent même ils les coupent à angle droit ; mais, en principe, et sauf les anomalies de détail, les directions des feuillets du clivage ardoisier et celles des plans des couches sont, les unes et les autres, parallèles à l'axe de soulèvement. Les traces des plans de stratification et des plans de clivage sur un plan horizontal sont des lignes droites parallèles au *grand cercle de comparaison* de tout le système, et soumises par conséquent aux lois de la symétrie pentagonale. Les affleurements des plans des ardoises font donc partie, en thèse générale, du *quinconce pentagonal* ; mais leur multiplicité fait comprendre que, comme je l'ai dit plus haut, un tracé complet du quinconce pentagonal serait non-seulement très-difficile, mais impossible à

effectuer. On est obligé de se restreindre aux accidents les plus importants qui, dans beaucoup de cas, sont eux-mêmes extrêmement nombreux. Une foule d' indices les trahissent, et les sources de toute espèce, examinées attentivement, sont soumises aux mêmes lois que les points d' émanation des substances métalliques. J' en ai déjà cité plusieurs exemples, et je puise encore le suivant dans une note de M Dewalque sur la *distribution* des sources minérales en Belgique . " *dans une excursion où j' eus l' honneur d' accompagner M Charles Sainte-Claire Deville aux environs de Liège,... etc. "*

p533

l' auteur donne pour sept de ces sources les directions et les longueurs des lignes qui les joignent les unes aux autres. La direction moyenne des alignements est d' un peu plus de 122 degrés, ce qui ne diffère que de 1 degré en moins de celle du système du Thüringerwald et du Morvan rapportée à Liège. Ceci nous ramène à la remarque faite par M De Chancourtois, dans le travail analysé ci-dessus, que les minerais de fer ne sont pas les seules substances adventives dont les gîtes s' alignent suivant les directions propres aux différents systèmes de montagnes. Les amas gypseux, si nombreux en Lorraine, en Alsace et en Franche-Comté, jouissent, en effet, de la même propriété, et rentrent dans la même ordonnance. Ils forment souvent des protubérances, des espèces de champignons, placés très-fréquemment aux points de rencontre de plusieurs accidents stratigraphiques, et, pour la plupart, ils représentent autant de points du quinconce pentagonal . Il en est de même des masses gypseuses répandues en si grand nombre dans les Alpes, qui ont été décrites autrefois par M Brochant De Villiers dans un de ses plus remarquables mémoires, et qui, depuis lors, sont devenues l' objet de plusieurs autres travaux, parmi lesquels on ne doit pas oublier la notice de Victor Jacquemont sur les gypses du val Canaria. La ligne des gypses, des dolomies et des gîtes de cristaux du Saint-Gothard et sa prolongation en Valais / Binn, Tourtemagne, Pfynn / ont fourni à M élise De Beaumont l' une des premières données qu' il a employées pour fixer la direction du système de la chaîne principale des Alpes. Les amas de gypses salifères répandus sur le versant septentrional des Alpes, depuis le lac de Genève jusqu' au lac de Hallstadt, y jalonnent des lignes

p534

appartenant au même système. Les gypses du Dauphiné, fréquemment accompagnés de masses éruptives de variolites du drac, s' alignent à la fois suivant la direction du système des Alpes occidentales et suivant celles des autres systèmes qui

accidentent la contrée. Les nombreux amas de gypse de la Provence présentent une disposition du même genre, signalée récemment encore par M De Villeneuve, dans un ouvrage déjà cité, où il fait connaître aussi les alignements multipliés et entre-croisés que jalonnent les belles sources qui sont un des ornements et des privilèges de cette contrée. Il en est de même des amas de gypse et de sel gemme, accompagnés fréquemment de sources salées et souvent annexés à des masses d' ophite, qui existent en grand nombre dans les Pyrénées et dans une partie de l' Espagne. Ces gîtes remarquables s' alignent à la fois suivant la direction du système des Pyrénées / octaédrique du mont Sinaï / et suivant celle du système des Alpes principales hexatétraédrique Hbaab . Des masses d' ophite sans nombre, disait l' auteur de la notice sur les systèmes de montagnes , perçant le sol de toutes parts, y ont relevé autour d' elles tous les dépôts de sédiment. Ces ophites, dont M Dufrénoy a montré depuis longtemps que le soulèvement est indépendant de celui de la masse des Pyrénées, se sont souvent alignés par files qui suivent les directions de toutes les anciennes fractures, de tous les clivages plus ou moins oblitérés que présentait le sol qu' elles avaient à percer ; mais, considérées dans leur ensemble, ces masses d' ophites, les masses de dolomie, de gypse et de sel gemme, les sources salées ou thermales qui forment en quelque sorte leur cortège, sont disposées par bandes qui, prenant naissance au milieu des corbières et des plaines ondulées de la Gascogne, s' enfoncent en Espagne parallèlement à la direction prolongée des lignes de fracture récentes qui traversent la Provence.

p535

Dans les montagnes de l' Afrique septentrionale, on voit aussi s' aligner, dans une direction parallèle à celle de l' axe volcanique de la Méditerranée et du système des Alpes principales, c' est-à-dire à la direction des zones d' ophite, un grand nombre de masses de gypse et de sel gemme, des sources salées, bitumineuses et thermales, des gisements de substances métalliques, et des pitons de roches éruptives diverses. Ce phénomène n' est pas étranger à la Sicile, que tant de liens rattachent à l' Afrique. On en trouve la preuve dans le passage suivant d' une lettre adressée à M Dumas par M Charles Sainte-Claire Deville : " les émanations d' hydrogène carboné pur se trouvent à Girgenti, au milieu des marnes crétacées,... etc. "

p537

à ces remarques lumineuses, qui encadrent si nettement les gîtes de gypse et de soufre, ainsi que les points d' émanation et les

points volcaniques de la Sicile, dans le quinconce pentagonal, M Charles Sainte-Claire Deville en a ajouté d'autres qui y rattachent plus largement encore l'Etna et le Vésuve. Il s'exprime en effet comme il suit dans le mémoire déjà cité : " ... les éruptions se groupent à l'Etna autour de deux axes perpendiculaires l'un à l'autre, ... etc. "

p538

M Deville conclut aussi d'une nombreuse série d'observations que le massif du Vésuve est étoilé suivant un certain nombre de fissures diamétrales dont les directions sont liées avec tous les accidents volcaniques passés et actuels de la Campanie. M Pissis, dont j'ai cité au commencement de ce rapport les importantes observations sur la stratigraphie du Chili, y a constaté des faits analogues dans la disposition des volcans. Plusieurs des principaux volcans du Chili se trouvent alignés sur la direction du bissecteur Dh / H au N-O des Açores, D Chine /, qui forme, d'après M Pissis, le grand cercle de comparaison du système de la Cordillère de Nahuelvuta / voir ci-dessus P 20 /. Ce grand cercle passe en effet par le volcan de Chilán, par un autre cône très-remarquable situé à l'O du lac de Maule et par le volcan de Maipo ; il rencontre ensuite la chaîne granitique située à l'est de Tupungato, et pénètre dans la confédération argentine, où il traverse des contrées dont la géologie est encore peu connue. Les volcans de Longavi, de Cerro-Azul, du Descabezado et du Peteroa sont situés sur un arc parallèle éloigné seulement de 15 kilomètres du grand cercle de comparaison. Enfin un autre arc parallèle mené par Concepcion suit, sur un espace de plus de 50 lieues, la ligne de contact du granite avec le terrain schisteux ; il rencontre ensuite plusieurs affleurements granitiques dans les provinces de Santiago et d'Aconcagua, et coupe l'axe des Andes tout près du Cerro-Mercenario, où se montre encore le granite et où la chaîne des Andes éprouve une inflexion remarquable. Ces faits curieux sont du nombre de ceux qui ont fait dire à M Pissis, ainsi qu'on l'a rappelé déjà, P 26 du rapport, que les volcans du Chili, qui sont d'ailleurs renfermés dans la zone occupée par la chaîne principale des Andes, s'alignent entre eux par petits groupes de deux ou de trois volcans, suivant les directions d'autres

p539

systèmes plus anciens. On voit, d'après cela, que, de même que les ophites et les gypses des Pyrénées, les volcans du Chili occupent des points du *quinconce pentagonal*. Ce genre de disposition est donc très-général. On le retrouve dans une foule de pays, où il marque d'une manière presque uniforme une très-

nombreuse série de points stratigraphiques ; et il y a apparence que le travail exécuté par M De Chancourtois dans la partie N-E de la France, étant étendu aux différentes régions que je viens de citer, y comprendrait tous les points d' éruption et d' émanation dans une même ordonnance générale, constamment soumise aux lois de la symétrie pentagonale, représentée dans chaque pays par les orientations des systèmes de montagnes qui y ont exercé leur influence. Mais ceci nous conduit à une application plus large et plus étonnante encore que toutes les précédentes du réseau pentagonal à une classe importante de gîtes minéraux : je fais allusion aux mémoires présentés par M De Chancourtois à l' académie des sciences, sur l' *application du réseau pentagonal à la coordination des sources de pétrole et des gîtes bitumineux* . émettant le premier une remarque qui s' est présentée sous ma plume en écrivant la page 492 de ce rapport, M De Chancourtois, pour combattre l' idée que les substances bitumineuses seraient constamment d' origine végétale ou animale, et pour établir que les produits hydrocarburés sont en général des résultats plus ou moins directs d' émanations, a pensé qu' il donnerait une preuve convaincante de son opinion en faisant ressortir des faits d' alignement qui n' ont évidemment leur raison d' être que dans l' existence des fissures de l' écorce terrestre. En terminant son travail sur la distribution des gîtes de fer, M De Chancourtois avait été frappé de voir les gîtes de bitume de Seyssel et les gîtes des environs de Clermont fournir un alignement

p540

rigoureusement parallèle au système des Pays-Bas. En lisant l' intéressant rapport de M Gauldrée-Boileau sur l' exploitation de l' huile minérale dans l' Amérique du nord, il avait été frappé également de voir que les principaux gîtes des états-Unis étaient situés sur le prolongement du faisceau de fissures qui donne passage au Saint-Laurent, et il s' était bientôt aperçu que ce faisceau prolongé dans notre hémisphère allait passer à une localité célèbre par ses sources de pétrole, à la presque île d' Apschéron, par laquelle la chaîne du Caucase se perd dans la Caspienne, près de Bakou. Telle a été la donnée initiale du mémoire où, en décrivant les principales lignes de grands cercles qui relient les gîtes de naphte, de pétrole et d' asphalte des diverses parties du globe, il s' est proposé d' esquisser l' application du réseau pentagonal à la coordination et par suite à la recherche des sources ou des dépôts de matières bitumineuses. Le cercle dont M De Chancourtois décrit le cours en première ligne est un *hexatétraédrique* Hbaab, homologue de celui de Nontron et de celui des Alpes principales, qui va du point H, voisin de Tehuantepec, au point H de la mer des Indes, cercle, suivi approximativement, comme on peut le faire sur un globe par de simples proc 2 d 2 s graphiques ! Sort de l' isthme de Tehuantepec par le volcan de Tuxtla, pénètre dans la Floride par la baie de Pensacala, coupe la Kenawa en Virginie

, près de Salzwirk, longe les premières rides des Alleghanys dans la région carbonifère de Pittsburg, s' appuie sur le coude du Saint-Laurent, au N-E de Potsdam, rase ensuite le cap Farewell du Groenland, passe aux Feroë, traverse la péninsule scandinave par Christiania et le bord du lac Wenern, rase l' île de Gothland, pénètre en Russie parallèlement au cours moyen de la Duna, passe au confluent du Donetz et du Don, au lac Bolschoï, séparation des deux Manytch, et rejoint Bakou en limitant

p541

la dépression infra-océanique de la Caspienne. Il traverse ensuite le désert Salé de la Perse, dont il sort par la province de Kirman, renommée par ses sources bitumineuses, passe au milieu des Maldives, puis, revenant à Tehuantepec, est jalonné par l' île de Gallego. Ce grand cercle, que M De Chancourtois appelle provisoirement l' *hexatétraédrique* du Saint-Laurent et de la Duna, est à peu près l' axe du faisceau bitumineux, et l' auteur cite encore, comme jouissant de privilèges analogues par rapport aux points d' émanation des substances hydrocarburées, plusieurs autres cercles passant aux deux mêmes points H que le précédent, et comme lui perpendiculaires du *primitif* de la Nouvelle-Zemble / système du Rhin /. Il décrit aussi, comme étant un croiseur très -remarquable du précédent, son homologue l' *hexatétraédrique* Hbaab, qui passe au point A de l' île de Cuba, et au point H situé au S des îles Aleutiennes. Il lui est presque perpendiculaire, aux bouches mêmes du Mississipi, que l' on sait être marquées par des salzes, et il règle le cours du fleuve aux environs de la Nouvelle-Orléans. Sur son parcours se trouvent les gîtes bitumineux de Holguin / île de Cuba /, ceux de la baie de Cariaco, en Venezuela, où M De Humboldt a signalé une source de bitume sortant du *micaschiste*, ainsi que d' autres points remarquables à différents titres : épanouissement de la rivière des Amazones près de son embouchure ; fond du Para ; Bahia ; île Trinidad ; îles Saint-Paul et Amsterdam ; extrémité orientale de l' île de Sumbava, c' est-à-dire point très-voisin du volcan célèbre le Tumboro ; milieu de l' archipel des Mariannes ; enfin région des lacs salés et bitumineux des territoires de Nevada et d' Utah, dans l' Amérique septentrionale. On a vu précédemment, page l 25, que, suivant la remarque de M De Chancourtois, le *primitif* du lac Supérieur et du cap San-Thomé, après avoir traversé, au Brésil, la région aurifère et diamantifère de Minas-Geraes, passe à proximité des sources de pétrole de la Pensylvanie et du Canada, parallèlement à leurs alignements.

p542

Ceux-ci, d'après M De Chancourtois, sont deux parallèles au *primitif*. La première, qui en est peu éloignée, est jalonnée sur les gîtes du Canada voisins du lac Saint-Clair et sur ceux du comté de Trumbull, dans l'Ochio. Cette ligne passe à Kewenah-Point, extrémité des célèbres gîtes de cuivre et d'argent natifs du lac Supérieur, puis à l'île Royale. Une autre parallèle, qui marque la coupure des Alleghanys suivie par le Potomac, va passer précisément par les fameux gîtes bitumineux d'Oilcreek, dans le comté de Venango, en Pensylvanie. Les remarques que je viens d'emprunter à M De Chancourtois offrent des spécimens, mais non une analyse du travail de l'habile investigateur. Son mémoire, rempli d'observations curieuses et de remarques pleines de justesse, n'est pas susceptible d'analyse, parce qu'il est formé par l'enchaînement d'un nombre immense de faits individuels, dont aucun n'est inutile à son objet, et dont aucun par conséquent ne peut être omis sans affaiblir les bases de ses conclusions. M De Chancourtois s'est surtout proposé de prouver que les huiles minérales et les carbures d'hydrogène en général ont une origine souterraine. En suivant successivement quarante-cinq grands cercles dans leur circonférence entière, il parvient à relier entre eux tous les gîtes bitumineux connus ; mais les mêmes cercles passent en même temps par un très-grand nombre de points orographiquement et géologiquement remarquables, par une foule de volcans ordinaires, de volcans de boue, de salzes, de fumerolles, de sources minérales et thermales, de gisements de gypse, de soufre, de sel gemme, de natron et autres sels, et de gîtes métallifères de la nature la plus variée. Ces divers gisements se présentent comme faisant partie d'une même famille. Les sources de bitume, d'asphalte, de pétrole, d'huiles minérales diverses, de gaz combustibles et autres substances hydrocarburées, ne sont qu'une classe particulière des émanations qui se dégagent du globe terrestre, et on voit qu'entre des mains exercées le réseau pentagonal fournit à la géologie un

p543

nouveau moyen d'investigation. L'auteur fait remarquer accessoirement que les cercles d'émanations bitumineuses ont une tendance particulière à passer par les embouchures des grands fleuves, et même à s'adapter à la partie inférieure de leur cours. Il insiste particulièrement sur la propriété dont ils jouissent de passer aux grands centres de population : un de ses trapézoédriques passe à Paris et à Londres. Quant à l'origine souterraine des émanations hydrocarburées, la démonstration stratigraphique de M De Chancourtois me paraît mériter un accueil d'autant plus favorable que sa conclusion est conforme à l'une de celles de l'important travail dans lequel M Charles Sainte-Claire Deville a assigné une place invariable et constante aux produits hydrocarburés et bitumineux, parmi ceux

qui accompagnent une même éruption à des époques successives et un même volcan à des distances de plus en plus grandes. Les points où se produisent les émanations hydrocarburées, placés généralement, d'après les deux savants, aux intersections des cercles du réseau et de leurs parallèles, appartiennent, en principe, à la série déjà si nombreuse des points du *quinconce pentagonal* ; et plus cette série s'étendra, mieux on comprendra que le quinconce pentagonal n'est pas seulement le canevas fondamental de la topographie, mais encore la clef de l'exploitation du globe terrestre. Là cependant ne se borne pas la portée des aperçus que je viens de rappeler, et je ne crois pas céder aux illusions d'une ancienne et inaltérable amitié en reconnaissant que, dans les travaux dont j'ai analysé plus particulièrement la partie stratigraphique, Mm Charles Sainte-Claire Deville et de Chancourtois ont ouvert à la science des horizons nouveaux, dont il est encore difficile de mesurer toute l'étendue.

p544

Applications du réseau pentagonal à la structure intérieure des gîtes métallifères. Le chapitre précédent est consacré à la disposition corrélatrice des gisements des substances minérales provenant, par voie d'éruption ou d'émanation des profondeurs de la terre. On peut soumettre à des études du même genre, mais sur une échelle plus restreinte, la structure intérieure des gîtes minéraux. Ce sont les mines métalliques qui fournissent les moyens d'exploration. Dans ces dernières années plusieurs observateurs s'en sont occupés à ce point de vue. Je vais faire connaître sommairement les résultats de leurs travaux. M Rivot, professeur de docimasie à l'école des mines de Paris, au retour de son voyage d'exploration sur les curieux et importants gîtes cuprifères du lac Supérieur, fut appelé, en 1856, aux mines de Villefort et Vialas / département de la Lozère /, en qualité d'ingénieur-conseil. S'étant livré activement à l'étude des filons, des croiseurs, des failles, d'abord à Vialas, et ensuite dans toute la région schisteuse qui entoure le plateau granitique de la Lozère, il parvint à reconnaître avec certitude les âges relatifs des principaux systèmes de fractures, ainsi que les époques successives d'arrivée dans les filons des minerais et des matières stériles. Les résultats de ces observations ont été consignés par l'auteur dans un mémoire présenté à l'académie des sciences, qui, après avoir été imprimé par extrait dans les *comptes rendus*, a paru plus tard in Extenso dans les *Annales des mines*. Partout dans la contrée les gîtes minéraux présentent des caractères identiques ; l'étude des mines de Vialas offrait par conséquent un intérêt général : elle était éminemment propre à fournir des indications utiles pour la mise en exploitation des nombreux

p545

filons métallifères dont les affleurements sont connus dans les départements de la Lozère et du Gard, et, par le seul fait de la généralité de son application, elle méritait, même au point de vue purement scientifique, une attention toute spéciale. M Rivot, en décrivant brièvement, dans son mémoire, l' ensemble des travaux très-développés exécutés, depuis l' année 1781, dans les mines de Vialas, insiste principalement sur les caractères des filons, sur la direction des fractures, sur les matières de remplissage et sur les croisements. D' après la considération des pénétrations successives, qui forme la base de la théorie de Werner universellement admise depuis près d' un siècle, les filons divers, les failles, les fentes non remplies considérées seulement comme des fractures, se sont produits dans l' ordre suivant lequel ils sont inscrits dans le tableau ci-dessous, où leurs directions sont indiquées en *heures* de la boussole du mineur, rapportées au méridien magnétique. Chaque *heure* étant de 15 degrés, et la *déclinaison* de l' aiguille aimantée, à l' époque des observations, étant, à Vialas, de (..) à l' O, M Rivot a pu aisément exprimer, dans une colonne à part, les mêmes directions en degrés rapportés au méridien vrai, ou méridien astronomique. On connaît, de plus, des failles dirigées Hora li / (..) / plongeant vers l' ouest ; des filons presque verticaux dont la direction est comprise entre (..) ; des glissements de terrain orientés, les uns de l' est à l' ouest magnétique / (..) / et présentant une inclinaison très-faible vers

p546

le nord, les autres (..) . Ces trois derniers systèmes de cassures n' ont été reconnus que sur un très-petit nombre de points, et M Rivot n' a pas encore pu leur assigner de rangs chronologiques certains dans le tableau qui précède. Les failles (..) sont postérieures aux filons (..) ; les filons (..) , postérieurs à ceux dirigés (..) , se placent probablement après les fractures (..) ; les glissements de terrain paraissent contemporains des fentes N-S magnétique. Le remplissage par les minerais et par les matières stériles s' est fait à des époques successives dont l' ordre est le suivant : 1 quartz et pyrites des filons (..) , au moment de la formation de ces fentes ou à une époque très-peu postérieure. 2 galène pauvre en argent, quartz, carbonate de chaux dans quelques veinules (..) , à une époque antérieure aux fractures (..) . 3 quartz blanc d' aspect huileux des filons (..) avec pyrites, blende, galène pauvre, au moment ou peu de temps après la formation des fractures (..) . 4 quartz ferrugineux des filons (..) , quelque temps après la formation des fractures (..) . 5 sulfate de baryte blanc laiteux, cristallin, au moment de la formation des fractures (..) , ou peu de temps après. 6 galène à 150 grammes d' argent / aux 100 kilogrammes de plomb / avec carbonate de chaux ; galène à 150 grammes d' argent / aux 100 kil de plomb / avec quartz et carbonate de chaux ; galène à

35 o grammes d' argent / aux lookil de plomb / avec quartz à grains fins, carbonate de chaux et de fer ; galène à 5 00 grammes d' argent / aux lookil de plomb / avec quartz et carbonate de chaux cristallin ; galène à 7 00 grammes d' argent / aux lookil de plomb / avec carbonate de chaux cristallin et sulfate de baryte rose. Ces minerais sont répandus principalement dans les veines

p547

; ils ont pénétré dans les filons (..) , dans les croiseurs (..) . L' arrivée des deux derniers minerais est certainement postérieure, dit M Rivot, à la formation des fentes (..) , mais antérieure aux fentes N-S magnétique. Les divers systèmes de fractures existent dans toute la contrée ; on les retrouve, comme failles, dans les bassins houillers de la Grand' Combe et de Bességes : ils se rattachent évidemment aux grands phénomènes géologiques qui ont marqué leur action sur la surface du globe. Pour vérifier cette relation, j' ai calculé pour Vialas, dit M Rivot, les directions des principaux systèmes de montagnes, et, en comparant ces directions à celles des huit systèmes de fractures, dont les âges relatifs sont parfaitement constatés par les croisements observés à Vialas, j' ai été conduit à rapporter : (..) . D' après la dernière colonne du tableau, les différences que présentent les directions des systèmes de fractures et celles des systèmes de montagnes sont généralement très-petites, et, comme le fait observer l' auteur, elles peuvent s' expliquer aisément par l' incertitude qui existe toujours sur la direction véritable des filons étudiés seulement sur une longueur très-limitée : celles même qui

p548

atteignent 5 à 6 degrés ne peuvent être considérées ici comme importantes. Parmi les conclusions intéressantes qui peuvent être déduites de ce qui précède, je citerai seulement, dit M Rivot, celle qui est relative à l' arrivée des minerais argentifères. Les galènes les plus riches en argent ont rempli des réouvertures produites dans des plans différents à une époque certainement postérieure au dépôt des dernières assises tertiaires. En me ralliant aux conclusions de l' excellent mémoire de M Rivot, je ferai cependant remarquer qu' il me paraît présenter une lacune. Dans le tableau déjà cité des directions des différents systèmes de montagnes calculées pour Vialas, l' auteur donne les deux suivantes : (..) . Ces deux directions diffèrent de (..) , et la direction (..) des filons (..) tombe entre les deux, en faisant avec la première un angle de (..) , et avec la seconde un angle de . La différence des deux écarts est de moins de 1 degré, et on peut se demander s' il y avait lieu de tenir compte uniquement du

second, qui est à la vérité le plus petit, en négligeant complètement le rapprochement indiqué aussi, quoique un peu moins directement, par la faiblesse du premier. La direction (..) , par cela même qu' elle est exprimée en heures de la boussole, est évaluée seulement à 15 degrés près, et comporte des écarts de 7 degrés et demi de part et d' autre de sa ligne normale. De même que dans plusieurs cas analogues discutés pour le département de la Haute-Marne, on pourrait concevoir qu' elle représente un faisceau de directions dont les unes se rapporteraient au système de la Côte-D' Or et les autres au système du mont Seny. En fait, il est naturel que le système de la

p549

Côte-D' Or, auquel appartient le mont Pilas, en Forez, soit représenté à Vialas par une série de fractures parallèles à sa direction ; mais il ne le serait pas moins que le système du mont Seny, dont le grand cercle de comparaison est le *bissecteur* Dh, qui, comme on l' a vu précédemment, page 350, rase l' extrémité orientale de la masse granitique de la Lozère, et passe à 3 kilomètres des mines de Villefort et à 8 kilomètres de celles de Vialas, fût lui-même représenté dans ces localités par une autre série de fractures, formant avec les premières un angle moyen de 102 degrés ; un peu moins d' une heure de la boussole. En attendant que cette question ait été résolue par des observations Ad Hoc, faites sur les lieux, je me bornerai à faire remarquer que, si une partie des fissures comprises dans la direction (..) appartenaient réellement au système du mont Seny, qui se rapporte aux premiers temps de la période jurassique, on pourrait regarder le commencement de leur remplissage comme se liant aux émanations métallifères qui ont enrichi les arkoses placés autour du plateau central de la France, entre le granite et les calcaires jurassiques, et auxquelles sont dus les nombreux gîtes de plomb argentifère qui y ont été exploités. Quoiqu' il en soit de cette remarque de détail, que je soumetts à M Rivot, les propriétaires des mines de Vialas n' ont pas eu à se repentir de lui avoir demandé des conseils. L' effet utile de ses indications n' a pas tardé à se manifester dans le chiffre des *dividendes* . Sous l' heureuse impulsion du savant professeur, les mines de Vialas sont entrées dans une voie de prospérité inconnue avant lui. M Moissenet, ingénieur des mines, s' est occupé aussi avec beaucoup de succès de l' application du réseau pentagonal aux gîtes métallifères. Ses premiers travaux en ce genre ont eu pour objet les mines de plomb argentifère du Flintshire, en Angleterre, sur lesquelles il a publié, dans les *Annales des mines* , un mémoire intéressant.

p550

Ayant exécuté, de concert avec M Laugel, les calculs nécessaires pour mener par Holywell, centre des mines du Flintshire, des parallèles aux directions des neuf systèmes de montagnes les plus anciens de l' Europe / Vendée, Finistère, Longmynd, Morbihan, Hundsrück, Ballons, Forez, nord de l' Angleterre, Pays-Bas /, M Moissenet a construit pour cette localité une *rose des directions*, sur laquelle il a tracé celles des principaux filons ainsi que celles des failles *cross-courses* observés dans les mines. Cette rose, Pliii, Fig 2, du volume cité, est dessinée et gravée avec un tact parfait. Elle mériterait d' être citée comme modèle pour d' autres travaux analogues. On y voit d' un coup d' oeil que les directions forment ici deux groupes principaux très-distincts : l' un, pour les filons, se rapproche de la direction E-O vraie ; l' autre, pour les *cross-courses*, se rapproche du méridien astronomique. Le premier comprend la direction du système des Ballons avec des déviations suivant les directions des systèmes plus anciens du Finistère et du Morbihan qui ont été reproduites après coup ; l' autre, les directions du Forez et du nord de l' Angleterre. Ces deux derniers systèmes sont plus récents que les trois autres, circonstance qui cadre d' une manière générale avec le fait que les *cross-courses* sont d' une date plus récente que l' ouverture des filons de plomb argentifère. Les *cross-courses*, cependant, sont quelquefois métallifères, les émanations s' étant, à ce qu' il paraît, prolongées ou reproduites pendant longtemps. L' auteur regarde, en effet / P 4 i 5 /, l' émission des minerais métalliques comme ayant eu sa plus grande activité à partir de l' ouverture des filons E-O / système des Ballons /, et comme ayant décliné pendant le dépôt du terrain houiller, pour cesser entièrement, ou à peu près, lors de la formation des grandes failles du système du nord de l' Angleterre. Dans une discussion aussi judicieuse que détaillée, que je dois me borner à mentionner, M Moissenet fait voir que l' ensemble des observations faites sur les mines et les grandes failles du Flintshire, et même de tout le nord de l' Angleterre, sont conformes à cette coordination, rattachée si simplement

p551

à la considération des âges relatifs des systèmes de montagnes. Plus tard, M Moissenet s' est appliqué spécialement à l' étude des gîtes métallifères beaucoup plus nombreux et plus variés du Cornouailles et du Devonshire, sur lesquels il a soumis à l' académie des sciences un mémoire qui a été imprimé par extrait dans les comptes rendus et reproduit avec plus de développement dans les annales des mines. Les terrains qui renferment les dépôts métalliques du Cornouailles sont beaucoup plus anciens que ceux du Flintshire. La formation silurienne, dont l' existence a été longtemps contestée dans le Cornouailles, est aujourd' hui reconnue par les géologues anglais pour les points de la côte sud où des fossiles de ce terrain ont été

découverts, et l'auteur ajoute qu'il a trouvé des preuves de la présence de cette formation dans une grande partie de la presqu'île. Les massifs granitiques qui en constituent les parties les plus montueuses doivent être rapportés à plusieurs époques d'éruption. Avant l'apparition de celui du Dartmoor, plusieurs autres, dans l'ouest, avaient été portés au jour et avaient subi des modifications. Pour discuter les directions observées dans les filons, M Moissenet a transporté au point A du réseau, situé près de la côte N-O du Cornouailles, les directions des grands cercles correspondant aux dix-neuf systèmes de montagnes les plus anciens de l'Europe, ce qui lui a donné une rose des directions applicable, avec une précision suffisante, à toute la contrée métallifère. étudiées sur place et suivies sur les feuilles du Geological Survey, les directions calculées lui ont permis de comprendre non-seulement les accidents généraux du sol, mais aussi les phénomènes relatifs à la mécanique des filons, c'est-à-dire à la formation

p552

première et à la préparation subséquente de la fissure, aux époques du remplissage et des réouvertures. Considérant spécialement le système de montagnes représenté par le grand cercle *primitif* Land' S-End-Apschéron, il a reconnu que ce grand cercle est le représentant exact, au moins pour la contrée qui nous occupe, du soulèvement qui s'est produit entre la formation dévonienne et la période carbonifère. L'*octaédrique* du Mulehacen, dont l'intersection avec le précédent détermine le centre de réduction A, joue un rôle efficace dans plusieurs districts, notamment dans celui si particulier de Saint-Just, dont il contribue à expliquer les apparentes anomalies. Les onze systèmes les plus anciens ont, dans le Cornouailles, dit M Moissenet, une influence prédominante sur la formation des filons : tous y sont reconnaissables. Ils suffisent presque à eux seuls à en dévoiler les phénomènes mécaniques. Non-seulement on suit leurs empreintes dans l'ensemble des directions observées sur les groupes de filons, mais on en voit l'influence spéciale dans chaque district métallifère et jusque dans les orientations successives qu'affecte un même filon. M Moissenet a pu constater quelles sont les orientations utilement exploitables pour étain, cuivre et plomb. Comme conséquence dernière et pratiquement applicable, l'étude de cette influence conduit à reconnaître les parties riches d'un filon, c'est-à-dire celles qu'il convient d'exploiter pour un métal déterminé, et à les distinguer de celles qui sont stériles, ou tout au moins trop pauvres pour être poursuivies avec avantage. Mettant les directions des onze premiers systèmes en regard des angles utiles pour étain, cuivre et plomb, déterminés par l'observation, l'auteur a rapproché, dans un tableau joint à son mémoire, les résultats du calcul de ceux obtenus par un observateur aussi expérimenté dans la pratique des mines qu'il

est éloigné de toute

p553

idée théorique préconçue. M Ch Thomas, directeur du Dolcooth, près de Redruth, a bien su voir, dit M Moissenet, que parmi les caractères des filons leur orientation est le plus distinctif . Partant, lui et moi, de points de vue en apparence opposés, nous arrivons à une coïncidence que l' on peut considérer comme pratiquement rigoureuse en ce qui concerne les faits, pris dans l' ensemble des deux comtés de Cornouailles et de Devonshire. Cet accord est exprimé dans un tableau numérique que je ne puis transcrire et dans une rose des directions gravée dans une planche jointe à son mémoire, auquel je ne puis que renvoyer le lecteur. Je me borne à dire que, sur la rose , les angles utiles pour étain, cuivre et plomb sont figurés et teintés d' une manière particulière. On y voit que l' angle utile pour étain est représenté par un secteur d' une amplitude de 60 degrés, dont le milieu est tourné du côté de l' E-N-E ; l' angle utile pour le cuivre est représenté par un autre secteur de 60 degrés dont le milieu se dirige un peu au nord de l' est vrai, et l' angle utile pour le plomb est représenté par un secteur de 50 degrés dirigé un peu à l' ouest du nord astronomique. Les milieux et les côtés de ces trois angles utiles et des subdivisions qu' ils présentent, suivant les degrés variables de richesse de leurs différentes parties, ont des rapports d' une précision étonnante avec les lignes qui représentent les directions des divers systèmes de montagnes, consistant principalement en ce que la bissectrice de chaque angle utile coïncide presque exactement avec la direction d' un système de montagnes ou avec la bissectrice de deux de ces directions ; en voici un exemple : (..) . La petitesse de ces différences prouve, pour le dire en passant

p554

qu' afin de rendre les services qu' on peut en attendre la *rose des directions* doit être calculée rigoureusement. Deux systèmes / Longmynd et Morbihan / sont complètement déshérités. Ils sont en dehors de tous les angles utiles, et leurs directions ne traversent que les espaces blancs de la rose. Toutefois, comme on l' a déjà dit, le district de Saint-Just échappe aux règles ordinaires, et la direction du système du Morbihan y devient favorable à la richesse métallique. Pour les autres districts, les angles utiles ne sont aussi larges que lorsqu' on veut comprendre tous les districts ensemble, et M Moissenet pense que, pour chaque district en particulier, on peut resserrer les limites actuelles de l' observation. On peut suivre avec fruit l' action des systèmes statigraphiques jusque dans le détail de la constitution d' un filon, en y comprenant ses relations avec les filons ou failles qui l' avoisinent. Les lignes calculées ne servent pas seulement à tracer et relier les grandes formations, ou les dépôts de minerais éloignés les uns des autres ; mais, dans tous les districts métallifères, elles sont empreintes assez clairement dans les accidents du sol et des gîtes minéraux pour

que, avec de la prudence et du discernement, les mineurs puissent y trouver le guide véritable, qui jusqu'ici leur a manqué, et faute duquel ils sont restés exposés aux incertitudes des essais par tâtonnement et aux chances de leurs lumières naturelles. Franchissant la Manche, il sera aisé, dit M Moissenet, en tenant compte des modifications locales, d'appliquer aux gisements d'étain et de plomb de la Bretagne les études faites sur le Cornouailles. Un beau succès a été obtenu dans le midi de la France / Vialas / par ceux qui ont déjà accepté et appliqué cet ordre d'idées. Poursuivant plus tard les mêmes travaux sur le reste de notre territoire, nous arriverons un jour à connaître l'histoire géologique des émanations des divers métaux, comme on possède maintenant celle des éruptions du granite et de ses congénères. Alors la recherche

p555

et l'exploitation de nos gîtes minéraux marcheront avec certitude. Presque au moment où M Moissenet écrivait ces lignes, un autre ingénieur des mines, M Mallard, professeur de géologie à l'école des mineurs de Saint-étienne, s'occupait, au même point de vue, des gisements stannifères du Limousin, sur lesquels il a présenté à l'académie des sciences un mémoire dont un extrait a été inséré dans les *comptes rendus*. *Après avoir fait connaître les circonstances géologiques que présente le gisement stannifère de Vaulry / Haute-Vienne /, découvert en 1812 par Mm De Villelume et Alluaud, l'auteur aborde l'étude du gisement de Montebas, découvert par lui-même en 1859, et de l'étude comparée des deux gisements il tire les conclusions suivantes : 1 les filons d'étain oxydé du Limousin et de la Marche paraissent affecter deux directions principales, sinon absolument contemporaines, au moins d'âge très-voisin : l'une (..) ; l'autre (..) . 2 ces deux directions se retrouvent, avec les directions à peu près perpendiculaires E-O et N-O, dans l'orientation des principales chaînes et des principaux filons que forme le granite à deux micas, ainsi que le pegmatite et le leptynite à mica blanc, qui sont en connexion avec lui. Toutes les autres circonstances géologiques qui accompagnent les gisements d'étain oxydé montrent que la production de ce minéral a été liée, dans le Limousin et la Marche, à l'éruption des dernières roches granitiques, et en a été probablement contemporaine. L'époque de cette formation stannifère est antérieure à la période carbonifère. Elle s'est, du reste, prolongée vraisemblablement pendant un laps de temps considérable : c'est au moins ce qu'il est*

p556

permis de penser, si l'on remarque, d'une part, que les

orientations des systèmes antécarbonifères du Finistère, du Longmynd, du Morbihan et du Hundsrück, transportés en un point voisin de la limite septentrionale de la Creuse, sont précisément celles que l'on retrouve le plus habituellement dans les chaînes ou les filons que forment le granite à deux micas et ses dérivés. Ces conclusions sont confirmées par l'étude des autres gisements stannifères et wolframifères de la contrée, au nombre desquels il faut ranger les célèbres amas de pegmatite de Chanteloube, au milieu desquels se rencontrent, avec l'émeraude, des manganèses phosphatés divers, et de nombreux minéraux tenant du niobium et du tantale. M Mallard décrit, dans son mémoire, des excavations ouvertes en des points fort nombreux du Limousin et de la Marche. Ces excavations, qui remontent certainement à une très-haute antiquité, sont de tous points analogues à celles que l'on connaît depuis longtemps à Vaulry, et qui ont eu évidemment pour but l'exploitation du gisement stannifère de cette localité, ainsi qu'à celles des environs de Montebras, qui ont fait soupçonner, puis découvrir, en ce lieu, par M Mallard, l'existence d'une mine d'étain. Cette mine est aujourd'hui exploitée, et M Moissenet en a accepté dernièrement la haute direction. Il y a déjà fait d'importantes observations qu'il n'a pas encore publiées. Il y importera, avec le réseau pentagonal, les remarques faites dans les mines du Cornouailles. Une rose des directions, calculée pour Montebras, lui permettra de rattacher à chacun de ses rayons les idées qui se sont développées, soit à Saint-Just, soit à Redruth ou à Carclaze, sur le plus ou moins de chances que présente telle ou telle direction pour la découverte de l'étain, du cuivre, du plomb, et qui amènent quelquefois le sourire sur les lèvres des mineurs du pays lorsqu'on leur parle de chercher un métal dans une direction inusitée ; idées nées d'une longue pratique, trop légèrement qualifiées de routine, et qui, généralisées avec l'aide du réseau pentagonal, et éclairées

p557

par la considération de l'âge relatif des différents systèmes stratigraphiques, feront profiter chaque mine de l'expérience acquise dans toutes les autres. Plus encore que ceux du Cornouailles, les mineurs allemands, dont les travaux, dès la fin du moyen âge, pénétraient à plus de mille mètres de profondeur, ont sur ces matières d'anciennes traditions exprimées dans un langage qui ne nous est plus familier. Au milieu du silence et de l'obscurité de leurs réduits souterrains, ils réfléchissaient longuement aux moyens de découvrir les voies de la fortune, qui semble n'être pas moins aveugle dans les entrailles de la terre qu'à sa surface. Les yeux fixés sur l'aiguille aimantée, promptement devenue leur guide, ils reportaient leurs pensées sur la marche du soleil ; et de là vient la division de leur boussole en heures. Ne pouvant prévoir qu'on s'occuperait un jour de la rose des directions, ils s'en étaient tenus à la rose des vents. Ignorant

nécessairement aussi que l' idée de courants galvaniques ou magnétiques pourrait se rattacher dans l' avenir à certaines orientations, et que les importantes expériences de M Becquerel montreraient l' influence de l' électricité dans la formation des minéraux, ils avaient donné à l' expression de leurs vues instinctives une expression mystique, plus propre à rappeler le culte du soleil que la physique et la minéralogie. Ils avaient imaginé pour les filons diversement orientés et diversement inclinés une classification et une nomenclature fondées en partie sur la manière dont leurs plans pouvaient être éclairés par les rayons du soleil levant. De là, par exemple, les désignations de positions directes-tombantes et indirectes-tombantes, qui paraissent aujourd' hui si bizarres. Ces élucubrations d' un autre âge, où avaient pénétré peut-être quelques rayons d' alchimie, ont pâli, mais sans être complètement effacées, devant la lumière toute nouvelle que Werner a fait luire dans les mines par sa théorie des filons, si justement célèbre et si universellement adoptée. Tous les filons parallèles entre eux étaient déjà désignés d' une même manière : Werner a introduit la notion

p558

des origines successives des différentes classes de filons, déterminées d' après leurs croisements. La classification des différents systèmes de montagnes, des différents systèmes stratigraphiques, d' après leur âge géologique, a été un nouveau pas dans la même voie. Les fissures que les filons ont remplies par degrés s' y trouvent comprises. Leurs réouvertures successives s' y trouvent expliquées. La nécessité et la possibilité de modifier convenablement les directions en passant d' un pays dans un autre s' y trouvent établies. Avec une rose des directions calculée pour chaque localité, on peut voir quels sont les filons qui se correspondent, comme devant leur origine première à un même système de montagnes, et comment doivent être modifiées d' un point à un autre les directions regardées comme utiles pour l' exploitation de tel ou tel métal. On comprendra aussi que, bien qu' éclairées semblablement par le soleil, des localités, même assez voisines, pourraient se trouver dans des conditions très-différentes, parce que des systèmes de montagnes différents y auraient exercé des influences prépondérantes, et cela permettra d' expliquer des anomalies dont on cessera d' être embarrassé. Mais on ira plus loin encore. Longtemps avant Werner, les mineurs allemands étaient devenus, pour l' art des mines, les précepteurs du genre humain. Les noms allemands ou germanisés d' une foule de mines et de districts miniers, Schemnitz, Kremnitz et Neu-Sohl, en Hongrie, Kongs-Berg, en Norvège, Ta-Berg, en Suède, Catharinen-Burg, dans l' Ural, Schlangen-Berg, dans l' Altaï, rappellent que les allemands ont été appelés dans les mines de tous les pays. Ils y avaient introduit, avec la boussole de Freiberg, les idées dont ses heures étaient le symbole. Malgré l' expression un

peu fantastique qu' ils leur avaient donnée, leurs vieilles traditions renfermaient donc des notions dont l' expérience a sanctionné l' utilité, et dont une application aussi générale n' a pu manquer d' enrichir le répertoire. En coordonnant ces notions, nées si loin les unes des autres, à l' aide de la rose des directions , résumé des phénomènes

p559

géologiques, jointe à la *rose des vents* , à laquelle se rattachent les influences purement physiques, on leur donnera un caractère d' ensemble et de généralité qui leur a manqué jusqu' à présent, ce qui les a empêchées d' entrer dans la théorie des filons, issue de l' école de Werner. De là naîtra une science agrandie, où il restera beaucoup moins de mystères, science en partie nouvelle et presque complètement expérimentale, dont l' introduction dans les mines ne tardera pas à devenir une question d' utilité publique. Elle y rendra les travaux plus profitables, et je ne doute pas qu' à la longue elle n' obtienne la sympathie des *actionnaires* . Je demande au lecteur la permission d' exprimer ici celle que j' éprouve pour les travailleurs qui cherchent *le fil d' Ariane* au milieu des complications du monde souterrain. à la fin de ce trop long rapport, j' adresse mes excuses les plus sincères à tous ceux dont, par ignorance ou par oubli, j' aurais omis de signaler les travaux, et je remplis un bien agréable devoir en témoignant ma reconnaissance aux savants distingués qui, de près ou de loin, m' ont fourni d' utiles documents. / voir la table des auteurs cités. /

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)