

Section du Biologiste

STANISLAS MEUNIER

LES MÉTÉORITES

G. MASSON

GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

Section du Biologiste

MM.	MM.	MM.
Arlouing (S.).	Filhol (H.)	Marie (A.).
Auvard.	Foex.	Martin (A.-J.).
Ballet (Gilbert).	François-Franck (Ch)	Maygrier.
Bar.	Gamaleïa.	Mégnin (P.).
Barthélemy.	Gariel.	Merklen.
Baudouin (M.).	Gautier (Armand).	Meyer (Dr).
Bazy.	Gérard-Marchant.	Monod.
Beauregard (H.).	Gilbert.	Moussous.
Bergé.	Girard (Aimé).	Napias.
Bergonié.	Girard (A.-Ch.).	Nocard.
Bérillon.	Girod (P.).	Olivier (Ad.).
Berne (G.).	Gley.	Olivier (L.).
Berthault.	Gombault.	Ollier.
Blanc (Louis).	Grancher.	Patouillard.
Blanchard (R.).	Guerne (J. de).	Peraire.
Bonnaire.	Hallion.	Perrier (Edm.).
Brault.	Hanot.	Peyrot.
Brissaud.	Hartmann (H.).	Polin.
Broca.	Henneguy.	Pouchet (G.).
Brocq.	Hénocque.	Pozzi.
Brun.	Heydenreich.	Prillieux.
Brun (H. de).	Jacquet (Lucien).	Quénu.
Budin.	Jollroy.	Ravaz.
Caster.	Kayser.	Reclus.
Catrin.	Kœhler.	Retterer.
Cazal (du).	Labit.	Roché (G.).
Chantemesse.	Lamy.	Roger (H.).
Charrin.	Landouzy.	Ruault.
Chatin (J.).	Langlois (P.).	Séglas.
Cornevin.	Lanne-longue.	Segond.
Courtet.	Lapersonne (de).	Sérieux.
Critzman.	Laulanié.	Spillmann.
Crouzat.	Lavarenne (de).	Stanislas Meunier.
Cuénot (L.).	Laveran.	Straus.
Dastre.	Lavergne (Dr).	Talamon.
Dehétrain.	Layet.	Testut (Léo).
Delorme.	Le Dentu.	Tissier.
Demelin.	Legrain.	Thoulet (J.).
Dubois (Raphaël).	Legroux.	Trouessart.
Durand-Fardel.	Legry.	Trousseau.
Duval (Mathias).	Lermoyez (M.).	Vallon.
Etard.	Lesage.	Viala.
Faisans.	Letulle.	Viault.
Féré.	L'Hôte.	Weill-Mantou (J.).
Fernbach (A.).	Loir (Ad.).	Weiss (G.).
Feulard.	Magnan.	Wurtz.
Florand.	Marfan.	

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

MÉTÉORITES — Les Météorites

1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien
élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général,
46, rue Jouffroy (boulevard Malesherbes), Paris.*

N° 107 B

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LES MÉTÉORITES

PAR

STANISLAS MEUNIER

Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR,
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Boulevard Saint-Germain, 120

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
IMPRIMEURS-ÉDITEURS
Quai des Grands-Augustins, 55,

(Tous droits réservés)

METEORITES

—

Définition. — Nous donnons le nom de *météorites* ⁽¹⁾ à des corps solides, d'origine extra-terrestre qui tombent de temps à autre à la surface de la terre.

A divers reprises on a confondu avec les *météorites* des masses toutes différentes et qui, tombant à la surface de la terre, n'étaient cependant pas pour cela d'origine extra-terrestre.

Il convient donc avant toute chose de préciser les caractères auxquels on peut, à coup sûr, reconnaître des masses originaires des espaces.

(1) On a désigné successivement ces corps sous un très grand nombre de noms différents tels que *aérolithes*, *pierres de foudre*, *pierres de tonnerre*, *ceramiques*, *pierres bolidiennes*, *uranolithes*, *météorolithes*, etc. Le nom de *météorites* présente l'avantage de ne rien préjuger ni sur l'origine ni sur la nature des corps auxquels il s'applique.

Ces caractères appartiennent à deux catégories principales : les uns sont météorologiques, les autres sont lithologiques. Les premiers concernent les conditions mêmes de la chute des météorites, les autres, les détails de leur constitution intime.

Les caractères lithologiques nous occuperont plus loin avec beaucoup de détails et supposent, pour être examinés fructueusement, des notions qui nous manquent encore. Au contraire, les caractères météorologiques peuvent nous arrêter tout de suite, et il y a grand avantage, pour délimiter notre sujet, à les préciser sans retard.

PREMIÈRE PARTIE

LA CHUTE DES MÉTÉORITES

CHAPITRE PREMIER

TRAJET DES MÉTÉORITES DANS L'ATMOSPHÈRE

Il est extrêmement remarquable que, malgré les différences très notables que les météorites présentent entre elles, ainsi que nous allons le voir, le phénomène de leur chute se reproduit avec la plus parfaite uniformité.

Toujours le début consiste dans l'arrivée d'un globe de feu ou *bolide* qui, après s'être allumé dans les hautes régions de l'atmosphère, parcourt une trajectoire plus ou moins prolongée et disparaît à la suite d'une explosion bruyante.

Les pierres tombent alors sur le sol après

avoir traversé l'air en sifflant et choquant la terre avec une force très variable.

Arrivée des bolides. — L'arrivée du bolide ressemble à celle d'une étoile filante; et même, en certains cas, on a pris des bolides pour des étoiles filantes. C'est ce qui a eu lieu, par exemple, le 3 juin 1822 où le bolide qui a apporté la météorite d'Angers a été pris par les habitants de Poitiers pour une étoile filante.

Nous verrons cependant plus loin que, malgré cette apparence commune augmentée par la ressemblance avec des bolides à météorites d'étoiles filantes exceptionnellement volumineuses, les deux phénomènes sont essentiellement différents.

Il est des cas relativement nombreux où le bolide qui parait précéder nécessairement la chute des pierres n'a pas été vu. C'est ce qu'on a noté lors des chutes de High Possil, Écosse (5 avril 1804), Timoschin, Russie (13 mars 1807), Borgo San Donino, Italie (29 avril 1808), Lissa, Bohême (3 septembre 1808), Agen, Lot-et-Garonne (5 septembre 1814), où l'on vit seulement un nuage « d'où partit un éclair », Chassigny, Haute-Marne (3 octobre 1815), Aldsworth, Angleterre (4 avril 1835), Kleinwenden, Prusse (16 septembre 1843), Monte Milone, Italie (8 mai

1846), Castine, Maine, États-Unis (20 mai 1848), etc., etc.

On peut supposer que le météore lumineux n'en existait pas moins et que seulement il n'a pas été aperçu, sa présence étant simplement dissimulée soit par l'interposition d'une couche de nuages, soit par l'éclat du Soleil qui en éteignait la lumière.

Quand les conditions sont favorables, c'est-à-dire au cours des belles nuits, l'intensité lumineuse des globes de feu est souvent remarquable. A bien des reprises on a constaté qu'elle efface celle de la lune dans son plein : c'est, en particulier, la remarque faite le 24 juillet 1790 lors de l'apparition d'un bolide à Barbotan (Gers), le 19 décembre 1798, pour celui de Bénarès dans les Indes et le 14 mai 1864, pour celui d'Orgueil (Tarn-et-Garonne).

Il va sans dire qu'on est fort exposé à se tromper quant à la distance à laquelle on se trouve des phénomènes et l'illusion ordinaire est de croire à une proximité très grande. Lors du phénomène d'Orgueil, dont nous venons de parler, un témoin parisien peu éloigné de l'Observatoire, estima que le bolide était tombé derrière les fortifications du côté de Montrouge ! Ce fait explique la récolte fréquente faite de très bonne foi de pierres quel-

conques comme tombées du ciel et le Museum conserve une nombreuse série de « fausses météorites » ramassées là où des témoins avaient cru constater la chute de bolides sur le sol. Il suffit alors de trouver près du point dont il s'agit une pierre un peu singulière comme une pyrite pour être persuadé que c'est réellement la météorite.

Couleur des bolides. — Les bolides sont bien loin de présenter tous la même couleur. On a noté que celui de Barbotan (19 décembre 1798) était d'un blanc mat; celui qui éclata à Saint-Mesmin dans le département de l'Aube le 30 mai 1866 était rougeâtre.

Le bolide d'Orvinio, Italie, 31 août 1872, était « roussâtre ». Celui de Sanguis, Saint-Étienne (7 septembre 1868), était d'un vert pâle.

Fréquemment on voit les bolides changer de couleur. Par exemple, le bolide d'Orgueil (14 mai 1864) se montra avec une couleur rouge; il devint blanc peu à peu. Plus compliqué encore, celui dont l'apparition précéda le 14 juillet 1847, la chute de fer météorique de Braunau en Bohême, après avoir été rougeâtre devint jaune puis d'un blanc d'argent.

Grosseur apparente des bolides. — On ne peut observer un bolide sans se faire une idée de ses dimensions. Bien qu'il soit assez difficile

de préciser la raison qui fait attribuer à la pleine Lune le diamètre apparent d'une soucoupe et à d'autres corps, dont la distance n'est pas déterminée par des termes de comparaison visibles, des dimensions plus ou moins grandes, il est intéressant de noter ici l'impression éprouvée à cet égard par les spectateurs des phénomènes bolidiens.

Comme on le pense, les estimations sont très diverses même dans des cas relatifs à un même globe de feu.

Le diamètre apparent de la pleine Lune offre d'ordinaire une échelle qui est bien fréquemment dépassée. Parfois cependant comme à Weston dans le Connecticut (14 décembre 1807) et à Knyahinya, Pologne, on n'accorde au bolide que la moitié ou les deux tiers de la grosseur de notre satellite. Le bolide de Futthpore, Inde (30 novembre 1822) était « gros comme la Lune »; celui de Macao (Brésil) (11 novembre 1836) était d'un volume extraordinaire; on en compara le diamètre « à celui d'un aérostat ».

Il faut d'ailleurs remarquer qu'en vertu du phénomène bien connu de l'irradiation, l'éclat du météore dispose l'observateur à se faire illusion quant à sa dimension véritable. En réalité, il se pourrait que les bolides fussent moins gros

qu'ils ne paraissent ; c'est du moins la conclusion d'expériences intéressantes dont Lawrence Smith a publié les résultats ⁽¹⁾.

Ce savant très distingué et que nous aurons plusieurs fois par la suite l'occasion de citer, opéra par une belle nuit éclairée par la pleine Lune dont le disque devait fournir aux comparaisons une base précise. Il employa successivement trois corps solides différents portés à une haute température savoir : les pointes de charbon entre lesquelles jaillit l'arc lumineux de la lampe électrique ; de la chaux soumise à l'action du chalumeau à gaz oxyhydrique ; enfin l'acier porté à l'incandescence dans un courant d'oxygène.

Il se trouva que le point lumineux procuré par le charbon et qui avait en réalité trois dixièmes de pouce (9 millimètres) parut à 200 yards (182 mètres) avoir un diamètre égal à la moitié de celui de la Lune. A un quart de mille (400 mètres) il offrait trois fois le diamètre du satellite et trois fois et demie ce diamètre à un demi-mille (800 mètres).

Avec la chaux, qui donnait un point lumineux

(1) *Silliman's American Journal*, 2^e série, t. XIX, 1885.

de 4 dixièmes de pouce (12 millimètres) la grosseur apparente aux trois distances qui viennent d'être indiquées furent un tiers du diamètre de la Lune et deux fois ce diamètre.

Enfin l'acier incandescent, mesurant réellement 6 millimètres parut aussi gros que la Lune.

Évidemment la conclusion de ces expériences est que si l'on avait calculé d'après l'apparence le volume des corps lumineux, on aurait trouvé des nombres beaucoup trop considérables : 80 pieds (24 mètres) pour le charbon au lieu de 9 millimètres ; pour la chaux, 50 pieds (15 mètres) au lieu de 12 millimètres et pour l'acier 25 pieds (7^m,50) au lieu de 6 millimètres.

L'application de ces faits est immédiatement applicable aux bolides et peut servir à expliquer, au moins jusqu'à un certain point, la disproportion observée, comme nous allons le constater entre le volume apparent des météores et le volume des pierres qui arrivent sur le sol après leur explosion.

Hauteur des bolides. — Les résultats sont moins incertains pour la mesure des hauteurs auxquelles se montrent les bolides. A cet égard, M. Petit et M. le colonel Laussedat ont poursuivi des recherches auxquelles on doit attacher d'au-

tant plus d'importance qu'elles contribueront, peut-être, à nous procurer, en outre des renseignements sur les bolides eux-mêmes, quelques données positives sur la hauteur de la couche atmosphérique.

C'est au sujet du bolide d'Orgueil, mentionné déjà tout à l'heure, que M. Laussedat a imaginé la méthode dont on trouvera la description détaillée dans les *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* (1) et qu'il suffira d'indiquer ici d'une manière très sommaire.

On sait qu'en général les directions des points de la trajectoire d'un corps qui traverse rapidement l'espace sont rapportés par les observateurs aux constellations les plus connues ou aux planètes qui se trouvent au dessus de l'horizon. M. Laussedat pense que la précision de ce genre de détermination ne dépasse guère 1 degré, surtout quand les observations sont faites à l'improviste. Cela étant, au moyen d'un globe céleste de 20 à 25 centimètres de diamètre, disposé selon la latitude du lieu et l'heure de l'observation, l'auteur détermine l'azimuth et la hauteur apparente de chacun des points du ciel qui ont servi de repères. Cette opération est répétée pour les

(1) T. LVIII, p. 1100 (1864).

différentes stations d'où le phénomène a été observé. Les résultats en sont ensuite reportés sur une carte géographique à grande échelle sur laquelle les stations sont elles-mêmes marquées d'après leur longitude et d'après leur latitude. On exécute alors, sur le dessin ainsi préparé et par la méthode ordinaire des projections cotées, toutes les constructions nécessaires.

Les différents problèmes relatifs au mouvement de corps dont on a obtenu la trajectoire, d'une part en projection horizontale et d'autre part en projection verticale par les cotes de quelques-uns de ces points, se résolvent ensuite avec la plus grande facilité.

Cette méthode purement graphique, a encore cet avantage que chacun des observateurs peut, en la retournant, apprécier le degré d'exactitude de la trajectoire et indiquer, au besoin, les rectifications qu'il pourrait y avoir lieu de lui faire subir. On peut en effet déduire, inversement, du tracé de sa trajectoire sa perspective sur la sphère céleste pour une station quelconque et reconnaître les écarts plus ou moins considérables de cette perspective comparée à celle qui a été observée.

Par ce procédé l'auteur a montré que le bolide d'Orgueil était durant sa trajectoire à des hauteurs qui ont varié de 90 à 45 kilomètres.

Surface de pays sur laquelle sont vus les bolides. — En général, et comme conséquence de leur très grande altitude, les bolides sont vus sur une très grande étendue de pays.

Celui qui, le 30 mai 1866, apporta dans l'Aube les météorites de Saint-Mesmin répandit à plus de 80 kilomètres, à la ronde, une lumière vive.

C'est sur 70 à 80 mille carrés allemands qu'on a vu le bolide de Blansko, Moravie, le 25 novembre 1883.

On a aperçu de Gisors (Eure), c'est-à-dire de 600 kilomètres, la météorite qui éclata à Orgueil (Tarn-et-Garonne), le 14 mai 1864.

Trajectoire des bolides. — Relativement à la trajectoire des bolides, il est surtout intéressant de noter qu'elle est très peu inclinée sur l'horizon au point de sembler quelquefois sensiblement horizontale. C'est en particulier ce qui a été observé lors du bolide d'Orgueil, qui a pu être suivi des yeux tout le long de la côte septentrionale d'Espagne parallèlement à laquelle il se mouvait.

D'après un témoin habitant Santander, c'est-à-dire un point situé sur le prolongement presque exact de la trajectoire, celle-ci semblait sensiblement verticale et était presque directement dans l'est.

Comme exemple de trajectoire observée dans des conditions favorables, on peut mentionner celle du bolide qui, le 21 décembre 1876, traversa les États de Kansas, de Missouri, d'Illinois, de Pensylvanie et de New-York et nous procura les météorites connus sous le nom de Rochester (Indiana).

Cette trajectoire est demeurée N. 75° E et était à peu près exactement rectiligne sur 1 000 milles de longueur (16 kilomètres). Les personnes qui ont calculé la forme de cette trajection ⁽¹⁾ pensent qu'elle a dû ressortir de l'atmosphère après la chute des météorites. C'est du reste une opinion qui a été émise de nouveau à plusieurs reprises et qu'on avait eu déjà à propos du bolide d'Orgueil en 1864.

A cette occasion, plusieurs témoins dignes de foi ont, après l'incandescence éblouissante qui a suivi l'explosion, distingué le bolide continuant sa course mais réduit à l'éclat du rouge sombre et diminuant graduellement de grandeur jusqu'à ce qu'il ne fût plus visible. Aussi la comparaison s'imposait-elle avec le « ricochet » d'un boulet d'artillerie qui vient frapper la surface de l'eau, la faible densité de l'océan aérien se trouvant

(1) LAWRENCE SMITH. — *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXXV, p. 678.

compensée par la gigantesque vitesse du projectile.

On a à diverses reprises appliqué les méthodes géométriques à la détermination des trajectoires suivies par les bolides et, à cet égard, il est juste de citer d'une manière spéciale les études de MM. Goiran, Bertolio, Zanneti et Musso à propos de la chute observée le 29 février 1808 à Motta dei Conti près de Casale en Italie (1).

MM. de Rossi et de Ferrari ont publié des études sur la trajectoire suivie par le bolide qui, le 31 août 1872, a apporté la météorite d'Orvinio, aux environs de Rome. Il en résulte que cette trajectoire a été très bizarre et très contournée ; mais le fait s'expliquera plus loin par cette circonstance que des explosions successives donnent lieu à des séries d'impulsions qui peuvent modifier considérablement et de façons diverses la direction première du globe de feu.

Orientation de la trajectoire des bolides.

— La trajectoire des bolides est orientée de façons très diverses par rapport aux points cardinaux.

Ainsi le bolide qui a apporté les pierres de Weston (Connecticut), allait du nord au sud et de

(1) 1 vol. in-18, de 89 pages avec 2 planches, Turin, 1868.

même celui de Charsonville (Loiret), 22 novembre 1810.

On peut citer comme s'étant mus du nord-est vers le sud-ouest, les bolides de Danville, Alabama (24 novembre 1868) et de Nowo Urei, Russie (4 septembre 1886).

De l'est-nord-est, vers l'ouest-sud-ouest, ceux de Cabin-Creek, Arkansas (27 mars 1886) et de Stalldal, Suède (28 juin 1876).

De l'est vers l'ouest, ceux de Sales (Rhône) (mai 1798), de Cereseto, Italie (17 juin 1840), de Meno (7 octobre 1862) et de Jelica, Serbie (19 novembre 1889).

Du sud-est au nord-ouest, ceux de Laigle, Orne (26 avril 1803), de Hessele, Suède (1^{er} janvier 1869) de Tadjéra, Algérie (9 juin 1867) et de la Bécasse, Indre (31 janvier 1879).

Du sud-sud-est au nord-nord-ouest, les bolides d'Orvinio, Italie (31 octobre 1872) et de Lixna (12 juillet 1820).

Du sud au nord, ceux de Charsonville, Loiret (23 novembre 1810) de Barbotan, Gers (24 juillet 1790), et de Vouillé, Vienne (13 mai 1831).

Du sud-sud-ouest au nord-nord-est, celui de Curvello, Brésil (11 avril 1833).

Du sud-ouest au nord-est, ceux relativement très nombreux de Futtehpore, Bengale (30 no-

vembre 1822), Cold Bokkeweldt, cap de Bonne-Espérance (13 octobre 1838), de Château-Renard, Loiret (12 juin 1841), de Schie, Norvège (27 décembre 1848), de Mezo-Madaras, Transylvanie (4 septembre 1852), de Linum, Prusse (5 septembre 1854), de Quenngouk, Inde (27 décembre 1857), de New-Concord, Ohio (1 mai 1860), de Pultusk, Pologne (30 janvier 1868), de Lancé, Loir-et-Cher (23 juillet 1872), de Rochester, Indiana (21 décembre 1876), d'Estherville, Iowa (10 mai 1879).

De l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est, celui de Djati-Pengilon, Java.

De l'ouest à l'est, ceux d'Agram, Croatie (26 mai 1751), de Pine Bluff, États-Unis (13 février 1839), et de Braunau, Bohême (14 juillet 1847).

De l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est, ceux de Butsura, Indes (12 mai 1862) et d'Orgueil, Tarn-et-Garonne (14 mai 1864).

Du nord-ouest au sud-est, ceux de Stannern, Moravie, 22 mars 1808; de Montrejeau, Haute-Garonne (9 décembre 1858), de Knyahinya, Hongrie (9 juin 1866), de Saint-Mesmin, Aube (30 mai 1806), de Motta dei Conti, Italie (29 février 1868) et de Tieschitz, Moravie (15 juillet 1878).

Enfin du nord-nord-ouest au sud-sud-est, ceux

de Dhurmsalla, Indes (14 juillet 1800) et de Tysne, Norvège (20 mai 1884) (1).

Vitesse des bolides. — On n'a pas eu jusqu'à présent le moyen de mesurer, d'une façon précise, la vitesse des bolides qui laissent tomber des météorites. Un peu plus loin nous résumerons des observations relatives à la progression des globes de feu qualifiés aussi de bolides, mais qui sont évidemment, malgré certaines apparences, de nature essentiellement différente. Ceux-ci se déplacent avec une vitesse planétaire. Pour les bolides à météorites, il a été observé plusieurs fois (sans qu'on ait fait des mesures) qu'ils semblent se mouvoir avec une majestueuse lenteur. Les 20 kilomètres à la seconde attribués au bolide d'Orgueil, n'ont pas été mesurés avec précision.

Trainées des bolides. — En progressant au travers de l'atmosphère, les bolides laissent très ordinairement derrière eux un sillage en forme de queue, doué dans certains cas d'un éclat nébuleux remarquable.

(1) Dans un travail remarquable, M. le professeur Newton (de New-Haven, Connecticut) conteste plusieurs de ces directions et leur en substitue d'autres. Nous reviendrons un peu plus loin sur ce sujet qui est développé par l'auteur dans le t. XXXVI de *American Journal of Science* (3^e série), juillet 1888.

Une intéressante observation de M. Boisse peut servir ici de type à cette catégorie de manifestations :

Le 11 novembre 1864, à 5^h 36 minutes du soir, un bolide extrêmement brillant traversa le ciel de Rodez, du nord au sud rapidement. Il laissa derrière lui une longue traînée lumineuse remarquable à la fois par sa persistance et par les phases successives par lesquelles elle passa. Ce n'était d'abord qu'un sillon d'un blanc éclatant, étroit et linéaire, mais bientôt, la traînée s'élargit progressivement, diminuant à la fois d'intensité et d'éclat et présentant tour à tour toutes les nuances d'un corps qui, porté d'abord au rouge blanc, se refroidit peu à peu.

Les parties extrêmes de cette traînée disparurent les premières, la partie moyenne persista de façon qu'au bout de cinq minutes, il restait encore un nuage rougeâtre parfaitement distinct, de forme allongée, un peu irrégulière, ayant une longueur de 12 à 15 degrés sur une largeur de 1 à 2 degrés. Ajoutons que cet amas nuageux paraissait formé d'étincelles fines et serrées, mais très distinctes, qui passaient du rouge cerise au rouge sombre, semblaient se disperser et descendre très lentement, « rappelant, dit le témoin auquel nous empruntons cette description, les pluies

de paillettes étincelantes que produisent certaines fusées d'artifice ».

Mais l'apparence présentée par la traînée des bolides est extrêmement variable suivant les cas.

Le lieutenant Aylesbury, de l'armée anglaise a donné un dessin de la gerbe qui suivait, le 27 décembre 1857, le bolide de Quenggouck, dans les Indes et Haidinger a reproduit ce dessin en chromolithographie dans le t. XLIV (1862) des *Sitzungsberichte* de l'Académie des Sciences de Vienne.

Lorsque le bolide d'Orgueil, déjà cité, traversa l'atmosphère, il laissa derrière lui une traînée si épaisse que, d'après un témoin, noïaire à Cierp, l'atmosphère était encore « poussiéreuse » le lendemain dans la direction du météore.

On a noté également une traînée très persistante à la suite des bolides d'Angers (3 juin 1822), de Curvello, Brésil (11 avril 1833) de Cold Bokkeweldt, cap de Bonne-Espérance.

La traînée était remarquablement belle derrière le bolide de Gutersloh en Westphalie (17 avril 1851).

Elle était très longue après le bolide de Pine-Bluff, Missouri (13 février 1839) et de Sauguis, Basses-Pyrénées (7 septembre 1868). On a éva-

lué à 20 minutes de longueur la traînée du bolide de Nullès, Espagne (5 novembre 1851).

La forme de la traînée n'est pas toujours la même. D'ordinaire c'est une simple queue plus ou moins allongée et dont la forme générale est triangulaire avec le bolide au sommet. Mais, parfois, c'est une nébulosité plus compliquée. C'est ainsi que le bolide qui se montra, le 20 juin 1866, au-dessus de Boulogne-sur-Mer, était suivi, d'après quelques témoins, d'une bande lumineuse parsemée de nœuds brillants et contournée en hélice de la manière la plus régulière.

Explosion des bolides. — Le globe lumineux, après avoir parcouru une trajectoire plus ou moins étendue, éclate et l'on voit ses débris se précipiter en diverses directions comme les étincelles d'une pièce d'artifice ⁽¹⁾. Fréquemment certains de ces débris subissent une ou plusieurs divisions ultérieures et chacune de ces explosions est accompagnée d'un grand bruit.

Il faut d'ordinaire un temps appréciable et souvent plusieurs minutes pour que le son parvienne aux oreilles des spectateurs de la division et cet intervalle suffit pour montrer à quelle

(1) Par exemple, l'explosion du bolide d'Orgueil a été comparée par plusieurs témoins à un *bouquet* de feu d'artifice.

grande hauteur a lieu la rupture. G. Hirn (1) la considère comme supérieure à 30 kilomètres.

Pour la météorite de Motta dei Conti, on a admis que l'explosion s'est produite entre 192 et 216 mètres d'altitude (2).

Intensité des explosions. — Dans tous les cas, le bruit de l'explosion est extrêmement intense et les témoins, pour exprimer ce qu'ils ont éprouvé, ont épuisé toutes les comparaisons avec les centres sonores les plus énergiques : foudre, artillerie, explosions de poudrière, éruptions volcaniques (3).

L'intensité attribuée à l'explosion des bolides rend compte de la très vaste étendue de pays sur laquelle le son est perceptible.

L'explosion de Bishopville, Caroline du Nord (25 mars 1843), s'est entendue sur une surface de 60 à 80 kilomètres carrés; celle de Parnallee,

(1) *Constitution de l'Espace céleste*, p. 229.

(2) *Météorite de Motta dei Conti*, p. 70.

(3) Il faut noter cependant que quelques auteurs tels que MM. Mach (de Pragne) et Doss (de Riga) ainsi que M. Cleveland Abbé (de Washington) pensent que ce grand bruit serait, non pas les produits d'une explosion définie, mais le résultat de la concentration dans l'oreille de l'observateur d'une série de bruits relativement petits émanant de points successifs de la trajectoire (*N'ien Akad*, t. CH, p. 248, 1893).

Indes (28 février 1857), sur 80 kilomètres carrés, celle de Nanjemoy, Maryland (10 février 1825), sur 100 kilomètres carrés.

Lors de la chute de Favaqs, Aveyron (21 octobre 1844) la détonation retentit à 48 kilomètres de distance; à 97 kilomètres pour le bolide de Goruckpore, Indes (12 mai 1801); à 85 pour celui de Saint-Mesmin, Aube (30 mai 1866), à 120 pour celui de Laigle, Orne (26 avril 1803) et à 300 pour celui d'Orgueil (14 mai 1864).

Nombre des explosions. — On note d'ordinaire une explosion non pas simple mais composée de plusieurs coups. Cependant les cas ne sont pas très rares où l'on n'a entendu qu'une seule détonation. Citons : le bolide de Tabor, Bohême (3 juillet 1753), Alboreto, Italie (juillet 1766), Lucé, Maine (13 septembre 1768), Borgo san Donino, Italie (19 avril 1808), Agen, Lot-et-Garonne (5 septembre 1814), Cabarras County, Caroline du nord (31 octobre 1849), OËsel, Livonie (29 avril 1855), etc.

Il y a eu deux détonations à Luponnas, Ain, (7 septembre 1753).

Trois détonations suivirent l'apparition des bolides de Jonzac, Charente-Inférieure (13 juin 1819), où l'on nota que la première fut la plus forte, — de Vouillé, Vienne (13 mai 1831), —

de Gruneberg, Prusse (22 mars 1841), — de Goruckpore, Indes (12 mai 1861), — de Charsonville, Loiret (23 novembre 1810), — d'Orgueil, Tarn-et-Garonne (14 mai 1864), — de Saint-Mesmin, Aube (30 mai 1866).

La chute de pierres de Stannern, Moravie (22 mai 1808) fut accompagnée d'explosions nombreuses, mais qu'on ne paraît pas avoir comptées.

Roulement consécutif aux explosions. — En même temps que la détonation, ou immédiatement après, on entend un roulement simulant un feu de peloton, parfois très prolongé et qui subit des renforcements et des affaiblissements successifs. Ce roulement a souvent été comparé à celui d'une voiture pesamment chargée.

CHAPITRE II

ARRIVÉE DES MÉTÉORITES SUR LE SOL.

C'est seulement après les divers phénomènes lumineux et sonores qui viennent d'être énumérées que les éclats de météorite tombent sur le sol.

Des sifflements, rappelant ceux que font les balles et les biscayens à travers l'air, se produisent, indiquant une certaine vitesse de projection des pierrailles.

Vitesse de chutes des météorites. — Naturellement la vitesse dont il s'agit n'a pu être soumise à aucune mesure, mais une série de faits bien observés suffisent pour montrer quelle est extrêmement inégale d'un exemple à l'autre. En tout cas elle n'a certainement aucun rapport

avec la vitesse de translation du bolide le long de sa trajectoire.

D'ordinaire, les pierres ne sont pas brisées par leur choc sur le sol et même à Pultusk, Pologne (30 janvier 1868) la glace très mince qui recouvrait la rivière de Narew ne fut pas brisée. On sait, comme terme de comparaison, que les anciens boulets de pierre se cassaient tous contre les obstacles un peu durs qu'ils rencontraient et on doit en conclure que la vitesse des météorites est moindre que celle des boulets dont il s'agit, leur cohérence étant d'ailleurs tout à fait comparable à celle des roches dont les boulets étaient faits.

Pourtant il y a beaucoup d'exemples de météorites ayant pénétré plus ou moins profondément dans le sol. C'est le cas pour la pierre d'Aumale, Algérie (25 août 1805).

Une des pierres de la chute de Knyahinya, Hongrie (9 juin 1866) était entrée de 11 pieds (4 mètres) dans la terre de la prairie dite Mlaka, d'où elle fut extraite par des paysans. La pierre de Gross Divina, Hongrie (24 juillet 1837), pesant plus de 10 kilogrammes, était enterrée de 2 pieds 1/2.

La pierre de Tadjera, Algérie (9 juin 1867) creusa à la surface du sol un sillon d'un kilo-

mètre de longueur qui témoigne de la vitesse du projectile.

En 1803, une des pierres tombées à Laigle, Orne, cassa une branche de poirier; des toits de maisons furent percés par des météorites, le 19 décembre 1798 à Benarès, Inde, le 13 décembre 1803, à Massing, Bavière, le 9 décembre 1868, à Montrejeau, Haute-Garonne, le 9 juin 1866, à Knyahinya, Hongrie.

Le 24 juillet 1790, la pierre de Barbotan, Gers, écrasa une chaumière et pénétra dans le sol.

On peut voir au Muséum un fragment de traverse de chemin de fer qui fut brisée le 1^{er} mai 1860 par une météorite à New-Concord, -aux États-Unis.

On doit même noter que certaines météorites se sont brisées en tombant et à ce titre une mention spéciale doit être faite de la chute de Sauguis-Saint-Etienne. Cette pierre s'est en effet littéralement pulvérisée sur le rocher où elle est venue frapper et il a fallu à M. Thore une grande patience, en même temps que beaucoup de perspicacité, pour recueillir les petits fragments qui figurent dans les collections.

Incidence des météorites. — L'angle sous lequel les météorites viennent frapper le sol paraît très variable.

Pour une des pierres, de Trenzano, Italie (12 novembre 1856) on a calculé que cet angle devait être d'environ 45 degrés.

Le sillon d'un kilomètre creusé par la pierre de Tadjera montre que cette pierre est arrivée presque horizontalement.

Température des météorites au moment de la chute. — Plusieurs fois on a pu apprécier la température de météorites au moment même de leur arrivée ou fort peu de temps après leur chute et d'habitude on les a trouvées très chaudes. Ainsi à Orgueil, Tarn-et-Garonne (14 mai 1864) un paysan voulant prendre une des pierres tombées dans son grenier se brûla fortement la main.

Après une heure et demie de séjour à terre, une pierre pesant 2 kilogrammes, tombée à Doroninsk, Sibérie (25 mars 1805) était encore trop chaude pour qu'on pût la prendre.

C'est seulement après deux heures qu'on put prendre la pierre de 3 kilogrammes tombée à Mooresfort, Tipperary, Irlande, en août 1808.

Une pierre de plus de 10 kilogrammes tombée le 24 juillet 1837, à Gross-Divina, en Hongrie, était encore très chaude après une demi-heure. Il en fut de même pour la pierre de Wessely, Moravie, 9 septembre 1833.

Mais souvent aussi on a été surpris de trouver les météorites peu chaudes. D'après les témoins, plusieurs des pierres tombées à Knyahiuya, Hongrie (9 juin 1866) qui furent ramassées *immédiatement* après leur chute étaient seulement « tièdes comme des pierres chauffées par le Soleil ». Une pierre de 600 grammes tombée le 4 août 1835 à Aldsworth, en Angleterre et ramassée aussitôt n'était plus chaude.

Après une demi-heure seulement la pierre d'Erleben (15 avril 1812) malgré son poids de 2 kilogrammes, était froide ; et après une demi-heure aussi, celle Werchne Tschirskaja Stanitza, en Russie (30 octobre 1843), qui ne pesait pas moins de 8 kilogrammes, était dans le même cas.

Du reste, même quand elle est intense, la chaleur des météorites paraît exclusivement localisée à leur surface, l'intérieur étant au contraire remarquablement froid.

On ne peut citer de meilleur exemple à l'appui de cette remarque que celui de la pierre de Dhurmsalla, Indes (14 juillet 1860) dont les fragments, recueillis immédiatement après la chute et tenus dans la main pendant un instant, étaient tellement froids que les doigts en étaient transis.

« Cette assertion extraordinaire, écrit le D^r

Charles T. Jackson, de Boston, qui est consignée dans le rapport sans aucune expression de doute, indiquerait que la masse de la météorite conservait dans son intérieur le froid intense des espaces célestes (— 50 degrés centigrades) tandis que la surface était mise en ignition en entrant dans l'atmosphère terrestre. D'après la remarque d'Agassiz, c'est un cas analogue à celui de la *glace frite* des cuisiniers chinois ».

Dans son intéressante notice sur les météorites tombées le 16 février 1883, à Alfanello, près de Brescia, en Italie (1), M. Bombicci note que la surface d'une cassure faite immédiatement se montra extrêmement froide (*freddissimo*).

Odeur sulfureuse de beaucoup de météorites au moment de leur chute. — C'est très vraisemblablement en rapport avec la haute température des régions superficielles des pierres qu'il faut noter l'odeur sulfureuse que les météorites répandent très souvent au moment de leur chute.

Le fait a été signalé en très grand nombre de fois; il suffira d'en citer quelques exemples.

Ainsi le 5 août 1822, la météorite de 35 kilogrammes tombée à Chantonay, Vendée, sentait

(1) *Reale Accademia dei Lincei*, 3^e série, t. XXIV, séance du 1^{er} avril 1883.

si fortement le soufre qu'après 6 mois, son odeur était encore parfaitement sensible.

La météorite de Limerick (10 septembre 1813) du poids de 8 kilogrammes répandait une forte odeur de soufre, au dire des témoins.

Même remarque pour les pierres de Nanjemoy, Maryland (10 février 1825), de la Steppe de Kirghis (27 avril 1840) et de Schœnenberg, Bavière (25 décembre 1846). Un témoin de la chute de Knyahinya assure qu'une pierre sentait si fort le soufre qu'après trois jours, malgré le lavage, sa main en avait encore conservé l'odeur (1).

Mais ces faits sont évidemment exclusivement relatifs aux régions les plus superficielles et beaucoup de remarques qui concernent la composition des météorites et leur altérabilité par une chaleur même très modérée suffiraient pour le démontrer.

A cet égard et sans déflorer les sujets que nous aurons à traiter plus loin, il faut noter ici la présence dans les météorites dites *charbonneuses* comme celles d'Orgueil et de Cold Bokkeweld de composés organiques qu'un échauffement

(1) HAUINGER. — *Wien Akademie*, séance du 11 octobre 1866.

très inférieur au rouge décompose complètement.

Il résulte aussi d'expériences qui seront décrites, que la roche blanche constitutive d'un très grand nombre de pierres météoriques passe au noir sous l'influence de la chaleur et témoigne par sa couleur claire qu'elle n'a pas été chauffée pendant la traversée de l'atmosphère.

Croûte noire des météorites. — Grâce à l'échauffement superficiel que les météorites subissent pendant la traversée de l'atmosphère, il se constitue une écorce noire sur laquelle nous reviendrons plus loin, mais qu'il y a lieu de citer ici parce que son étude a permis de préciser quelques conditions de la chute.

Sur cette croûte, en effet, on voit souvent des ruissellements de la matière fondue indiquer la position que le mobile occupait pendant sa rapide progression et des bourrelets de ce vernis entrecroisés en divers sens prouvent parfois que le projectile a eu le temps de tourner sur lui-même.

Nombre de météorites d'une même chute. — Le nombre des météorites précipitées sur le sol à la suite de l'explosion du même bolide est extrêmement variable d'un cas à l'autre.

On est du reste autorisé à supposer que, si bien souvent des météorites se sont égarées et n'ont

pu être retrouvés après l'arrivée des boules de feu, il y a toujours précipitation de pierres après l'explosion des bolides appartenant à la catégorie de ceux que nous avons décrits. Par exemple, le beau bolide de Boulogne-sur-Mer, malgré l'intensité, sa détonation et ses autres caractères, n'a donné lieu à la trouvaille d'aucune pierre. Mais il ne faut pas oublier la difficulté de retrouver de petits éclats dans les broussailles, dans les champs ou même dans les pièces d'eau où ils ont pu disparaître.

On n'a ramassé qu'une seule masse après les chutes de Lucé (1768), Sigena (1773), Wold-Cottage (1795), Salles (1798), Apt (1803), Chassigny (1815), Juvinas (1821), Braunau (1847), Slobodka (1818).

On en a ramassé deux à Agram (1751).

Trois à Charsonville (1810), à Saint-Mesmin (1886).

Quatre à Piprassi (1861), à Harrison County (1859).

Une dizaine à Toulouse (1812); douze environ à Siène (1794).

Une soixantaine à Stannern.

Un bien plus grand nombre à Barbotan (1790), à Benarès (1792), à Weston (1807), à Mocs (1882) à Hessle (1869).

Une centaine à Orgueil (1866), à Blansko (1883), un millier à Knyahinya (1866), à Orchansk, (1887), trois mille environ à Laigle (1863) et sans doute plus encore à Pultusk (1868), à Winnebago, Iowa (1890).

Distributionsur le sol de météorites d'une même chute. — Lorsque, comme dans ces derniers cas, il arrive que les météorites sont nombreuses dans une même chute, il y a grand intérêt à étudier leur distribution sur le terrain et c'est ce qu'on a fait successivement pour plusieurs chutes qui ont fourni des résultats qu'il convient de résumer ici très rapidement.

Dans son rapport sur la chute de Laigle, Biot après être arrivé à démontrer que le bolide progressait du sud-est au nord-ouest avec une déclinaison d'environ 22 degrés, constate que les plus grosses pierres sont tombées à l'extrémité sud-est du grand axe de l'ellipse sur laquelle s'est répandue l'averse de météorites, que les plus petites sont tombées à l'autre extrémité et les moyennes dans la région intermédiaire. Les plus grosses pierres seraient donc tombées avant les autres... L'arrondissement, dit-il, dans lequel ces masses ont été lancées a pour limite le cha-teau de Fontenil, le hameau de la Vassolerie, et les villages de Saint-Pierre, Glass, Couvain, Gou-

ville et Saint-Michel de Sommaire. C'est une étendue elliptique d'environ deux lieues et demi de long sur à peu près une lieue de large, la plus grande dimension étant dirigée du sud-est au nord-ouest.

« Les plus grosses pierres sont tombées à l'extrémité sud-est du grand axe de l'ellipse du côté de Fontenil et de la Vassolerie ; les plus petites sont tombées à l'autre extrémité et les moyennes entre ces deux points... les plus grosses paraissent être tombées les premières ».

Il faut ajouter toutefois que la direction dans laquelle se mouvait le météore de Laigle a été contestée : M. H. A. Newton pense qu'elle devait être précisément le contraire de celle que Biot indique (1).

Lors du phénomène de Stannern, Moravie (22 mai 1808) les pierres se sont encore dispersées sur un ellipse de près de 13 kilomètres de long sur plus de 7 kilomètres de large. On les a recueillies en trois groupes paraissant correspondre aux trois explosions entendues. Le bolide venant, suivant les témoins, du nord-est et se dirigeant au sud-ouest, on a trouvé d'abord quatre

(1) *American Journal of Science*, vol. XXXVI, juillet 1888.

pierres au nord-est du terrain lapidé. C'étaient les plus grosses pesant ensemble 15 kilogrammes dont 8 kilogrammes pour une seule.

Vers le milieu de l'ellipse gisaient au moins 36 pierres d'un poids total de 31 kilogrammes ; la plus grosse pesant 2^{kg},500 et le poids moyen étant de 1 kilogramme à 1^{kg},500. C'étaient les pierres moyennes.

Enfin à l'extrémité sud-ouest sont tombées 26 pierres pesant en tout 6 kilogrammes et représentant la partie fine de l'ensemble. La plus grosse de ce groupe ne pesait pas plus de 1 kilogramme et on en a recueilli de 60 grammes.

D'après M. Newton (*loc. cit.*) les témoins se seraient encore cette fois trompés sur la direction du météore et il faudrait admettre S.-O. à N.-E., au lieu de N.-E. à S.-O. On verra que cette correction déjà signalée pour le bolide de Laigle aurait l'avantage de rendre plus claire la cause du triage que nous signalons pour les météorites d'une même chute.

De Haidinger a étudié d'une manière très spéciale toutes les conditions relatives à la chute de météorites qui a eu lieu le 9 juin 1866 aux environs de Knyahinya, en Hongrie. Il résulte de son travail que le bolide se mouvant du nord-est au sud-ouest, les météorites se sont triées de façon

que les plus grosses sont tombées vers le nord-est de l'ellipse lapidée et les plus petites vers le sud-ouest. Tout à fait au nord-est est tombé le plus pesant de tous les membres de la chute, de 550 *pfunden* (livres), dans la prairie de Mlaka et tout à fait à l'autre bout de la zone les poids sont au maximum de 3, 4, 7 *pfunden*. C'est dans l'intervalle qu'on a recueilli les masses de 16, de 19, de 25 *pfunden*.

Ici les plus grosses pierres seraient tombées les premières, car il paraît spécialement difficile à cause du grand nombre de témoignages de renverser le sens de progression du météore comme M. Newton l'a fait pour d'autres cas et spécialement pour les bolides de Laigle et de Stannern.

La chute exceptionnellement abondante de Pultusk, Pologne, le 30 janvier 1868, a permis de faire d'intéressantes remarques sur la distribution des pierres sur le sol. Elle a fourni des documents tout à fait comparables aux précédents.

Il en a été de même pour les chutes de Cold Bokkeweldt, d'Estherville, de Goruckpore, de New-Concord, de Winnebago, de Moes, de Stalldall.

Le 12 février 1875, la pluie de pierres observée dans l'Iowa, aux environs d'Iowa Township, a

fourni à M. Hinrichs les éléments de nombreuses observations. Cet auteur a publié entre autres documents, une carte qui résume la répartition sur le sol des météorites tombées.

On doit à M. Nordenskjold des observations précieuses de la répartition sur le sol des météorites tombées le 1^{er} janvier 1869 aux environs de Hessele, en Suède.

A la suite des phénomènes qui ont précipité à Orgueil, le 14 mai 1864, une pluie de pierres dont nous avons déjà parlé, M. Abrial, ingénieur des ponts-et-chaussées, à Mont-de-Marsan, a relevé avec soin tous les points où des pierres ont été recueillies. Il en est résulté cette notion que l'aire de projection forme un ovale très allongé compris entre le Tarn et la Garonne et qui a 20 kilomètres de longueur sur 4 de largeur. Sa principale dimension s'étend dans la direction de l'est à l'ouest, c'est à-dire à peu près dans le sens du mouvement du bolide ; et à peu de distance au-delà du point où parait avoir eu lieu l'explosion principale à laquelle se rattache sans doute leur dispersion.

Ce n'est pas d'une manière irrégulière que ces pierres sont distribuées sur le sol d'après leur grosseur. Les plus nombreuses, d'un poids moyen d'environ 100 grammes, ont été ramassées aux

environs de Campsas ; les plus petites, dont quelques-unes ne pesaient que quelques grammes, ont été trouvées dans la partie occidentale, notamment aux environs de Montbéqui, tandis qu'au contraire, c'est dans la partie la plus orientale qu'ont été trouvées les plus volumineuses et la plus grosse a touché terre au château de Beudanger, qui occupe l'extrémité est de l'ellipse de dispersion.

En résumé on voit que dans les cas suffisamment étudiés et sauf des exceptions à expliquer comme Pultusk, les choses se sont passées comme si ce triage avait été réalisé parmi les fragments météoritiques par la résistance que l'air opposait aux projectiles en raison même de la masse.

Cause de l'explosion qui accompagne la chute des météorites. — On a beaucoup discuté la cause de l'explosion des bolides et des hypothèses fort diverses ont été admises à cet égard.

Tout d'abord on avait attribué l'incandescence des bolides au frottement des météorites contre l'air. Mais en 1854, Regnault prouva que l'air, même dans un mouvement extrêmement rapide, ne produit pas de chaleur sensible par le frottement. Govi, professeur à l'Université de Turin, confirma ces vues.

Un corps, forcé de se ralentir, gagne de la chaleur en raison de la vitesse qu'il perd. On avait donc aussi songé, pour expliquer la haute température des bolides, à considérer les ralentissements que la résistance de l'air produit dans leur course. Mais si telle était la cause véritable du haut échauffement des bolides, toutes les parties du corps, aussi bien celles de l'intérieur que celles de la surface, devraient y participer. Or, il n'en est rien, la surface seule s'échauffe. L'intérieur reste à une température relativement basse ; assez basse pour que des composés organiques puissent y subsister, que des gaz comme l'hydrogène, retenus par occlusion, ne soient pas expulsés et que certains silicates que la chaleur fait immédiatement noircir persistent à rester blancs.

La vraie source de la chaleur constatée parait être la compression de l'air et rappelle celle que met en évidence l'expérience du briquet à air.

Impression sur les hommes et sur les animaux. — La chute de météorites est un spectacle des plus grandioses et des plus imposants. Divers auteurs parlent de la frayeur causée à des populations entières par l'explosion d'un hōlide et la chute des pierres.

On assure que, dans de pareilles circonstances, les animaux eux-mêmes se sont montrés vive-

ment affectés avant même que les détonations se fussent fait entendre. Biot en cite des exemples à propos de l'explosion du bolide de Laigle et des faits analogues, sinon plus intéressants encore ont été observés à Boulogne-sur-Mer, lors du bolide du 20 juin 1866. Ainsi un témoin assure que « son chien, quelques minutes avant le phénomène était tourmenté ; qu'il avait la tête en l'air, à la porte du bureau et tremblait ». C'est en recherchant la cause de ces allures inaccoutumées que le témoin aperçut dans le ciel la traînée lumineuse ; d'un autre côté, le gardien du fanal d'Alpseck racontait que peu de temps avant le phénomène, ses poules, ses canards et ses pigeons étaient rentrés au logis aussi précipitamment que s'ils eussent été poursuivis par un chien.

Accidents causés par les météorites. — Tout le monde sera d'accord du reste pour reconnaître qu'on est autorisé à n'accorder au phénomène de la chute des météorites qu'une attention mêlée d'appréhension. Plus d'une fois, il a été en effet la cause de terribles accidents.

C'est ainsi qu'on lit dans le catalogue où E. Biot a enregistré les météores observés en Chine, qu'une pierre tombée en l'an 616 de notre ère fracassa un chariot et tua dix hommes.

Le capitaine hollandais Willmann rapporte

qu'étant en mer, une boule qui pesait 4 kilogrammes tua deux hommes en tombant sur le pont de son navire qui voguait à pleine voile. Le fait se passait à la fin du xvii^e siècle et vers la même époque un franciscain fut, dit-on, tué à Milan par la chute d'une petite météorite.

Le 16 juin 1794, une des météorites de la chute de Sienne perça le chapeau d'un enfant, qui en fut quitte pour la peur.

Une météorite qui tomba le 16 janvier 1825, à Oriang (Malwate), dans les Indes anglaises, tua un homme et blessa une femme grièvement.

C'est encore dans l'Inde, à Mhow, Ghazepoore, qu'un homme fut tué, le 16 février 1827, par une météorite dont on peut voir un échantillon dans la collection du Muséum.

La pluie de pierres qui eut lieu le 11 novembre 1836, à Macao, au Brésil, coûta la vie à plusieurs bœufs qui furent assommés.

On a noté que le 13 octobre 1838, lors de l'explosion du bolide de Cold Bokkeweldt, beaucoup de personnes, dans la ville voisine de Worcester, furent secouées sur les genoux comme par une décharge électrique.

On a prétendu à diverses reprises que des incendies ont été allumés par des bolides....

En différentes circonstances, par exemple à

Kakowa, Autriche (19 mai 1858), à Knyahinya, Hongrie (9 juin 1866), l'herbe fut brûlée sur une surface plus ou moins grande autour de météorites recueillies sur le sol.

· Parmi les accidents causés par les météorites, on peut mentionner en passant les procès auxquelles elles ont donné lieu. Il y en eut déjà un, à l'occasion d'une pierre tombée le 5 novembre 1841, à « Bourbon-Vendée, Roche-Servière, département de la Vendée (1) » et dans cette occasion on donna raison au découvreur de la pierre contre le propriétaire du champ. En 1872, il y en eut un autre à propos de la pierre tombée à La Bécasse et qui figure actuellement dans la collection du Muséum ; mais cette fois c'est le propriétaire du champ qui eut gain de cause.

· Il y a peu de temps, un bloc de fer étant tombé dans un champ, aux États-Unis, le gouvernement américain poursuivit le propriétaire pour introduction de métal n'ayant pas payé le droit de douane !

· **Superstitions météoritiques.** — Comme on peut en juger par la série des faits précédents, le phénomène météoritique est avant tout revêtu d'un caractère très imposant. Aussi a-t-il, depuis

(1) *Écho du Monde savant*, 24 novembre 1842, n^o 683.

la plus haute antiquité, frappé l'imagination des populations même les moins avancées.

Déjà les historiens chinois, ceux de la Grèce et ceux de Rome, font mention de toutes sortes de chutes météoritiques et quelques-unes de celles-ci sont même décrites dans de vieux textes avec une exactitude à laquelle on eût pu ne pas s'attendre.

D'après Abel Rémusat (1), le nom le plus ordinaire par lequel les chinois désignent les pierres météoriques est celui de *Sing yun tching chi*, étoiles tombantes et changées en pierres. Ils les rangent dans la catégorie des météores avec le *lieou sing*, c'est-à-dire avec les étoiles *coulantes* et les globes de feu.

Or, voici par exemple comment est racontée une chute datant de l'année 333 de notre ère : « Une étoile tomba à 6 lieues, au nord-est de Yé; elle était d'abord d'un rouge noirâtre. Un nuage jaune s'étendait comme un rideau à plusieurs centaines de pieds. On entendit un bruit comme celui du tonnerre. Quand elle tomba à terre, elle était brûlante. La poussière s'éleva jusqu'au ciel. Des laboureurs qui la virent tom-

(1) *Catalogue des bolides et des aéroolithes observés à la Chine et dans les pays voisins*, in-4^o, 1819, Paris.

ber allèrent la chercher. La terre était encore très chaude. Ils virent une pierre large d'un pied au moins, de couleur noirâtre et assez légère, qui résonnait quand on la frappait comme l'instrument appelé *Khing* ».

Et cette autre description dont l'exactitude est très remarquable aussi : « 817 (de notre ère). A la 9^e lune, le jour I-Haï, pendant la nuit, il y eut un globe de feu qui parut vers le zénith ; sa tête était comme une cruche et sa queue comme une barque du port de deux mille boisseaux, et longue de plus de 100 pieds. Il faisait un bruit comme une troupe de grues qui volent. Il était brillant comme une torche allumée. Il passa au-dessous de la lune, en se dirigeant vers l'ouest. Peu après, on entendit une sorte de détonation composée de plusieurs coups et au moment où le globe tomba à terre, un fracas trois fois plus fort que celui d'une maison qui s'écroule. Cela eut lieu dans le Ho-nan ».

Conformément à la tendance générale des anciens, le phénomène fut d'abord regardé comme une manifestation directe de puissance surnaturelle. Certaines pierres furent même élevées à la dignité de Dieu, comme celle que les Phéniciens adorèrent sous le nom d'Elagabale, les Phrygiens sous ceux de Cybèle et de Mère des Dieux

et les Lybiens sous le vocable de Jupiter Ammon. En l'an 104 avant notre ère, elle fut portée à Rome, eut son temple et ses prêtres, et son culte fut consacré par des séries de monnaies frappées à son effigie.

Parmi ces monnaies qu'on retrouve dans un grand nombre de collections, on peut signaler plusieurs types. Par exemple des monnaies de l'île de Chypre montrent une pierre conique comme symbole de la Vénus de Paphos ; elle est placée sous le péristyle d'un temple au-dessous duquel est un bassin avec ou sans poisson. Cette sorte d'effigie se rencontre sur des monnaies d'Auguste, de Caracalla, de Didia, de Clara, de Domitien, de Drusus le Jeune, de Galba, de Geta, de Julia Domna, de Septime Sévère, de Titus, de Trajan, de Vespasien. De Drusus le Jeune, on connaît en outre une médaille qui porte au revers Jupiter de Salamine tenant dans sa main gauche le symbole ci-dessus décrit.

La pierre dont on parlait tout à l'heure sous le nom d'Elagabale a également été représentée. Tantôt c'est une pierre conique surmontée d'une étoile ; tantôt une pierre conique sur laquelle se tient un aigle qui porte une couronne dans son bec : ces effigies datent d'Antonin le Pieux et de

Caracalla. Des monnaies de l'empereur Elagabal montrent la pierre surmontée de l'étoile et placée devant l'aigle. Dans d'autres on la revoit disposée à côté de l'aigle sur un char attelé de quatre chevaux et portant un parasol à chacun de ses quatre coins; bien d'autres dispositions pourraient être également citées.

Le symbole de la Diane de Perga se trouve sur des monnaies de Caracalla, de Mammæa, d'Ottacilia Sévère, de Philippe I^{er}, de Septime Sévère, sous la forme d'une pierre en forme de ruche d'abeille disposée sur le fronton d'un temple à deux colonnes.

Citons encore comme datant d'Élagabal, de Gallian, de Gordian le pieux, de Mœsa, de Trébonien Gallus, de Valerianus Pater, un dernier exemple de monnaies où l'on voit deux pierres en forme de bornes placées l'une à côté de l'autre et comprenant entre elles un arbre qui les abrite de ses branches. Au-dessous se tient un chien mordant un murex et révélant ainsi aux hommes la pourpre qu'ils ont placée si longtemps à part parmi les couleurs rouges.

On lit dans l'ouvrage d'Hartmann, intitulé *Les Peuples de l'Afrique* (p. 178), ce passage qui paraît devoir être reproduit : « Ces nègres (ceux d'Aschanti) ont leurs temples fétiches, les *him-*

mas ; leurs prêtres fétiches forment une caste héréditaire qui acquiert beaucoup d'influence. Chaque prêtre dispose d'un petit temple et d'une pierre sacrée, principal symbole de la divinité. Ces pierres sont des météorites, et à défaut de celles-ci, des aimants natifs trouvés sur le sol, et que les rusés bonzes ramassent quelquefois au milieu du tonnerre et des éclairs. Les autels en sont ornés. Chaque fils de prêtre, destiné à devenir aussi prêtre, doit posséder une belle pierre... Il y a aussi, dans ces pays, des magiciens errants qui n'ont pas le droit de porter sur eux des pierres sacrées. Ils n'ont qu'une courroie à laquelle ils fixent des amulettes et de petites pierres magiques. C'est à l'aide de ces talismans qu'ils disent la bonne aventure ».

C'est dans l'Afrique orientale, à Turuma, Wanka, qu'une pierre étant tombée le 6 mars 1853, les nègres la regardèrent comme un dieu, la couvrirent d'huile, l'habillèrent de vêtements agrémentés de perles de verre et la placèrent dans un temple où elle reçut les honneurs d'un culte en règle.

En 1815, le 18 février, une pierre de 15 kilogrammes était tombée à Doorala, dans les Indes anglaises, on la retira du trou de 5 pieds qu'elle

avait creusé dans le sol et on la porta dans un temple.

La pierre tombée le 19 juin 1668, à Vago, en Italie, fut pendue à une chaîne de fer dans l'église de Vérone.

On lit dans les *Œuvres d'Ambroise Paré*, livre XXV (*Traité de monstres*) : « Boistuan escrit en ses Histoires prodigieuses, qu'en Sugolie, situé sur les confins de Hongrie, il tomba une pierre du ciel avec un horrible esclattement, le septiesme iour de septembre 1514 de la pesanteur de deux cens cinquante liures, laquelle les citoyens ont fait enclaver en une grosse chaisne de fer, au milieu de leur temple et se monstre avec une grande merueille à ceux qui voyagent par leur Province, chose merueilleuse que l'air ait pu soutenir telle pesanteur ».

M. E. Derennes à qui je dois la connaissance de cet intéressant passage, ajoute dans une note qu'il m'a remise en même temps : « On remarquera cette idée de porter la pierre à l'église et de la fixer avec une grosse chaîne. On n'a certainement pas peur qu'on vienne voler cette pierre qui n'a aucune valeur et qui pèse 250 livres ; il y a dans l'église des objets mobiliers ou artistiques plus légers et plus précieux, pour lesquels on ne prend pas les mêmes précautions ; il

s'agit uniquement de l'empêcher de s'en aller toute seule. Il y a d'autres exemples du même genre. Ainsi nous connaissons à Gauchin-Légal, en Artois, une grosse pierre (en grès landénien) attachée sur la place avec des chaînes de fer. Cette pierre avait la réputation de quitter la place pendant certaines nuits, chaque année, pour aller faire du grabuge dans le voisinage : on a dû l'enchaîner solidement ».

Sans quitter les météorites on voit des cas analogues et nous venons de mentionner la pierre de Vago, enchaînée à Vérone. On attachait de même dans l'église la pierre tombée en 1452, à Ensisheim devant Maximilien I^{er}; et une météorite est attachée aussi dans la mosquée de La Mecque.

Opinions diverses sur l'origine des météorites. — Plusieurs philosophes de l'antiquité ont professé à l'égard des météorites des opinions qui nous intéressent maintenant à cause de leur analogie avec les hypothèses les plus vraisemblables. Ainsi, à l'occasion de la grande pierre qui tomba en l'année 487, avant notre ère, près de l'Ægos Potamos, Anaxagore avança, suivant Pline, qu'elle avait été détachée du corps même du soleil.

On trouve une notice très remarquable sur les

météorites dans l'ouvrage du persan Kazwini qui est mort en 1275. Elle est insérée dans un ouvrage en langue arabe intitulé *Miracle de la création*. On y lit : « La pierre se forme aussi dans l'air de parties de fumée qui deviennent pierre. Sous l'éclair, accompagné de tonnerre, ces pierres, d'une nature ferrugineuse et cuivreuse tombent sur la terre ».

La description est évidemment d'une exactitude frappante, surtout si, comme le veulent les érudits (1), on interprète l'opinion relative au cuivre par l'observation de l'oxyde vert auquel donne souvent naissance le nickel dans les fers météoriques qui s'altèrent.

Il est intéressant de noter ici, d'après Abel Rémusat, qu'en Chine, l'assimilation des bolides aux étoiles filantes était le fait de gens sans instruction. « Il y a, dit-il (*loc. cit.*), un auteur qui a rejeté cette opinion comme une erreur grossière ».

« Depuis l'antiquité jusqu'à nos jours, écrit cet auteur, dont on ne dit d'ailleurs ni le nom ni la date, on ne saurait compter le nombre de ces étoiles qui sont tombées sur la terre et cependant on ne s'aperçoit pas que le nombre de corps

(1) Et particulièrement Beigel (de Dresde). Voyez *La Chrestomathie arabe* de Silvestre de Sacy.

lumineux qui sont suspendus dans le ciel ait diminué le moins du monde. Dira-t-on qu'à mesure qu'il en tombe, il s'en reproduit de nouveaux, et que la génération des étoiles est comme celle des hommes ? »

Un autre auteur chinois remarque que le nom d'*étoiles tombantes* vient uniquement de ce que ces corps paraissent aux yeux comme des étoiles ; mais croire que ces pierres sont des étoiles est, suivant lui, une absurdité. « Des pierres sont tombées, dit-il, le vulgaire les a prises pour des étoiles et voilà l'origine du nom qu'on leur a donné. »

Ces opinions sont d'autant plus remarquables qu'elles furent remplacées, dans l'ère moderne, par des explications plus insoutenables les unes que les autres. Et ces croyances superstitieuses et ces explications erronées se reproduisant à l'occasion de chaque chute, elles nuisirent dans l'esprit des savants du siècle dernier au phénomène lui-même. Ces savants firent la faute, trop facile à commettre, il est vrai, de ne pas séparer le fait attesté par tant de témoins des idées qui lui faisaient habituellement cortège et comme les idées étaient certainement inadmissibles on déclara le fait fabuleux sans hésitation.

C'est quand les choses en étaient là que se pro-

duisirent presque simultanément, en 1768, trois chutes de météorites sur des points différents de la France. L'une à Lucé, dans le Maine, une autre à Aire, en Artois, la dernière à Coulances, en Normandie. La mutuelle ressemblance des pierres de ces trois chutes et les conditions identiques des trois phénomènes provoquèrent l'attention générale. L'Académie des Sciences nomma alors une commission formée de Fougeroux, Cadet et Lavoisier qui s'occupa de la chute de Lucé d'une manière tout à fait spéciale.

L'enquête conduisit à ce résultat que vers 4 heures 1/2 du soir, le 13 décembre 1768, on vit paraître, auprès de Lucé, un nuage orageux d'où partit un coup de tonnerre sec et à peu près semblable à un coup de canon et qu'on entendit à la suite un sifflement qui imitait si bien le mugissement d'un bœuf que plusieurs personnes y furent trompées ». Enfin, ajoute le Rapport, plusieurs particuliers qui travaillaient à la récolte dans la commune de Périgné, à trois lieues environ de Lucé, ayant entendu le même bruit, regardèrent en haut et virent un corps opaque qui décrivait une large courbe et qui alla tomber sur une pelouse dans le grand chemin du Mans auprès duquel ils travaillaient. Tous y accoururent promptement et trouvèrent une espèce de

pierre dont environ la moitié était enfoncée dans la terre ; mais elle était si chaude et si brûlante qu'il n'était pas possible d'y toucher. Alors ils furent tous saisis de frayeur et prirent la fuite ; mais étant revenus quelque temps après, ils virent qu'elle n'avait pas changé de place et ils la trouvèrent assez refroidie pour pouvoir la manier et l'examiner de plus près ».

Bien que le récit ait été, comme on voit, aussi formel que possible, la Commission, dominée par les préjugés de l'époque, préféra recourir, pour expliquer le phénomène, à une série de suppositions non seulement très compliquées, mais très abstraites. « Nous croyons devoir conclure, disent les commissaires, que la pierre n'est pas tombée du ciel... L'opinion qui nous paraît la plus probable, celle qui cadre le mieux avec les principes reçus en physique, avec les faits observés et avec nos propres expériences, c'est que cette pierre qui, peut-être, était couverte d'une petite couche de terre ou de gazon, aura été frappée par la foudre et qu'elle aura été ainsi mise en évidence ».

La question paraissait ainsi définitivement résolue par la négative quand, en 1798, des pierres qui tombèrent à Benarès, dans l'Inde, firent complètement changer les idées des savants. A

peine le récit de cette chute arriva-t-il en Europe, que les physiciens ne firent aucune difficulté d'en admettre la probabilité, abstraction faite de quelques tentatives de protestation dont la plus intéressante, sans comparaison, émana de Patrin, associé de l'Institut (1).

C'est précisément le mémoire de Howard, écrit avant tout, à l'occasion de la pierre de Benarès (2) que Patrin s'attache à réfuter et il le fait avec un très grand luxe de détails qu'il coordonne comme les parties successives du travail du savant anglais. Ses arguments sont d'ailleurs d'une pauvreté et d'une inconsistance qui surprennent.

Après avoir rapporté l'analyse que Barthold avait faite de la pierre d'Ensisheim, Patrin ajoute doctement : « D'après cette analyse et les caractères extérieurs de cette pierre, on voit que ce n'est autre chose qu'une de ces concrétions de forme sphéroïdale qui se trouvent fréquemment dans les couches d'oxyde pyriteux ». Il est d'ailleurs ici complètement d'accord avec le professeur de Colmar qui concluait de son analyse qu'il s'agissait d'une simple matière argilo-ferru-

(1) *Journal de physique*, t. LV, p. 376, 1802.

(2) Extrait des *Transactions philosophiques*, Londres, 1802.

gineuse ajoutant que « l'ignorance et la superstition lui ont donné une existence miraculeuse qui est en opposition avec les premières notions de la physique », ce qui est singulièrement rappeler les expressions mêmes du Rapport de Lavoisier.

A propos de la chute de Wold Cottage, dans le Yorkshire, du 13 décembre 1795, Patrin refait très ingénieusement le récit des témoins pour montrer qu'il s'agit encore d'une pyrite frappée par la foudre.

« On ajoute, il est vrai, dit-il, qu'il n'y eut de toute la journée ni éclair ni tonnerre ; mais s'il n'y eut point de tonnerre, qu'était-ce donc que ce fracas qui fit croire dans les villages voisins qu'on tirait le canon à la mer ? Quant aux explosions partielles qui ressemblaient à des coups de pistolet, n'est-il pas évident que ce sont des explosions électriques ? » Et voilà la question jugée.

Patrin était évidemment de bonne foi dans ces absurdes objections. On pourrait, s'il était nécessaire, en avoir la preuve par ce curieux passage où il propose de recourir à l'expérience pour contrôler ses vues. « Je réitère, dit-il, l'invitation que j'avais déjà faite aux naturalistes qui se trouveraient dans un local convenable de tenter une expérience facile et qui pourrait donner des

résultats curieux. Ce serait de placer sur des supports de verre ou de quartz, à la pointe d'un rocher ou à la cime de quelque vieille tour abandonnée, des masses de matières pyriteuses et autres minerais ferrugineux, qu'on pourrait armer d'une tige de fer verticale. Ces corps métalliques *isolés* ne tarderaient pas, sans doute, à recevoir un coup de foudre et l'on verrait alors si les modifications qu'ils auraient éprouvées seraient analogues aux phénomènes que présentent les pierres pyriteuses qu'on suppose tombées du ciel ».

Il termine toute sa dissertation par cette exclamation qui mérite aussi d'être rapportée : « Puissent les réflexions que je viens de présenter, contribuer à garantir la science de la nature de son plus dangereux adversaire, *l'amour du merveilleux* » !

Malgré ces résistances, la cause des météorites était dès ce moment gagnée. Les anciennes pierres tombées du ciel et conservées comme par hasard dans quelque coin des collections furent analysées avec soin par plusieurs chimistes illustres tels que Howard, Bournon, Vauquelin ; on imagina des systèmes innombrables pour expliquer l'origine de ces corps étranges et l'opinion étant faite en Angleterre, on attendit avec impatience qu'une nouvelle occasion permît aux

savants français de soumettre le phénomène à une étude détaillée et impartiale.

La chute ainsi désirée eut lieu le 26 avril 1803 aux environs de Laigle, dans le département de l'Orne. Envoyé sur les lieux comme commissaire par l'Académie des Sciences, Biot étudia le phénomène à tous les points de vue et publia un Rapport qui restera comme un modèle du genre.

Depuis lors, l'admission du phénomène météoritique doit être regardée comme tout à fait définitive.

Mettant de côté les systèmes complètement abandonnés, qui font des météorites un phénomène purement météorologique, il en reste encore un très grand nombre, dont quelques-uns au moins doivent être cités.

L'un des plus célèbres est dû à Chladni ⁽¹⁾, pour qui les météorites étaient de petits astéroïdes se mouvant en ligne droite dans l'espace jusqu'à ce que leur arrivée dans le voisinage d'un corps volumineux déterminât leur chute à la surface de ce corps.

Prévost ⁽²⁾, lui, voyait dans les météorites les

⁽¹⁾ *Réflexion sur l'origine de plusieurs masses de fer natif.*

⁽²⁾ *Annales de chimie et de physique*, t. XLIII, p. 351.

éclats d'un satellite actuel de la terre, qui perdait quelque chose de sa substance chaque fois qu'il pénétrait dans notre atmosphère.

Avec Laplace et Poisson, on en a fait des déjections de volcans lunaires qui, projetées hors de la sphère d'attraction de la Lune, sont attirées par la Terre.

Enfin plusieurs auteurs, M. Boisse (1) entre autres, en font le produit de la rupture de corps planétaires ou cométaires heurtés les uns contre les autres, ou qui même ont fait explosion.

Les auteurs de ces divers systèmes ont une manière commune de défendre leurs œuvres respectives qui est de montrer que leurs systèmes ne sont point impossibles. Ainsi Laplace et Poisson émettant l'idée gratuite que les météorites proviennent des volcans lunaires, cherchent à en établir non la réalité, mais la simple possibilité, en démontrant par le calcul que *si des volcans actifs existaient dans la Lune*, il pourrait se faire que leurs produits entrassent dans la sphère d'attraction de la Terre et tombassent sur le sol. L'hypothèse, comme on voit, n'a pas de base solide, aussi, malgré tout le génie de ses illustres

(1) *Mémoires de la Société des lettres, sciences et arts de l'Arveyron*, t. V, p. 112.

auteurs, le travail de discussion auquel elle pourrait nous entraîner n'aurait-il pas plus d'utilité que celui qu'on gaspillerait en contrôlant les innombrables suppositions que pourraient faire sur la même matière toutes personnes ingénieuses et douées d'imagination.

De même, lorsque Plana ayant montré que, pour n'être pas impossible, cette arrivée des déjections lunaires est bien peu probable, M. Lawrence Smith ⁽¹⁾ imagina que les météorites pouvaient provenir de très anciennes éruptions depuis lesquelles les volcans de la lune s'étant éteints, ces roches gravitent autour de la terre, sur laquelle il en tombe de temps en temps : l'idée est sans doute fort ingénieuse, mais tout à fait arbitraire, puisqu'on pourrait lui opposer, entre autres difficultés, celle-ci que, sauf de très rares exceptions, les météorites n'ont pas le caractère volcanique.

Enfin comment M. Boisse, pour ne plus citer que lui, défend-il sa manière de voir que les météorites résultent de la démolition du noyau d'une comète qui serait venue heurter la terre? En faisant observer que ce jugement de Vauquelin sur l'hypothèse lunaire s'appliquerait non

(1) *Twentieth annual report of the Smithsonian institution* (1856).

moins exactement à l'hypothèse *cométaire* : « Cette opinion, disait Vauquelin, toute extraordinaire qu'elle puisse paraître, est encore peut-être la moins déraisonnable, et s'il est vrai qu'on n'en puisse donner des preuves directes, il ne l'est pas moins qu'on ne peut lui opposer de raisonnement bien fondé ». C'est, comme on voit, se contenter de peu. Mais enfin les deux hypothèses ne peuvent être vraies en même temps. Quelle est la vraie? *A priori* elles sont également possibles, et, en fait, nous n'avons aucune raison de décider entre elles. On pourrait en dire autant de l'idée que nous discuterons un peu plus loin de l'identité des météorites avec les étoiles filantes.

La méthode suivie en cette occasion par tant d'hommes distingués ou illustres est donc évidemment mauvaise. C'est son contre-pied qu'il faut prendre : au lieu de commencer par imaginer un système pour voir ensuite si les faits sont en harmonie avec lui, mettons-nous à l'école des faits et tâchons de tirer de leur étude les notions que nous voulons obtenir. « Réunissons des faits, disait Buffon, pour avoir des idées ». Il n'y a pas autre chose à faire, et c'est ce que nous nous proposons d'essayer dans la dernière partie de ce volume.

CHAPITRE III

PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES QU'IL IMPORTE DE DISTINGUER DE LA CHUTE DES MÉTÉORITES

Avant d'examiner les caractères propres aux météorites, il convient de séparer de ces corps extra-terrestres des masses avec lesquelles on pourrait être porté à les confondre. Il ne suffit pas, en effet, qu'un objet tombe des hautes régions de l'atmosphère à la surface de la terre pour qu'il soit nécessairement d'origine météoritique.

Des corps terrestres très variés peuvent être transportés jusqu'à de très hautes régions atmosphériques, puis abandonnés à leur propre poids de façon à se précipiter sur le sol. Les chutes de ce genre sont très fréquentes et il est parfois

difficile d'en distinguer la description, donnée par les auteurs anciens, de celle des véritables chutes de météorites.

Les principaux agents qui peuvent transporter des particules pierreuses dans les hautes régions de l'atmosphère sont les éruptions volcaniques, les grands vents, les trombes et la foudre.

Chute de matériaux volcaniques. — Il arrive très ordinairement que les éruptions volcaniques projettent dans l'air des quantités considérables de matériaux pierreux dont les plus fins, repris à plusieurs kilomètres de hauteur par des vents horizontaux, peuvent être transportés à d'énormes distances. Les poussières dont il s'agit tombent alors sur le sol, souvent en même temps que la neige et que la pluie et constituent alors un phénomène étrange qui a souvent, aux périodes d'ignorance, été considéré comme miraculeux.

Parmi les exemples les plus remarquables de transport à longue distance des cendres volcaniques, nous mentionnerons celui qu'on observa en 1815 lors de l'éruption de Timboro : la poussière fut recueillie jusqu'à 1 400 kilomètres du volcan. Dans la nuit du 29 au 30 mars 1875, une notable partie de la péninsule scandinave fut saupoudrée de ponce très fine provenant d'une éruption islandaise. A la suite de la gigantes-

que éruption du Krakatau le 27 août 1883, la quantité de cendres transportée dans l'air fut si grande què pendant des mois entiers l'atmosphère tout entière du globe s'en montra salie. A des époques plus anciennes on trouverait à citer des exemples comparables et le célèbre brouillard sec qui, en 1783, couvrit pendant trois mois presque toute l'Europe, après avoir paru à Copenhague où il persista 126 jours doit être rappelé comme ayant eu certainement pour cause une éruption islandaise dont on eut la notion plus tard. Bien des prétendues *pluies de sang* dont parlent les anciens auteurs paraissent concerner l'observation mal faite de cendres volcaniques souvent ocracées tombant seules ou mélangées à la pluie.

Chute de matériaux charriés par les vents. — Les grands vents se montrent souvent efficaces pour enlever et transporter très loin des objets terrestres dont la chute revêt ensuite un caractère plus ou moins surprenant. C'est à eux sans doute qu'il faut rattacher les pluies de sable si fréquentes dans plusieurs océans et spécialement dans l'Atlantique aux alentours de Ténériffe. Le pont des navires y est alors saupoudré d'une poussière fauve visiblement empruntée au Sahara distant de plus de 320 kilomètres.

Depuis un certain nombre d'années, les géologues sont arrivés à donner de plus en plus d'importance à la chute des poussières atmosphériques et la *sédimentation éolienne* constitue dès maintenant un chapitre symétrique de la sédimentation aqueuse. Des terrains entiers comme le *læss* de la Chine et d'une grande partie de l'Asie centrale sont certainement d'origine atmosphérique et l'on doit considérer comme dus à une active collaboration éolienne les couches gréseuses, d'âge très divers, qui ont conservé des pistes d'animaux et les traces physiques connues sous les noms pittoresques de *pluie*, de *vent* et de *soleil fossiles* (1).

Parmi les objets terrestres remarquables dont la chute sur le sol se rattache à l'action des grands vents, il convient de rappeler les organismes végétaux ou animaux.

En tête, je mentionnerai les pluies de pollen si souvent qualifiées de pluies de soufre et dont on a des exemples tous les ans. Elles datent évidemment d'une époque fort ancienne et M. Bernard-Renault vient de démontrer qu'elles ont contribué pour une part qui n'est pas négligeable

(1) STANISLAS MEUNIER. — *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. CVI, p. 434, 1888.

à la constitution du *bog-head* des environs d'Autun.

Il tombe quelquefois des averses de cryptogames et tout le monde sait que la pluie de manne qui fut jadis si secourable aux Hébreux dans le désert, se renouvelle fréquemment. J'ai eu spécialement l'occasion d'étudier celle qui eut lieu le 17 juin 1890 aux environs de Diarbekir, en Asie Mineure, et elle offrit cet intérêt de montrer un des échantillons du *Lecanora esculenta* qui la constitue, solidement fixé à un fragment rocheux évidemment arraché au sol par le vent, dans une région plus ou moins éloignée.

Chute de matériaux enlevés par des trombes. — Parmi les prodiges souvent décrits par les anciens et dont la reproduction n'est pas très rare, figurent les chutes de poissons ou d'autres animaux vivants. Conrad Lycosthène en a figuré plusieurs exemples et l'on ne peut douter qu'il s'agisse encore ici d'un transport à grande distance réalisé par le vent, mais auquel a pu contribuer très efficacement l'intervention d'une trombe.

Il se trouve en effet beaucoup de témoignages après lesquels on ne peut douter que, dans son retour vers les hautes régions de l'atmosphère, l'air précipité sur le sol par le tourbillonne-

ment des trombes n'aspire réellement les objets terrestres, l'eau d'une pièce d'eau et tous ses habitants et des corps solides parfois très pesants.

On peut se faire une idée de la puissance extrême des phénomènes dont il s'agit pour le fait si souvent cité de la trombe qui, le 19 août 1845, causa tant de désastres dans le voisinage de Rouen, à Monville et à Malaunay. Après avoir détruit trois grandes filatures, sous les ruines desquelles des ouvriers furent ensevelis, elle transporta jusqu'auprès de Dieppe, à des distances de 25 et de 38 kilomètres, des débris de toutes sortes tels que vitres, ardoises, planches, pièces de charpente, voyageant par les airs à une telle hauteur que ceux qui les aperçurent crurent voir des feuilles d'arbres. On cite parmi ces débris une planche de 40 centimètres de long, sur 12 de large et 1 d'épaisseur.

Il y a peu d'années, j'ai eu l'occasion d'étudier un phénomène qui ne peut s'expliquer sans l'intervention de quelque trombe. Il s'agit d'une pluie extraordinairement abondante de pierrailles calcaires qui, le 6 juin 1891, recouvrit le sol aux alentours de Pel-et-Der, dans le département de l'Aube⁽¹⁾. La surface ainsi lapidée mesurait au

(1) *Le Naturaliste*, t. VI, p. 45, 1892.

moins 200 mètres de longueur sur 50 mètres de largeur et peut-être était-elle beaucoup plus grande, car un correspondant l'évaluait à 16 hectares. Dans tous les cas, les pierrailles tombées sur la terre des champs et jusque sur des fourrages fauchés et des tas de fumier déposés la veille furent apportées par un très violent orage mêlé de grêle. D'après les spécimens que je conserve au Muséum, les grains de cette pluie minérale varient de 20 à 50 millimètres en longueur; ils sont en général arrondis, de formes très irrégulières, offrant de nombreuses dépressions cupuliformes et même des tubulures. La roche qui les compose diffère profondément de tous les terrains des environs de Pel-et-Der et il m'a fallu chercher à 150 kilomètres à vol d'oiseau pour rencontrer l'affleurement d'une pierre identique. On la trouve dans Seine-et-Marne autour de Château-Landon où elle est activement exploitée pour les constructions.

Il faut donc qu'une trombe ait arraché au sol, pour l'enlever dans les hautes régions de l'atmosphère, une masse considérable de pierrailles qui ont ensuite parcouru horizontalement un très long trajet aérien avant d'être précipitées avec la grêle.

Chute de matériaux transportés par la foudre. — Dans des phénomènes de ce genre, la puissance mécanique du vent est probablement augmentée par une influence électrique ; les exemples abondent de pierres volumineuses ainsi transportées à la suite des coups de tonnerre. Arago (1) raconte même le cas d'un mur pesant environ 26 000 kilogrammes et que la foudre porta tout d'une pièce à près de 3 mètres de distance.

Pour ma part, j'ai eu l'occasion de constater, à l'actif de la foudre, un transport de matière dans des circonstances intéressantes par leur analogie extérieure avec celles qui accompagnent la chute des météorites (1). Il s'agit d'une sorte de résine dont la composition est celle de la colophane et qui, le 28 juillet 1885, à la suite d'un violent orage, vint éclabousser des rochers schisteux et calcaires et des arbres aux environs de Luchon.

Peut-être cette singulière substance, loin d'être absolument nouvelle, n'est-elle que le premier échantillon conservé d'une matière déjà entrevue dans une série de circonstances. Arago (à la suite

(1) *Notice sur le tonnerre.*

(2) STANISLAS MEUNIER. — *Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, t. XV, p. 23, 8 nov. 1886.

de Boyle), M. Trécul et d'autres savants mentionnent des coups de tonnerre suivis de la précipitation de matières visqueuses et enflammées.

Il parait d'autant plus nécessaire de mentionner la part de l'électricité atmosphère dans les chutes de matière pondérale à la surface du sol qu'une vague ressemblance du phénomène météorique avec l'orage, a contribué, par la plume de Lavoisier, à faire retarder l'admission parmi les notions certaines de la réalité des roches d'origine cosmique : quels arguments le fondateur de la chimie n'eût-il pas trouvé à l'appui de sa thèse dans un fait analogue à celui de Luchon ?

CHAPITRE IV

PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES QU'IL IMPORTE DE DISTINGUER DE LA CHUTE DES MÉTÉORITES

Il ne nous suffit pas d'avoir nettement éliminé du sujet que nous avons en vue de traiter : la chute des météorites, la série des matériaux terrestres qui ne retombent sur le sol qu'après lui avoir été empruntés. Il n'importe pas moins de faire un départ exact entre le phénomène météoritique et d'autres phénomènes qui, pour être cosmiques comme lui, n'en sont pas moins tout à fait distincts.

Comparaison des étoiles filantes aux météorites. — On peut remarquer que plusieurs savants sont encore, à l'heure actuelle, victimes d'une illusion comparable à celle qui portait

Lavoisier à confondre la chute des météorites avec celle de la foudre, parce que ces deux phénomènes lumineux ont l'atmosphère pour théâtre commun. Cette illusion consiste à mettre ensemble la chute des météorites et celle des étoiles filantes, parce que toutes deux ont l'espace céleste comme point de départ.

Nous allons montrer, que la confusion entre les étoiles filantes et les météorites est tout à fait illégitime, et qu'il y a infiniment plus de différence entre les deux phénomènes, qu'on ne peut signaler d'analogie de l'un à l'autre.

La ressemblance, toute extérieure, concerne certaines manifestations atmosphériques et avant tout l'apparition d'un globe de feu qui s'éteint et disparaît après une trajectoire plus ou moins longue. Le volume (1), l'éclat, la couleur des globes de feu confondus jusqu'ici sous le même nom de bolides ne fournissent pas de caractères distinctifs entre les deux catégories.

(1) Il semble que ce soit parmi les bolides de la catégorie des étoiles filantes que se trouvent les globes de feu les plus volumineux, Humboldt dit que plusieurs des bolides de la grande pluie de 1799 avaient de 1° à 1°15' de diamètre, ce qui serait plus de deux fois la grosseur de la lune. Pendant la pluie du 12 novembre 1833 si savamment étudiée par Olbers, en a fait des estimations très grandes aussi.

Différences au point de vue de la vitesse et des phénomènes sonores. — La vitesse, au contraire, permet déjà une distinction importante. Comme nous l'avons déjà dit (p. 21), on n'a presque jamais eu l'occasion jusqu'ici de mesurer avec précision la vitesse de progression de bolides ayant donné des météorites ; mais on a de nombreuses vitesses d'étoiles filantes et de bolides sans météorites, comme il en apparaît en grand nombre dans les aversés de météores. Or, ces dernières sont certainement incomparablement plus considérables que les précédentes. Et tout de suite, à cause des conclusions qui en pourront résulter pour notre opinion définitive, on peut remarquer que cette différence est homogène avec l'idée que le mouvement des étoiles filantes se fait autour du Soleil pour centre et celui des météorites autour de la Terre.

Je sais bien qu'on a essayé de rattacher à une différence de vitesse, provenant d'ailleurs d'une cause indéterminée, le fait que certains bolides laissent tomber un résidu matériel, tandis que les autres se consumeraient entièrement dans l'atmosphère. Mais l'explication n'est pas valable et la différence essentielle des deux classes de météores peut déjà résulter du bruit formidable des bolides à pierres comparé au silence absolu⁽¹⁾ des

(1) Dans quelques cas de grandes averses on a men-

étoiles filantes, même les plus grosses. Or, les premiers peuvent donner des pierres extrêmement petites comme à Hessle et la poussière et les détonations n'en sont pas pour cela moins intenses.

Matière qui paraît être apportée par les étoiles filantes. — Du reste, on n'est pas autorisé à supposer que les étoiles filantes n'apportent pas dans notre atmosphère de matière solide et, au contraire, tout porte à penser que ces météores sont avant tout constitués par des particules pondérables. Il est très important, à cet égard, de rappeler que lors de la grande averse d'étoiles filantes du 13 novembre 1833 si bien observée aux États-Unis et dont Olbers a fait une étude si complète, plusieurs femmes ont assuré avoir vu tomber et même recueilli des corps gélatineux.

L'astronome américain mentionne à cet égard cinq observations qu'il y a lieu de résumer :

1° Un nommé Galand, de Nelson C^o, raconte qu'ayant entendu une grosse goutte d'eau tomber dans le fond d'un tonneau, il la regarda immédiatement et découvrit une substance large comme une pièce de 25 sous (twenty five cents pièce) de

tionné de faibles bruits, mais que l'immense majorité des témoins n'avait pas entendus : ce n'est pas ce qui a lieu pour les bolides à météorites.

la consistance et de l'apparence de blanc d'œuf cuit, ou peut-être plus exactement de fragments d'une gelée animale ;

2° des habitants de New-Jersey virent les particules de la *pluie fœrique* frapper le sol sous la forme de morceaux de gelée ;

3° après le lever du Soleil on trouva une masse de matière gélatineuse que, vu sa structure singulière, on attribua à l'un des gros bolides de la nuit. Son apparence était celle du savon mou. Il possédait un peu d'élasticité et s'évaporait aussi vite que de l'eau ;

4° une femme qui trayait ses vaches à West-Point au moment du lever du Soleil vit quelque chose tomber devant elle qui avait l'apparence d'une pleine tasse à thé d'amidon cuit, si transparent, qu'elle voyait le sol au travers. Vers 10 heures, elle revint pour montrer l'objet à quelques personnes, mais il n'en restait plus aucun vestige ;

5° enfin un habitant de Hartford fut réveillé par le choc d'un globe de feu tombant contre sa fenêtre.

Au moment où je corrige ces épreuves, un savant géologue de Lisbonne, M. P. Choffat, me transmet la relation d'un fait datant du 31 juillet 1894 et qui présente avec les précédents une

certaine analogie. « Le bolide, dit mon correspondant, venait du N.E et serait tombé verticalement sur la rive gauche du Tage au lieu dit *Palença-di-Taixo*, à une centaine de mètres d'un paysan. En touchant terre, il éclatait, mit le feu aux broussailles et se divisa en deux. Une partie paraissant compacte se dirigea vers l'est, et une autre, plus petite et comme divisée en petites boules de feu, alla vers l'O.S.O. passant au-dessus du paysan et tomba, selon toutes probabilités, contre le flanc d'une colline, mais le point exact était masqué par des arbres. Il y avait environ 300 mètres entre ce point et celui où a eu lieu la division et l'incendie des herbes. Ayant eu connaissance de ce fait le 2 août, je m'y rendis immédiatement. Le paysan me montra la place incendiée, herbes sèches et broussailles basses et peu fournies, au milieu de laquelle se trouve un enfoncement circulaire d'environ 0^m,15 de diamètre et 0^m,05 de profondeur. Il me dit que, dans cette dépression, se trouvait une boule de la grosseur des deux poings, que le paysan remua avec une grosse tige, très forte pour une plante herbacée, mais moins forte qu'une baguette. Néanmoins il vit qu'elle se défaisait en une cendre feuilletée que le vent avait complètement enlevée lorsque je visitai la place ».

Absence de périodicité chez les météorites. — Toutefois, la partie la plus importante de notre démonstration repose sur l'examen des conditions astronomiques du phénomène météoritique, comparé à la chute des étoiles filantes, et nous devons constater tout d'abord que si des astronomes actuels comme le Professeur Newton (de New-Haven) persistent à vouloir confondre les deux choses, la distinction entre elles a déjà été très sagement développée par de solides esprits comme Olbers⁽¹⁾ et Lawrence Smith.

C'est à la suite de la découverte de M. Schiaparelli sur l'origine cométaire des étoiles filantes, démontrée par des circonstances de périodicité, qu'on a posé ce fait que les météorites ne sont que des étoiles filantes arrivant au contact du sol avant la combustion intégrale qui dissipe la plupart des météores cosmiques.

Or, comme nous l'avons déjà dit, c'est là sans aucun doute une assimilation aussi gratuite que celle en vertu de laquelle, à l'époque de la chute des météorites à Lucé (1768), on identifiait le phénomène météoritique à l'explosion de la foudre. Les savants du siècle dernier se fondaient sur la grossière apparence des deux manifestations na-

⁽¹⁾ *American Journal of Sciences and Arts*, t. XXVI, p. 132.

turelles, lumière et bruit à travers les airs ; aujourd'hui on est séduit par la circonstance commune aux deux ordres de faits météoriques, le passage dans l'atmosphère du globe lumineux.

Mais, à côté de cette analogie unique, les traits de dissemblance abondent car on ne saurait insister, comme on a voulu le faire, sur les résultats de l'analyse spectrale, qui montrent dans les gaz qu'on dégage des météorites, la même composition que dans la substance des comètes ; puisque cette conformité est commune à tous les corps faisant partie de notre monde astronomique.

Le fait capital sur lequel il faut insister tout d'abord c'est que si les étoiles filantes, comme les comètes, sont périodiques, les météorites ne le sont pas.

Il était, en effet, naturel de se demander si les dates des diverses chutes météoritiques sont liées d'une manière quelconque avec les différentes époques de l'année ; quelques météorologistes ont même fondé des théories sur la variabilité du nombre des chutes selon les mois.

Sans doute, il serait prématuré de nier d'une manière absolue que le phénomène révélera ultérieurement des maxima et des minima annuels.

Cependant, il faut convenir que, s'ils existent, ceux-ci sont bien peu sensibles. C'est ce dont on se convaincra par le tableau suivant qui comprend, réparties entre les 12 mois de l'année, 248 chutes *représentées* au Muséum d'histoire naturelle, et dont on connaît la date avec précision.

TABLEAU DES CHUTES REPRÉSENTÉES
AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS

Janvier

- 1796 — Belaja-Zerkwa.
- 1814 — Scholakoff.
- 1824 — Renazzo.
- 1835 — Mascombes.
- 1838 — Kaeë.
- 1844 — Cerro Cosina.
- 1845 — Louans.
- 1852 — Nellore.
- 1869 — Pultusk.
- 1869 — Angra do Reis.
- 1869 — Hessle.
- 1870 — Nedagolla.
- 1877 — Warrenton.
- 1877 — Cynthiana.
- 1879 — La Bécasse.

ABSENCE DE PÉRIODICITÉ CHEZ LES MÉTÉORITES

- 1883 — Saint-Caprais de Quinsac.
- 1886 — Nammianthal.
- 1887 — Bielo Krysnitichie.

Février

- 1785 — Eichtädt.
- 1814 — Doralla.
- 1815 — Bachmut.
- 1825 — Nanjemoy.
- 1827 — Mhow.
- 1839 — Little Piney.
- 1847 — Linn County.
- 1853 — Girgenti.
- 1857 — Parnallee.
- 1860 — Alexandrie.
- 1868 — Casale.
- 1875 — West Liberty.
- 1876 — Judesgherry.
- 1880 — Véramine.
- 1882 — Mocs.
- 1883 — Alfianello.
- 1886 — Assisi.
- 1887 — Taborg.

Mars

- 1798 — Salles.
- 1805 — Doroninsk.
- 1806 — Alais.

PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES À ÉLIMINER

- 1807 — Timoschin.
- 1811 — Kuleschowska.
- 1818 — Zaborzicy.
- 1841 — Gruneberg.
- 1843 — Bishopville.
- 1853 — Seegowlee.
- 1857 — Stawropol.
- 1859 — Harrisson County.
- 1863 — Rutlam.
- 1865 — Claywater.
- 1866 — Saint-Mesmin.
- 1868 — Daniels'Kuil.
- 1875 — Sithatali.
- 1875 — Szadany.
- 1879 — Itapicuru.
- 1881 — Middlesborough.
- 1884 — Djati Pengilon.
- 1890 — Collescipoli.

Avril

- 1803 — Laigle.
- 1804 — High Possil.
- 1806 — Parme.
- 1812 — Toulouse.
- 1812 — Erxleben.
- 1838 — Akburpur.
- 1840 — Steppe des Kirghis.
- 1842 — Milena.
- 1844 — Killeter.
- 1851 — Gutersloh.
- 1854 — Nerft.
- 1857 — Heredia.

ABSENCE DE PÉRIODICITÉ CHEZ LES MÉTÉORITES

- 1857 — Kaba.
- 1866 — Udipi.
- 1876 — Rowton.
- 1882 — Pawlowka.
- 1885 — Chandpur.
- 1887 — Lalitpur.
- 1889 — Landsaur.
- 1891 — Misshoff.
- 1891 — Indarsch.

Mai

- 1751 — Agram.
- 1808 — Stannern.
- 1826 — Paulograd.
- 1826 — Galapian.
- 1827 — Drake Creek.
- 1829 — Forsyth.
- 1831 — Vouillé.
- 1846 — Monte Milone.
- 1848 — Castine.
- 1855 — Bremerwörde.
- 1855 — Moustel Pank.
- 1858 — Kakowa.
- 1860 — New Concord.
- 1861 — Canellas.
- 1861 — Butsura.
- 1864 — Orgueil.
- 1865 — Gopalpur.
- 1865 — Mouza Khoorna.
- 1866 — Pokra.
- 1867 — Khetree.
- 1868 — Slavetic.

PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES A ÉLIMINER

- 1869 — Kernouve.
- 1869 — Krahenberg.
- 1871 — Searsmont.
- 1874 — Castalia.
- 1874 — Virba.
- 1875 — Kursk.
- 1877 — Hungen.
- 1879 — Estherville.
- 1884 — Tysne.
- 1890 — Forest City.
- 1892 — Beaver Creek.
- 1892 — Cross Roads.

Jun

- 1668 — Vérone.
- 1794 — Sienne.
- 1808 — Seres.
- 1819 — Jonzac.
- 1821 — Juvinas.
- 1822 — Angers.
- 1828 — Richmond.
- 1838 — Chandakapur.
- 1840 — Uden.
- 1841 — Château-Renard.
- 1842 — Aumières.
- 1843 — Utrecht.
- 1855 — Saint-Denis-Westrem.
- 1861 — Grosnaja.
- 1863 — Buschoff.
- 1864 — Dolgowola.
- 1866 — Knyahinya.
- 1867 — Tadjera.

ABSENCE DE PÉRIODICITÉ CHEZ LES MÉTÉORITES

- 1868 — Pnompehn.
- 1872 — Tennesim.
- 1873 — Jhung.
- 1876 — Stalldall.
- 1876 — Vavilowka.
- 1877 — Onodzé.
- 1880 — Nagaya.
- 1881 — Pacula.
- 1883 — Urba.
- 1889 — Mighei.
- 1860 — Farmington.

Juillet

- 1753 — Tabor.
- 1766 — Alboreto.
- 1790 — Barbotan.
- 1811 — Berlanguillas.
- 1820 — Lixna.
- 1837 — Gross Divina.
- 1838 — Montlivault.
- 1840 — Cereseto.
- 1842 — Barea.
- 1845 — Le Teilleul.
- 1847 — Braunau.
- 1850 — Dhurmsalla.
- 1868 — Ornans.
- 1872 — Authon.
- 1878 — Tieschitz.

PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES .

Août

- 1808 — Mooresfort.
- 1812 — Chantonnay.
- 1818 — Slobodka.
- 1822 — Agra.
- 1835 — Aldsworth.
- 1835 — Dikson.
- 1846 — Cape Girardeau.
- 1855 — Pétersburg.
- 1856 — Oviedo.
- 1863 — Shytal.
- 1863 — Pillitsfer.
- 1865 — Shergotty.
- 1865 — Aumale.
- 1870 — Murciè.
- 1876 — Feidchair.

Septembre

- 1753 — Luponnas.
- 1768 — Lucé.
- 1808 — Lissa.
- 1810 — Chartres.
- 1812 — Borodino.
- 1812 — Agen.
- 1813 — Limerick.
- 1822 — La Baffe.
- 1825 — Honolulu.
- 1836 — Aubres.

NCE DE PÉRIODICITÉ CHEZ LES MÉTÉORITES

- 1852 — Mezo Madaras.
- 1865 — Muddoor.
- 1868 — Sauguis Saint-Elieune.
- 1869 — Tjabé.
- 1869 — Yorktown.
- 1873 — Santa Barbara.
- 1873 — Khairpur.
- 1875 — Mornans.
- 1878 — Dandapur.
- 1879 — Bramudor.
- 1886 — Nowo Urej.
- 1887 — Phu Hong.

Octobre

- 1787 — Charkow.
- 1803 — Apt.
- 1815 — Chassigny.
- 1819 — Politz Gera.
- 1824 — Zebrack.
- 1827 — Bialystock.
- 1838 — Cold Bokkeweldt.
- 1844 — Favars.
- 1849 — Cabarras.
- 1857 — Ohaba.
- 1857 — Les Ormes.
- 1862 — Klein Menow.
- 1868 — Lodran.
- 1872 — Soko Banja.
- 1872 — Orvinio.
- 1883 — Ngawie.

Novembre

- 1492 — Ensisheim.
- 1768 — Mauerkirchen.
- 1773 — Sigena.
- 1804 — Hacienda de Boca.
- 1810 — Charsonville.
- 1822 — Fultehpore.
- 1833 — Blansko.
- 1836 — Macao.
- 1843 — Wechne Tschirskaja Stanitza.
- 1850 — Shalka.
- 1851 — Nules.
- 1856 — Trenzano.
- 1862 — Séville.
- 1868 — Danville.
- 1874 — Kerilis.
- 1877 — Cronstadt.
- 1878 — Rakowka.
- 1881 — Gross Liebenthal.
- 1889 — Jelica.

Décembre

- 1795 — Wold Cottage.
- 1798 — Benarès.
- 1805 — Mæssing.
- 1807 — Weston.
- 1813 — Luotalaks.
- 1846 — Schœnenberg.

ABSENCE DE PÉRIODICITÉ CHEZ LES MÉTÉORITES 91

- 1848 — Ski.
- 1852 — Borkut.
- 1852 — Busti.
- 1857 — Pegu.
- 1857 — Mincy.
- 1858 — Montrejeau.
- 1858 — Murcie.
- 1863 — Manbhoom.
- 1864 — Tourinnes la Grosse.
- 1866 — Cangas de Onis.
- 1868 — Frankfort.
- 1868 — Motecka Nugla.
- 1871 — Bandong.
- 1871 — Roda.
- 1876 — Rochester.

Ce tableau donne les nombres suivants :

Janvier	18
Février	18
Mars	21
Avril	21
Mai	33
Juin	29
Juillet	15
Août	15
Septembre	22
Octobre	16
Novembre	19
Décembre	21
	248

On voit qu'il ne paraît guère possible de tirer

de ces nombres une conclusion un peu nette. On serait toutefois tenté de conclure un maximum très sensible pour mai et un minimum en juillet et en août.

Seulement il ne faut pas oublier que ces inégalités changent de place avec la somme des observations qu'on fait intervenir. Je ne citerai à cet égard que les modifications successives résultant des accroissements de la collection du Muséum.

En 1867, j'ai publié une première courbe relative à 102 chutes et qui semblait indiquer deux maxima en juin et en novembre avec deux minima en janvier et en juillet.

En 1884, les chutes étant au nombre de 199, je trouvai deux maxima relatifs à mai et à septembre (ce dernier était un minimum dans la courbe précédente) et un minimum très net pour juillet et août.

Ajoutons qu'Arago groupant 206 observations, d'ailleurs plus ou moins authentiques, a donné des chiffres d'où il résulterait deux maxima évidents pour mars et pour juillet et un minimum très intense pour février. Greg, avec 181 observations, ferait croire à un maximum pour juillet et à un minimum pour décembre.

Il paraît légitime de conclure de ces faits que

le phénomène météoritique ne présente aucune périodicité et c'est un point extrêmement important à noter comme caractère distinctif par rapport à d'autres phénomènes qui émanent, comme les météorites, de la profondeur de l'espace et qui peuvent avoir avec elles, à d'autres égards, des ressemblances plus ou moins superficielles.

Absence de météorites pendant les pluies d'étoiles filantes. — Si les étoiles filantes et les météorites étaient deux formes d'un même phénomène, c'est pendant les pluies d'étoiles filantes qu'il devrait y avoir le plus de chances d'observer la chute des pierres ou des fers. Or, il est remarquable que cela n'a pas lieu ; jusqu'en 1885, on n'avait jamais vu de météorites coïncider avec une averse d'étoiles. Le 27 septembre 1885, il tomba cependant à Mazapil, au Mexique, pendant une pluie estimée à 75 000 étoiles à l'heure, une masse de fer de 8 livres anglaises, ayant d'ailleurs tous les caractères ordinaires des météorites.

Cette rareté est d'autant plus étrange, même dans l'opinion de l'indépendance absolue des deux phénomènes, qu'il tombe de temps en temps, et comme nous l'avons dit, de vraies averses de météorites, donnant jusqu'à 100 000 pierres comme on l'a assuré pour le phénomène de

Pultusk, en 1869. Or, de toutes ces chutes si abondantes, non seulement aucune n'a eu lieu durant une pluie d'étoiles filantes, mais encore aucune ne s'est produite en août ou en novembre, qui sont les époques les plus riches en débris cométaires : Knyahinya est du 9 juin; Laigle, du 26 avril; Pultusk, du 30 janvier; Mocs, du 3 février; etc. On ne voit pas pourquoi, d'une manière fortuite, il n'y aurait pas coïncidences de deux ordres de phénomènes; tellement que si, après l'indépendance tant de fois constatée, il arrivait qu'un jour une averse de météorites se superposât à une grande pluie d'étoiles filantes, on n'aurait aucun droit d'en conclure l'identité de nature et d'origine.

Il est vrai qu'on pourrait essayer d'expliquer la non concomitance des étoiles filantes et des météorites en insinuant que les unes et les autres dérivent d'un même tout, mais que, comme elles ont des dimensions fort différentes, un triage s'est réalisé entre elles. Mais alors, les éléments grossiers ainsi triés et qui sont les météorites devraient manifester, de leur côté, une périodicité qui, pour être différente, ne devrait pas être moins nette que celle des étoiles filantes.

Conclusion de ce chapitre. — En tous cas, si la communauté d'origine des deux catégories

de météores, même supposée réelle, ne se traduit par aucune circonstance constatable, il ne reste aucun motif de l'admettre. La plupart des astronomes qui discutent ces questions n'ont pas étudié en détail la structure des divers types de roches cosmiques. Les conditions extraordinairement complexes que suppose, par exemple, la constitution intime du célèbre fer de Pallas qui sera décrit plus loin, sont absolument incompatibles avec la supposition d'une origine cométaire et cet argument dispenserait d'en chercher d'autres.

DEUXIÈME PARTIE

LES CARACTÈRES INTIMES DES MÉTÉORITES

On a pendant fort longtemps été frappé de la ressemblance mutuelle des différentes météorites et peut-être l'analogie réelle de plusieurs pierres a-t-elle contribué pour sa part à faire admettre la réalité du phénomène.

Nous allons voir cependant qu'il y avait là une illusion et qu'en somme les divergences de caractère sont très nombreuses et très marquées d'une météorite à une autre. Mais auparavant il faut reconnaître qu'au moment de la chute et grâce à l'espèce de livrée qui résulte pour elles du trajet atmosphérique, les pierres qui tombent du ciel se ressemblent beaucoup.

Il faut donc consacrer deux chapitres successifs à l'examen des caractères extérieurs et à celui des caractères intimes.

CHAPITRE PREMIER

CARACTÈRES EXTÉRIEURS DES MÉTÉORITES

Poids des météorites. — Le poids des météorites complètes est extrêmement variable. On peut citer parmi les plus petites celles de Hesse, qui ne pèsent pas un gramme et font une sorte de transition vers les grains de poussière cosmiques, mais manifestent cependant les caractères de météorites complètes ayant comme elles une croûte superficielle entourant la roche normale qui les constitue.

Parmi les météorites les plus volumineuses, nous citons comme se trouvant au Muséum, celles de Juvinas (42 kilogrammes), de Juncal (104 kilogrammes), de Caille (640 kilogrammes) et de Charcas (780 kilogrammes). Le fer de Cranbourne (Australie), que possède le British Mu-

seum pèse 3 700 kilogrammes ; le fer de Bendego (Brésil), 7 000 kilogrammes ; le fer de Rubin de Celis (Chaco Gualamba, République Argentine), 15 000 kilogrammes.

Forme extérieure des météorites.— Quand les météorites ont conservé la surface qu'elles avaient au moment de leur chute, on reconnaît que leur forme générale est essentiellement fragmentaire. C'est toujours un polyèdre plus ou moins irrégulier dont les arêtes et les angles sont émoussés.

A première vue, il est très évident que cette forme résulte d'une fracture et par conséquent que les météorites sont des éclats de corps plus gros. On peut dire d'un mot qu'on l'imite dans tous ses détails en soumettant des fragments analogues à ceux qui constituent le macadam à une action érosive propre à diminuer l'acuité des angles et des arêtes.

Cette remarque est bien plus importante qu'il ne paraît à première vue, parce qu'on a souvent imaginé, pour expliquer les formes de météorites, des suppositions aussi compliquées qu'inutiles.

C'est spécialement ce qui a eu lieu pour rendre compte des dépressions plus ou moins cupuliformes dont la surface des météorites est pour

l'ordinaire recouverte et qu'on a comparée bien souvent à des *coups de pouce* sur une pâte molle. On a même tenté quelquefois d'y voir autre chose encore et Basset, dans ses notes à la traduction de la *Théorie de la terre* de Hutton témoigne qu'on a pris ces dépressions sur le *moreau de fer de l'Amérique méridionale* pour « l'impression de pieds humains et de pattes d'oiseaux ⁽¹⁾ ».

M. Daubrée, à la suite d'expériences sur les effets des explosions de dynamite, a pensé qu'il faut voir dans les *cupules* dont il s'agit un résultat d'arrachements. Il a émis l'hypothèse que les dépressions qui nous occupent et qu'il appelle *piézoglyphes* résultent d'affouillements exercés sur la surface des météorites pendant le trajet atmosphérique, par des tourbillons gazeux.

Il est de fait que des grains de poudre à canon, incomplètement brûlés, présentent des affouillements considérables et on pourrait même souvent leur reprocher d'être, à ce point de vue, beaucoup plus beaux que nature, les météorites n'offrant pas de cavités aussi profondes que les leurs. De même, des barres de fer rompues par

(1) *Explication de Playfair*, etc., p. 151, Paris, 1815.

l'explosion de la dynamite ont souvent présenté des érosions diversement orientées.

M. Maskelyne qui ne partage en aucune façon cette manière de voir, a proposé une autre opinion. Selon lui (1), la chaleur produite par la résistance atmosphérique fond la surface de la météorite; la matière fondue est rejetée aussi vite qu'elle est produite et la chaleur commence rapidement à pénétrer vers l'intérieur de la masse. On peut supposer que le manque d'homogénéité de celle-ci procure à la chaleur plus de facilité pour pénétrer en certains points qu'en certains autres, de façon que l'expansion soudaine due à la pénétration presque instantanée de cet énorme flux de chaleur arrache de petits fragments de la surface produisant ainsi la dépression particulière qu'il s'agit d'expliquer.

Outre que nous avons des preuves multiples que la chaleur intense n'a aucunement pénétré sous la croûte des météorites, puisque leur matière très impressionnable n'a pas été modifiée, il importe de remarquer ici que l'origine des dépressions naturelles est certainement beaucoup plus simple que les savants cités plus haut ne l'ont supposé.

(1) *Chemical Society of London*, février 1877.

On peut s'assurer qu'elle représente tout simplement le résultat de l'éroussement de cassures subies par les roches météoritiques. Parmi les échantillons du Muséum qui légitiment le mieux cette opinion, je citerai une météorite de la chute de Laigle (26 avril 1803) qui présente une *encoche* manifestement liée à une fissure ou *joint* qui traverse la roche météoritique. L'opinion qu'on retire de la vue de cet échantillon et de plusieurs autres de la collection, c'est que l'encoche dérive réellement d'un éroussement pur et simple d'une cassure à angle rentrant.

La même pierre présente aussi des dépressions grossièrement hémisphériques plus ou moins groupées. Or, loin de se montrer comme le résultat d'un taraudage, elles semblent dériver manifestement, à l'instar de l'encoche elle-même, d'un simple vernissage de cassure primitivement anguleuse. En effet, la roche est richement pourvue de matériaux globulaires, les uns pierreux, les autres métalliques qui, au moment de la cassure, laissent sur la paroi qu'ils quittent leurs empreintes en creux ; de plus, ces roches grenues se cassent souvent sous le choc de façon à présenter des dépressions anguleuses plus ou moins pyramidales. L'adoucissement des angles de ces pyramides rentrantes, doit donner des cavités gros-

sièrement hémisphériques. Je citerai comme légitimant cette affirmation un échantillon de la chute du 9 décembre 1858 à Montréjeau (Haute-Garonne) et dont la cassure montre des cavités du genre de celles qui nous occupent et qui n'auraient besoin que d'un bien faible travail de ciselure pour devenir des *piézoglyphes* des mieux caractérisées.

Du reste, un autre argument en faveur de cette manière de voir est fourni par les grenailles métalliques formant de fortes saillies, sur la croûte de maintes météorites (Salles, Tadjéra, etc.). Si, dans ces pierres, les tourbillons de gaz oxygéné avaient joué un rôle prépondérant, c'est évidemment sur les grenailles qu'ils se seraient fait sentir de préférence et celles-ci, en disparaissant par combustion, auraient déterminé la production de cavités : c'est le contraire qui a eu lieu et la collection du Muséum montre que le fait s'est très fréquemment répété.

Il est intéressant d'ajouter que l'expérience est venue confirmer d'une manière très imprévue l'explication par érosion simple des accidents de forme des météorites. Il s'agit d'échantillons de ciment de Portland, fabriqués par un procédé qui exige un refroidissement très rapide des pierres cuites : les pierres, chauffées à blanc, sont

exposées à un courant forcé d'air froid. Les conditions des météorites sont donc exactement renversées puisque c'est l'air qui se meut ici ; mais l'effet produit est le même. Or, dans les parties où les masses chaudes sont frappées par le courant, leur aspect anguleux change complètement. Il se produit une surface lisse, avec des dépressions arrondies qui ressemblent tout à fait à la surface des météorites. Au moment où le courant d'air frappe les pierres chauffées à blanc, il s'en détache une poussière brûlante fournie par les aspérités des blocs d'abord anguleux.

On comprend, à la vue de ces produits artificiels, comment sur les météorites, la direction des sillons d'érosion permet de retrouver la situation des blocs pendant leur trajet atmosphérique, de déterminer leur *face ventrale* et leur *face dorsale* et de reconnaître les diverses rotations qu'ils ont pu subir successivement ou simultanément.

C'est un sujet que Haidinger a le premier étudié avec beaucoup de détails à propos de météorites de Juvinas, de Krahenberg, de Tuzon et de quelques autres.

Il est important d'ajouter que l'hypothèse de la *simple érosion* substituée à l'idée d'explosions et d'arrachements violents, conduit très simple-

ment à l'interprétation de la forme ordinaire des météorites, forme que Haidinger désignait sous le nom caractéristique de *leitform* et qui manifeste d'une façon si nette le sens du travail érosif subi par les pierres.

Croûte noire extérieure. — Une particularité presque constante des météorites, déjà mentionnée p. 35, c'est l'existence à leur surface d'une croûte ou écorce qui contraste par sa couleur et par son aspect avec la substance générale de l'intérieur.

Il y a cependant quelques météorites dépourvues de croûte et on a d'abord interprété cette circonstance d'une façon tout à fait erronée. J'ai fait voir que le fait tient à ce que toute la masse a, dans ce cas, subi les modifications qui d'ordinaire sont limitées à la région la plus superficielle et qu'on pourrait presque aussi justement considérer ces météorites, dont celles de Tadjera est un exemple très connu, comme étant entièrement converties en croûte que comme dénuées de cette croûte même.

Dans l'immense majorité des cas, la croûte des météorites est noire. Il y a cependant quelques pierres qui présentent une croûte blanche ou à peine colorée. A cet égard la plus caractérisée est la météorite de Bishopville (25 mars 1843) dont

la surface est en beaucoup d'endroit d'un blanc tout à fait pur ⁽¹⁾.

Quand elle est noire, la croûte peut avoir, suivant les cas, trois aspects différents principaux. Quelquefois elle est extrêmement brillante et comme vernissée, présentant des rides et des bourrelets dont l'examen indique très nettement le sens de progression du projectile au travers de l'atmosphère. C'est le cas des météorites de Stannern (22 mai 1808), de Juvinas (15 juin 1821), de Jonzac (13 juin 1819), du Teilleul (14 juillet 1845) et de quelques autres qui présentent en commun ce trait caractéristique d'être beaucoup plus facilement fusible que la grande majorité des météorites.

D'autres fois, la croûte noire, extrêmement lisse, se détache très facilement de la masse sous-jacente et se signale par sa très grande attirabilité au barreau aimanté. On ne trouve ce genre

(1) Il est impossible de ne pas mentionner à cette occasion une note tout à fait récente de M. Hinrichs où l'on trouve la description d'une météorite noire qui serait recouverte d'une croûte blanche (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (juin 1894). Mais cette pierre que l'auteur qualifie de *météorite inverse* paraît être revêtue d'une couche de sulfure de calcium (oldhamite) dont la production suppose des conditions bien rarement réalisées.

de croûte que sur des météorites entièrement ou presque entièrement métalliques comme celles de Braunau (14 juillet 1847), d'Ilassi Iekna (lombée vers 1889).

Le plus souvent la croûte qui recouvre les météorites est noire et mate; elle est ordinairement mince. Dans certains cas, elle est au contraire relativement épaisse et alors très peu adhérente. C'est surtout ce qui a lieu pour les météorites, du type ornansite; Ornans, Doubs (11 juillet 1868); Warrenton, Missouri (1^{er} janvier 1877).

Bien que l'histoire complète de la croûte noire des météorites se rapporte à un ordre de faits qui nous occupera plus loin sous le nom de *Métamorphisme météoritique*, il est indispensable de dire ici qu'on est parvenu à l'imiter.

Elle résulte évidemment de l'application de la chaleur, mais sa production suppose que les parties internes ne subissent pas l'échauffement éprouvé par la zone tout à fait superficielle. Si on chauffe une météorite ordinaire jusqu'au rouge on la rend noire jusqu'au centre et par conséquent on ne la revêt pas de la croûte; elle ressemble alors exactement, comme je l'ai fait voir, à la météorite de Tadjera et à ses analogues.

Pour réussir, il faut que l'échauffement

extrêmement brusque de la surface ne pénètre pas dans la pierre. Howard, le premier ⁽¹⁾, en déchargeant sur l'une des pierres de la chute de Benarès « l'étincelle d'une batterie électrique de 37 pieds carrés de surface armée » a réussi à la recouvrir sur tout le parcours du fluide d'une teinte noire identique à celle de la croûte.

Récemment M. Daubrée a obtenu un résultat pareil en faisant détoner du coton-poudre au contact d'une météorite renfermée dans l'éprouvette employée couramment dans l'examen des explosifs ⁽²⁾. Toutes les portions de la pierre léchées par les gaz incandescents ont pris les caractères de la croûte naturelle et l'échauffement a été trop subit et trop éphémère pour que les portions internes en aient été influencées.

(1) *Annales de chimie*, t. XLIII, p. 249.

(2) *Les régions invisibles du globe et de l'espace céleste*, p. 168.

CHAPITRE II

LITHOLOGIE DES MÉTÉORITES

L'analyse des météorites, commencée dès le siècle dernier, a été successivement envisagée au point de vue chimique, au point de vue minéralogique et au point de vue lithologique.

La composition chimique a révélé ce fait que les masses tombées du ciel sont exclusivement faites des mêmes éléments que les masses terrestres et nul appui n'a eu autant de force pour étayer le grand principe de l'unité de constitution de l'univers physique.

Au point de vue minéralogique, les résultats ont été différents. On a reconnu qu'à côté d'un certain nombre d'espèces qui sont communes à la minéralogie terrestre et à la minéralogie sidérale, il y en a eu d'autres qui appartiennent seulement à l'une ou à l'autre.

Pour ce qui concerne la lithologie, on constate de même que le nombre des roches communes aux météorites et aux masses terrestres est très restreint. Avant d'insister sur cette comparaison, nous allons passer en revue les principaux types jusqu'ici représentés par les masses tombées du ciel.

Ils sont actuellement, d'après les études que j'ai poursuivies dans la collection du Muséum, au nombre de soixante-quatre, comprenant environ 400 localités différentes et se répartissent inégalement en trois groupes que nous examinerons successivement sous les noms de : 1° Fers météoritiques proprement dits ; 2° fers météoritiques associés à des minéraux pierreux ; 3° pierres météoritiques.

I. FERS MÉTÉORITIQUES PROPREMENT DITS

Ils se subdivisent en homogènes et en bréchoïdes.

A. FERS MÉTÉORITIQUES HOMOGENES

Les fers météoritiques constituent des roches très singulières qui sont formées d'un métal compacte tout à fait pareil pour l'aspect à l'acier

le mieux fabriqué. Leur composition est d'ailleurs bien moins simple qu'on ne croirait d'après cette apparence. L'analyse montre que la plus grande partie renferme à la fois du fer et du nickel et dans ce *fer nickelé* sont réparties diverses substances dont les plus faciles à caractériser sont un sulfure voisin de la *pyrhotine* terrestre, un phosphore appelé *schreibersite*, des écailles de *graphite*, etc. Le fer nickelé est souvent fort complexe : une expérience très ingénieuse, imaginée par le physicien Widmannstætten, montre qu'il consiste dans l'assemblage de lamelles formées d'alliage définis mais différents les uns des autres. Les principaux sont appelés *tænite*, *kamacite*, *plessite*, *octibehine*, *braunine*, etc., etc.

Pour faire l'expérience de Widmannstætten on produit sur un fer ou à travers de sa masse une surface plane, puis on la polit avec soin et, cela fait, on la soumet à l'action d'un acide, de l'acide chlorhydrique par exemple. Au lieu de s'attaquer uniformément comme ferait du fer terrestre, le métal céleste laisse apparaître souvent un réseau admirablement dessiné, qui doit son origine à ce que divers alliages, inégalement attaquables, occupent les uns vis-à-vis des autres des situations très régulières. En poussant

l'attaque à un degré convenable, la surface primitivement unie du fer se transforme en un véritable *cliché* dont on peut tirer des épreuves comme d'une planche gravée.

En comparant les différents fers, on constate que certains sont faits d'un seul alliage, d'autres de deux ou de trois et cette différence donne la raison des divisions les plus générales.

FERS CONSTITUÉS PAR UN SEUL ALLIAGE

Les fers constitués par un seul alliage essentiel peuvent être classés en deux groupes, suivant qu'ils sont cristallisés en cube (hexaèdre) ou en octaèdre.

Premier groupe : fers cubiques. — Quatre types doivent être distingués ici d'après la nature de l'alliage essentiel qui peut être : 1° l'octibbéhine (FeNi^2) ; 2° la catarinine (Fe^2Ni) ; 3° la braunine (Fe^{16}Ni) ou 4° le coahuiline dont la composition diffère peu de la précédente, mais qui s'en distingue nettement par ses caractères physiques.

1^{er} TYPE : OCTIBBÉHITE. — Roche métallique, malléable, à grains fins et prenant bien le poli. — *Densité* : 6,854 (Taylor). — *Composition minéralogique* : Formée surtout d'un

alliage de fer et de nickel, remarquable par la proportion exceptionnelle de ce dernier métal. La composition de cet alliage qui a été désigné sous le nom d'octibbéhine se représente par la formule FeNi^2 . — Outre cet alliage, la roche renferme des grains de schreibersite ou phosphure triple de fer, de nickel et de magnésium, plus ou moins distincts. Les acides n'y font pas apparaître de figures de Widmannstættén et, seulement dans les cas peu nombreux, provoquent l'apparition de quelques filaments irréguliers. La structure est cubique.

2° TYPE : CATARINITE. — Roche métallique très peu malléable et se brisant sous le marteau, donnant des clivages cubiques, prenant très bien le poli, à structure souvent fragmentaire et dont les diverses parties sont alors soudées entre elles par un ciment formé surtout de fer sulfuré. — *Densité* : 7,52 à 7,775 (Lunay). — *Composition minéralogique*. La substance de beaucoup prédominante est un alliage de fer ou de nickel désigné sous le nom de *catarinine* et qui répond sensiblement à la formule Fe^2Ni . — Outre cet alliage, la roche renferme plusieurs substances dont les plus caractérisées sont la pyrrhotine, la millérite, la schreibersite, le graphite. — Les acides ne donnent point de figures. Cependant en

quelques régions généralement très circonscrites, ils mettent en évidence de la schreibersite disposée d'une façon plus ou moins régulière. J'ai fait à cet égard de nombreuses observations sur les volumineux échantillons du Muséum, où des contextures très variées peuvent être observées suivant les points.

La structure du fer de Sainte-Catherine est cubique ; elle se révèle facilement par trois systèmes de fissures qui débitent la masse en parallélépipèdes et dont la collection du Muséum possède plusieurs milliers. Les fissures dont il s'agit sont uniformément tapissées de sulfure et garnies de paillettes phosphurées qui éclairent l'histoire de la masse.

3^e TYPE : BRAUNITE. — Roche métallique d'un blanc mat, prenant un poli bien moins brillant que la plupart des autres fers météoritiques ; on y voit, après l'action des acides, des délinéaments de figures qui conduisent à reconnaître la structure cubique de la roche sans mélange de modifications octaédriques. — *Densité* : 7,71 (Beinert). — *Composition minéralogique* : Formé surtout de l'alliage Fe¹⁶Ni, auquel j'ai donné le nom de *braunine*. Dans les échantillons les mieux constitués, cet alliage fondamental est associé à de très nombreux cristaux quadratiques d'un phos-

phure de fer différent de la schreibersite, et que G. Rose a appelé rhabdite, nom qui fait allusion à sa forme bacillaire. Suivant les variétés de braunite, la rhabdite est en grains plus ou moins discernables et parfois même difficiles à voir (Cap de Bonne-Espérance). Parfois la schreibersite véritable est associée à la rhabdite (Dacotah). On trouve dans certains échantillons un peu de tœnite (Santa Rosa) et la pyrrhotine est fréquente (Fort-Duncan).

4° TYPE : COAHUILITE. — Roche métallique prenant bien le poli, assez fragile sous le marteau. — *Densité* : 7,81 (Smith). — *Composition* : Un alliage prépondérant renfermant 96 % de fer et 4 % de nickel, voisine de la braunine, mais en différant nettement par son grain et par sa solubilité moins rapide dans les acides. *Structure cubique*.

Deuxième groupe : fers octaédriques.

— 5° TYPE : NELSONITE. — Roche métallique relativement peu malléable et se brisant sous le choc du marteau, prenant bien le poli. — *Densité* : 7,14 à 7,71. — *Composition minéralogique* : Formée surtout par un alliage de fer et de nickel désigné sous le nom de kamacite et répondant à la formule $Fe^{14}Ni$ qui exige 93 % de fer et 7 de nickel. On y aperçoit aussi de très petites

lamelles de tœnite et, au début de l'attaque par les acides, un alliage en petites mouches d'un blanc d'argent qui donnent d'abord une figure piquetée très remarquable. Cette circonstance, qui se présente avec différents fers météoritiques, est ici spécialement nette. C'est un premier temps auquel succède la figure proprement dite.

Aux fers nickelés sont associés d'autres minéraux comme la pyrrhotine, en rognons cylindroïdes plus ou moins gros, le graphite et la schreibersite, spécialement autour des cylindres ou canons formes de sulfures.

6° TYPE : BENDÉGITE. — Roche métallique très malléable, s'aplatissant sous le marteau et prenant bien le poli. — *Densité* : 7,68. — *Composition minéralogique* : Formée surtout de kamacite en poutrelles grosses et longues, de sorte que les figures de Widmannstœtten sont remarquables par la largeur de leurs éléments qui atteignent fréquemment 2 millimètres de largeur et 25 millimètres de long, avec une allure uniforme qui contraste avec la disposition tourmentée du même alliage dans la nelsonite.

7° TYPE : ARVAÏTE. — Roche métallique assez malléable, se polissant très bien. — *Densité* : 7,81. — *Composition minéralogique* : Formée surtout de kamacite, mais qui se trouve ici as-

sociée à une proportion extrêmement notable de schreibersite en grosses baguettes disposées sous des angles qui conduisent à l'octaèdre. Ces baguettes apparaissent sur une surface sciée et polie sans qu'il soit nécessaire de la soumettre à l'expérience de Widmannstœtten. L'acide y dessine ensuite une figure dont les grandes lignes sont ordonnées comme les baguettes de schreibersite et où apparaît la prédominance de la kamacite et la coexistence avec elle de plusieurs minéraux très inégalement distribués, dont les plus faciles à déterminer, outre la schreibersite, sont la tænite en proportion très faible, la pyrrhotine et le graphite. C'est dans l'arvaïte qui a été découvert le diamant météoritique.

La composition purement chimique n'a qu'un intérêt très minime à cause de l'hétérogénéité de la roche. Bergemann (1) donne 78 % de fer dans Arva et Auerbach (2) 95 dans Sarepta. Mais le premier note 15 % de sulfure et l'autre n'en rencontre pas trace. Cet exemple dispense d'en citer d'autres.

8° TYPE : TUCZONITE. — Roche métallique dont le poli est toujours très imparfait et qui ren-

(1) *Poggendorf's Annale*, t. C, p. 245.

(2) *Wien Acad. Bericht*, t. LXIX.

ferme visiblement des matières hétérogènes en petits grains. — *Densité* : 6,52 à 7,13 (L. Smith). — *Composition minéralogique* : Alliage particulier de fer et de nickel renfermant plus de 10 % de ce dernier métal (tucsonine).

FERS CONSTITUÉS PAR LE MÉLANGE DE DEUX
ALLIAGES ESSENTIELS

Premier groupe : Mélange de la Tænite avec la Plessite. 9° TYPE : JEWELLITE. — Roche métallique très compacte, malléable, prenant bien le poli. — *Densité* : 7,69. — *Composition minéralogique* : Association en quantité sensiblement équivalente de la tænite avec la plessite.

10° TYPE : MADOCITE : Roche métallique assez peu malléable et prenant bien le poli. — *Densité* : 7,7. — *Composition minéralogique* : Plessite prépondérante à texture noduleuse et tænite en lamelles très fines, plus ou moins irrégulières.

11° TYPE : IÉKNITE. — Roche métallique très compacte, prenant bien le poli. — *Densité* : 7,59. — *Composition minéralogique* : Plessite tout à fait prépondérante avec de fines lamelles de tænite.

12° TYPE : DICKSONITE. — Roche métallique malléable, prenant très bien le poli. — *Densité* : 7,71 (Smith). — *Composition minéralogique* :

Sensiblement la même que la jewellite, formée surtout de tænite et de plessite, mais avec prépondérance de ce dernier alliage. On aperçoit en maints endroits des grains fort petits de schreibersite. Les figures très fines que donnent les acides diffèrent nettement de celle de la jewellite.

13° TYPE : TAZEWELLITE. — Roche métallique très cristalline, prenant bien le poli, mais paraissant pointillée par suite de la présence de très nombreux petits grains disséminés de toutes parts. — *Densité* : 7,88 à 7,91 (Smith). — *Composition minéralogique* : Formée avant tout de l'alliage de fer et de nickel désigné sous le nom de tænite et répondant à la formule Fe^6Ni ; on y reconnaît en outre une proportion variable de plessite, beaucoup de schreibersite et de gros rognons de pyrrhotine. L'analyse y décèle une proportion sensible de silicate de magnésie attaquant aux acides et de nature péridotique.

14° TYPE : ROCITE. — Roche métallique peu malléable, se brisant sous le marteau, prenant assez bien le poli. — *Densité* : 7,1. — *Composition minéralogique* : Tænite et plessite, avec une grande quantité de pyrrhotine.

Deuxième groupe : Mélange de la Kamacite avec la Plessite. 15° TYPE : SCHWETZITE. — Roche métallique très cohérente, prenant bien

le poli. — *Densité* : 7,69. — *Composition minéralogique* : Mélange de kamacite en poutrelles larges et de plessite.

16° TYPE : LOCKPORTITE. — Roche métallique très malléable, cristalline, prenant bien le poli. — *Densité* : 7,65. — *Composition minéralogique* : Mélange de la kamacite en poutrelles finement hachées, prédominantes, et de la plessite.

Troisième groupe : Mélange de la Tænite avec la Braunine. 17° TYPE : BURLINGTONITE. — Roche métallique malléable, prenant bien le poli. — *Densité* : 7,728 (Clark). — *Composition minéralogique* : Formée par le mélange de la tænite avec la braunine prédominante. On y distingue de la pyrrhotine et de la schreibersite.

FERS CONSTITUÉS PAR LE MÉLANGE DE TROIS
ALLIAGES ESSENTIELS

Premier groupe : Mélange de la Kamacite avec la Tænite et la Plessite. 18° TYPE : CAILLITE. — Roche métallique prenant très bien le poli, très cristalline. — *Densité* : 7,5. — *Composition minéralogique* : Formée surtout par le mélange de la tænite avec la kamacite et la plessite remplie de ponctuations noires. On voit dans la masse des rognons parfois volumineux de pyrrhotine et de grains irréguliers de schrei-

bersite. Les acides donnent une figure des plus nettes.

19° TYPE : THUNDITE. — Roche métallique prenant bien le poli. — *Densité* : 7,29. — *Composition minéralogique* : Kamacite en poutrelles tuberculeuses, tœnite et plessite.

20° TYPE : LENARTITE. — Roche métallique malléable, prenant très bien le poli. — *Densité* : 7. — *Composition minéralogique* : Mélange de tœnite, de kamacite et de plessite.

21° TYPE : AGRAMITE. — Roche métallique malléable, prenant bien le poli. — *Densité* : 7,73. — *Composition minéralogique* : Association de la kamacite en poutrelles arrondies, courbes et hachées avec la tœnite peu abondante, en lamelles assez régulières, et la plessite en champs larges et à peu près dépourvue de ponctuations noires.

Deuxième groupe : Mélange de la Kamacite avec la Tœnite et la Carltonite.

22° TYPE : CARLTONITE. — Roche métallique cohérente, prenant très bien le poli. — *Densité* : 7,69. — *Composition minéralogique* : Association de kamacite, de tœnite et d'un alliage jouant le rôle de la plessite (carltonine), mais beaucoup moins oxydable, en grains plus fins et n'admettant jamais de peignes ou de grils.

B. FERS MÉTÉORIQUES HÉTÉROGÈNES OU BRÉCHOIDES

23° TYPE : KENDALLITE. — Roche métallique fragile, prenant un poli fort inégal, suivant les points. — *Densité* : assez variable suivant les échantillons, de 6,94 à 7,10. — *Composition minéralogique* : C'est une brèche composée de fragments juxtaposés de fers dans lesquels l'expérience de Widmannstættén révèle une structure très variable.

Outre ces types bien définis, il existe un certain nombre de fers météoritiques qui ne peuvent pas y être rattachés, faute de caractères précis.

II. FERS MÉTÉORITIQUES ASSOCIÉS A DE LA MATIÈRE PIERREUSE

Ce sont des fers comparables aux précédents mais renfermant dans leur masse des fragments disséminés de nature pierreuse et d'aspect très variable suivant les cas.

24° TYPE : PALLASITE (G. Rose). — Roche for-

mée d'une pâte métallique, renfermant des cristaux pierreux fragmentaires et verdâtres. La partie métallique est cristalline, malléable et prend bien le poli. — *Densité* : Du fer, 7,16 à 7,864 (Rumler), de la pierre 3,43 (Rumler). — *Composition minéralogique* : La partie métallique consiste en tœnite, kamacite et catarinite, elle renferme de la schreibersite et du graphite. La partie pierreuse consiste en péridot. Les acides dessinent sur le fer, préalablement poli, des figures très nettes qui sont manifestement ordonnées d'après le contour des grains silicatés.

25° TYPE : BRAHINITE. — Roche formée d'un réseau métallique empâtant des fragments pierreux. Cette roche prend très bien le poli. — *Densité* : 7,58 (Rumler). — *Composition minéralogique* : L'analyse minéralogique de la partie métallique n'a pas été faite, mais d'après l'examen des figures en même temps que des chiffres fournis par l'analyse chimique, on peut croire que la kamacite et la tœnite y dominant. On y trouve aussi une quantité variable de schreibersite. La pierre paraît essentiellement formée de péridot et de pyroxène. Les figures données par les acides sont très nettes.

26° TYPE : LODRANITE. — Roche d'apparence pierreuse, très cristalline, dans laquelle se ramifie

un fin réseau métallique qui sert de ciment à toute la masse. — *Densité* : 5,8. — *Composition minéralogique* : Périidot et bronzite réunis par un réseau de fer nickelé.

27° TYPE : ATACAMAÏTE. — Roche formée d'une pâte métallique renfermant des fragments rocheux grisâtres. La pâte métallique est malléable et prend bien le poli. — *Densité* : du fer, 7,5, de la pierre, 3,3. — *Composition minéralogique*. La partie métallique est essentiellement composée de kamacite et de tœnite. Les grains pierreux consistent en dunite, c'est-à-dire en une roche où sont en mélange le périidot, la pyroxène et la chromite.

28° TYPE : DÉÉSITE. — Roche formée d'une pâte métallique renfermant des fragments pierreux anguleux et d'un noir profond. La partie métallique offre une cristallisation confuse et prend bien le poli ; la pierre elle-même est fort dure et se polit bien. — *Densité* : du fer, 7,5110 (Stanislas Meunier) ; de la pierre 3,589 (le même). — *Composition minéralogique* : La partie métallique présente rigoureusement la composition de la caillite (type n° 18), mais elle n'en a pas la structure, ainsi qu'en témoigne l'absence de figure proprement dite sous l'action des acides. La partie pierreuse

offre rigoureusement la composition de la tad-jérite (type n° 48).

29° TYPE : RITTERSGRUNITE. — Roche formée par l'enchevêtrement d'un double réseau, l'un métallique et l'autre pierreux. — *Densité* : 2,50 (Rumler); — *Composition minéralogique* : le métal contient de la kamacite et de la tænite; la pierre est formée de bronzite mélangée à du quartz de la variété asmanite.

30° TYPE : LOGRONITE. — Roche formée de minéraux lithoïdes très dominants renfermant des grenailles très grosses et très abondantes de fer; le tout étant traversé par un fin réseau métallique. La partie pierreuse est très cristalline et dans beaucoup de régions constituées par des lamelles fort brillantes. La partie métallique est également très cristalline. La roche prend très bien le poli. — *Densité* : 5,64 (Domeyko). — *Composition minéralogique* : Les grains de fer paraissent formés surtout de kamacite et de tænite. On y trouve de la schreibersite. La pierre résulte du mélange d'un minéral voisin du péridot avec un silicate plus acide analogue au pyroxène.

31° TYPE : TOULITE. — Roche essentiellement bréchiforme constituée par la juxtaposition de fragments métalliques et de fragments pierreux;

anguleux, les uns et les autres. Le fer est cristallin et prend très bien le poli. — *Densité* : du fer, 7,332 (de Haidinger); de la pierre, 4,153 (le même). — *Composition minéralogique*. — Le fer, dont l'analyse minéralogique n'a pas été faite, paraît se rapprocher beaucoup de la burlingtonite. Il renferme des quantités très sensibles de schreibersite et de fer chromé, ainsi que des traces de pyrrhotine. La matière pierreuse paraît formée d'un mélange de péridot, de labrador et d'augite; mais cette composition minéralogique est simplement déduite par le calcul de la composition élémentaire.

III. PIERRES MÉTÉORITIQUES

32° TYPE : ERXLÉBÉNITE. — Roche grise éminemment cristalline, à grains très fins, dure et prenant très bien le poli. — *Densité* : 3,6132 (Hausmann et Stromeyer) à 3,747 (Pisani). — *Composition minéralogique* : Cette roche résulte du mélange d'un silicate voisin du péridot avec un silicate analogue au pyroxène ou à l'amphibole. On y observe une assez grande quantité de fer nickelé, un peu de pyrrhotine et des traces de fer chromé et de minéraux alumineux.

33° TYPE : MÉNITE. — Roche éminemment cristalline, voisine pour l'aspect de la précédente et s'en distinguant surtout par sa couleur plus foncée et par sa cohésion un peu moindre. — *Densité* : 3,65 à 3,80. — *Composition minéralogique* : La roche est constituée par un mélange de périclase et de bronzite, avec un peu d'anorthite. On voit, au milieu des silicates qui sont très prépondérants, de petites grenailles de fer nickelé et quelques mouches de pyrrhotine.

34° TYPE : BUTSURITE. — Roche éminemment oolithique. Les globules, assez petites et de couleur noire, sont remarquables par l'uniformité de leur volume. Le ciment qui les relie est blanchâtre, nettement cristallin et friable. — *Densité* : 3,562 (Rumler), à 3,60 (Maskelyne). — *Composition minéralogique* : Des études incomplètes ont permis de constater la présence d'une matière analogue à l'olivine, d'un minéral plus acide, des grains irréguliers de fer nickelé et de petites quantités de pyrrhotine. Le fer nickelé est abondant et apparaît surtout sur les surfaces polies. Cette roche se rapproche beaucoup de la précédente, dont elle diffère, quant à ses caractères extérieurs, par le volume plus faible de ses globules.

35° TYPE : SIGÉNITE. — Roche grise, oolithi-

que, dont chaque globule représente une *druse* cristalline très brillante. De petits grains jaunes se font remarquer çà et là. — *Densité* : 3,6382 (Rumler) à 3,81 (Curioni). — *Composition minéralogique* ; Mélange d'augite, d'enstatite et de fer nickélifère.

36° TYPE : BÉLAJITE. — Roche friable renfermant des grains noirs sphériques, ressemblant à du gros plomb de chasse. — *Densité* : 3,4763 (Rumler) à 3,74 (le même). — *Composition minéralogique* : Aucune analyse minéralogique de cette roche n'a été publiée jusqu'ici, du moins à notre connaissance.

37° TYPE : BUSTITE. — Roche blanchâtre, bréchoïde prenant bien le poli. — *Densité* : ? — *Composition minéralogique* : la roche résulte du mélange de l'enstatite avec le pyroxène diopside ; elle renferme du fer nickelé, et divers minéraux qui jusqu'ici paraissent lui appartenir d'une manière exclusive, l'oldhamite (sulfure de calcium) ⁽¹⁾ et l'osbornite (oxysulfure de calcium avec zirconium et titane).

38° TYPE : RENAZZITE. — Roche formée d'une

(1) Nous avons vu toutefois, que M. Hinrichs annonce le sulfure de calcium dans une autre pierre dont il ne dit pas la localité et qui ressemble par sa couleur noire à la tadjérite.

pâte noire vitreuse renfermant un grand nombre de globules blancs assez réguliers. — *Densité* : 3,2442 (Rumler). — *Composition minéralogique* : Cette roche paraît contenir un silicate magnésien particulier ; on y distingue en outre au microscope de petits cristaux de péridot, du fer nickelé, du fer chromé et de la pyrrhotine.

39° TYPE : MANBHOOMITE. — Roche grise pseudo-porphyroïde, peu cohérente. La pâte, d'un gris très clair, renferme des parties assez volumineuses plus foncées qui paraissent être des cristaux. — *Densité* : 3,42 (de Haidinger). — *Composition minéralogique* : L'analyse minéralogique de cette roche n'a pas été faite jusqu'ici. Les silicates magnésiens y prédominent ; la pyrrhotine s'y voit en amas quelquefois assez gros.

40° TYPE RUTLAMITE. — Roche noire, dure, friable, contenant en assez grand nombre de petits cristaux blancs, très brillants. — *Densité* : 3,5660 (Stanislas Meunier). — *Composition minéralogique* : (nous n'avons pu obtenir encore de renseignements à cet égard).

41° TYPE : AUMALITE. — Roche pierreuse serrée, d'un gris de cendre, très dure. Sa cassure rappelle celle de certains grès. On y distingue de petites grenailles métalliques visibles surtout

sur les surfaces polies. — *Densité* : 3,55 (moyenne d'un grand nombre de mesures très concordantes). — *Composition minéralogique* : L'analyse minéralogique n'a pas été faite jusqu'ici d'une manière satisfaisante. L'interprétation des résultats de l'analyse élémentaire conduit à regarder l'aumalite comme résultant du mélange du péridot avec des minéraux pyroxéniques et du fer nickelé. Diverses analyses indiquent la présence de la schreibersite et de la pyrrhotine.

42° TYPE : LUCÉITE. — Roche blanche, très finement grenue, âpre au toucher, éminemment cristalline. — *Densité* (moyenne de mesures concordantes fournies par des échantillons de douze chutes différentes) : 3,43. — *Composition minéralogique* : Les silicates magnésiens attaquables et inattaquables dominant. Il paraît y avoir des traces de matières feldspathiques. Le fer nickelé, la pyrrhotine, la schreibersite sont disséminés en petits grains. Au premier aspect, une lame mince paraît avoir une constitution peu variée en ces différents points. La roche consiste en myriades de petits grains cristallins n'offrant point de formes géométriques et juxtaposées à la façon des éléments d'une mosaïque. Entre eux se présente presque partout une substance noire

et opaque qui forme tantôt des filaments très déliés anastomosés entre eux à angle brusque, tantôt des accumulations plus ou moins volumineuses et plus ou moins amoindries.

Par réflexion cette matière sombre perd de sa simplicité; métallique çà et là, elle est en grande partie dépourvue de tout éclat. Dans le premier cas, les essais ont montré qu'elle consiste soit en fer nickelé, soit en pyrrhotine. Dans l'autre, elle est silicatée et ses bases sont l'oxyde de fer et de la magnésie.

Il est fréquent que les grains cristallisés et transparents renferment des inclusions.

Avec un peu plus d'attention et à force de déplacer la lame, on arrive bien vite à reconnaître des caractères distinctifs entre les diverses parties.

En quelques points, les fendillures sont moins pressées et la substance, plus transparente, affecte une forme générale qui donne l'idée d'un grand cristal moins fendillé que le reste de la masse.

Ces grands cristaux sont répartis çà et là avec un espacement variable. Ils paraissent, au moins le plus souvent, être constituées par un minéral inattaquable aux acides, de nature pyroxénique et comparable à l'enstatite.

43° TYPE : LIMERICKITE. — Roche d'un gris

cendré bleuâtre, cohérente, renfermant de petits grains blancs plus friables. — *Densité* : 3,621 à 4,230 (Apjohn). — *Composition minéralogique* : La masse principale est formée de silicates magnésiens, dont quelques-uns résistent à l'action des acides, tandis que les autres sont attaqués. Le fer nickelé et la pyrrhotine sont facilement visibles. Le fer chromé est décelé par l'analyse.

44° TYPE : MONTRÉITE. — Roche essentiellement oolitique, d'un gris de cendre. Le ciment qui réunit les globules est réduit à un réseau très peu épais. La roche est peu cohérente et les globules se séparent aisément. — *Densité* : (moyenne d'un grand nombre de mesures) 3,55. — *Composition minéralogique* : Les globules paraissent formés d'un mélange de pyroxène et d'albite. Le ciment est de nature péridotique. On y trouve du fer nickelé, de la pyrrhotine, etc.

45° TYPE : RICHMONDITE. — Roche lâche, cellulaire, résultant de la juxtaposition de grains blancs, noirs et jaunes. De toutes parts brillent des facettes cristallines. La roche prend bien le poli. — *Densité* : 3,29 (Shepard) à 3,3713 (Rumler). — *Composition minéralogique* : Le péridot domine dans cette roche. Il est mêlé d'un

silicate magnésien plus acide, de labrador, de pyrrhotine, de fer nickelé. On y signale du phosphate de chaux (apatite).

46° TYPE : TIESCHITE. — Roche pierreuse granitoïde résultant de l'association de cristaux diversement colorés. — *Densité* : 3,6 (Stanislas Meunier). — *Composition minéralogique* : Mélange de péridot, de pyroxène et peut-être d'un feldspath.

47° TYPE : QUINCITE. — Roche pierreuse compacte, à cassure cireuse. — *Densité* : 3,54 (Stanislas Meunier). — *Composition minéralogique* : Mélange de minéraux silicatés magnésiens avec des grenailles métalliques.

48° TYPE : TADJÉRITE. — Roche noire, compacte, très dure et prenant le poli. Elle renferme des portions irrégulières arrondies, peu abondantes, grisâtres, à cassure cireuse. — *Densité* : 3,54 (Mœvus) à 3,595 (Stanislas Meunier). — *Composition minéralogique* : L'analyse minéralogique n'a pas été faite, toutefois on a reconnu au microscope la présence prépondérante de silicates magnésiens voisins, les uns du péridot, les autres du pyroxène, et parmi ceux-ci de l'enstatite incolore (victorite), des traces de feldspath, du fer nickelé, de la chromite et de la pyrrhotine.

49° TYPE : CHANTONNITE. — Roche pierreuse pseudo-fragmentaire où des parties d'un gris de cendre sont reliées par des veines noirâtres. Des grenailles métalliques sont dissimulées de toutes parts. La roche prend très bien le poli. — *Densité* : de 3,44 (Schreibers) à 3,66 (Rumler). *Densité d'après Rumber* : de la partie claire, 3,47 ; de la partie foncée, 3,48. — *Composition minéralogique* : Cette roche est formée de péridot magnésien, de fayalite, de pyroxène et de feldspath associé à des grenailles de fer nickélé et de pyrrhotine.

50° TYPE : STAWROPOLITE. — Roche d'un gris noirâtre compacte, renfermant d'assez nombreux globules, les uns noirâtres, les autres métalliques. Cette roche, assez dure, prend bien le poli. — *Densité* : 3,479 à 3,708 (Abich). — *Composition minéralogique* : La stawropolite résulte du mélange de fer nickélé et de la pyrrhotine avec divers silicates en partie attaquables aux acides. Ces silicates n'ont point été jusqu'ici étudiés minéralogiquement, mais on peut interpréter les résultats fournis par l'analyse de leur mélange en les considérant comme appartenant aux espèces hyalosidérite, chrysolithe et labrador. Les lames minces montrent en abondance du péridot, du pyroxène magnésien et des minéraux vitreux.

51° TYPE : MESMINITE. — Roche bréchiforme composée de fragments blancs très finement grenus, empâtés dans une matière beaucoup plus sombre. — *Densité* : 3,426 (Pisani) à 3,792 (Haidinger). — *Composition minéralogique* : Les fragments empâtés sont formés de lucécite (42° type). La pâte est rigoureusement identique à la limerickite (43° type).

52° TYPE : CANELLITE. — Roche bréchiforme formée de fragments d'un gris de cendre oolithiques empâtés dans une matière beaucoup plus foncée. — *Densité* : 3,66 (Rumler). — *Composition minéralogique* : La roche empâtée est de la montréjite (44° type). La substance empâtante est la limerickite (43° type). Le fer nickelé y est très abondant, et l'acide sulfhydrique qu'en dégage l'action des acides y prouve la présence des sulfures.

53° TYPE : BANJITE. — Roche d'un gris cendré, renfermant de gros fragments plus durs et clivables. — *Densité* : 5,5 (Stanislas Meunier). — *Composition minéralogique* : Mélange de montréjite (44° type) et d'erxlebénite (32° type).

54° TYPE : LAIGLITE. — Roche grossière formée de grains arrondis juxtaposés et de couleurs variées. Cette roche est dure et prend bien le poli. — *Densité* (moyenne de très nom-

breuses mesures concordantes) : 3,3. — *Composition minéralogique* : La masse résulte essentiellement du mélange de divers silicates magnésiens, dont les uns, attaquables aux acides, paraissent de nature périclétique, tandis que les autres, résistant à ces agents, offrent une composition voisine de celle du pyroxène ou de l'amphibole. De petites quantités d'alumine indiquent peut-être des traces de feldspath. Le fer nickelé est abondant; on observe la pyrrhotine et l'analyse décèle du phosphore et peut-être de la schreibersite. L'examen microscopique de lames minces conduit à regarder cette roche comme consistant dans la juxtaposition de petits fragments fournis par des roches distinctes les unes des autres.

55° TYPE : PARNALLITE. — Roche grossière, formée de fragments blanchâtres et noirâtres, empâtés dans une matière grise assez serrée. — *Densité* : 3,3 (Taylor) à 3,54 (Haussmann). — *Composition minéralogique* : Les grains empâtés consistent les uns en lucéite (42° type), d'autres en chladnite (56° type), d'autres en tadjérite (48° type). L'examen purement chimique montre des silicates de magnésie, périclétiques et pyroxéniques, auxquels s'ajoute une quantité très sensible d'alumine, et qui sont

mêlés de fer nickelé, de phosphore non défini (schreibersite?), de troilite, ainsi que de traces de fer chromé et de graphite. L'étude microscopique est très compliquée.

56° TYPE : CHLADNITE (G. Rose). — Roche extrêmement friable, dans laquelle on distingue de grandes parties tout à fait blanches, lamellaires, reliées par une sorte de ciment d'un gris très clair où se trouvent empâtés de tous petits grains complètement noirs, et d'autres d'un jaune plus ou moins ocreux. — *Densité* : 4,039 (Sartorius de Waltershausen). — *Composition minéralogique* : Cette roche est formée surtout d'enstatite blanche opaque, à laquelle se trouvent mélangés un peu de labrador, du fer nickelé, de la pyrrhotine, etc.

57° TYPE : ORNANSITE. — Roche d'un gris foncé, entièrement oolithique et tellement friable, qu'elle tache les doigts au moindre contact. Le ciment des globules est invisible. — *Densité* : 3,599 (Pisani). — *Composition minéralogique* : Le périclase constitue les trois quarts de cette roche; il est mélangé à des silicates magnésiens plus acides, à du fer nickelé et à de la pyrrholine. On y constate aussi des traces de fer chromé.

58° TYPE : HOWARDITE (G. Rose). — Roche d'un gris cendré, renfermant des fragments anguleux

blancs, des petits grains noirs et des cristaux verts. Ça et là, quelques taches ocreuses. — *Densité* : 3,1756 (Rumler). — *Composition minéralogique* : Mélange d'anorthite et de péridot auquel s'ajoute un peu de silicate magnésien plus acide, voisin de l'enstatite. On y trouve aussi le fer nickelé et la pyrrhotine.

59° TYPE : CHASSIGNITE (G. Rose). — Roche grenue, serrée, dure, d'un gris jaunâtre, renfermant ça et là de très petits grains tout à fait noirs. — *Densité* : 3,5566 (Rumler). — *Composition minéralogique* : Presque exclusivement constituée par le péridot hyalosidérite, cette masse contient en outre quelques centièmes de pyroxène facilement déterminable en lames minces au microscope, et du fer chromé.

60° TYPE : IGASTITE (1). — Roche d'un gris plus ou moins violacé, d'aspect tout à fait analogue à celui de la ponce, légère, boursoufflée, remplie de vacuoles dont la surface interne est luisante comme à la suite d'une fusion. — *Densité* : en morceau, 1,540 (Grewinck); en poudre, 2,679 (le même). — *Composition minéralogique* : Cette roche, essentiellement différente de toutes les

(1) Les études récentes sur cette roche conduisent à douter de plus en plus de son origine météoritique.

météorites bien authentiques parait résulter d'un mélange d'un feldspath ayant la formule de l'orthose avec du quartz en grossiers fragments; l'analyse y décèle en outre du chlorure de potassium et du sulfate de potasse en petites quantités. On ne saurait au microscope le distinguer d'une ponce terrestre. †

61° TYPE : EUKRITE (G. Rose). — Roche peu cohérente, résultant de l'enchevêtrement de cristaux, les uns blancs, les autres noirs : elle rappelle à première vue certaines variétés de dolérites. — *Densité* : 3,077 à 3,1219 (Rumler). — *Composition minéralogique* : Cette roche consiste essentiellement en un mélange bien distinct d'augite et d'anorthite auquel s'ajoutent un peu de fer chromé et de pyrite magnétique, ainsi, parait-il, que des traces de fer nickelé. L'analyse microscopique y décèle aussi l'apatite et la titanite.

62° TYPE : SHALKITE (G. Rose). — Roche se rapprochant de la howardite (58° type) par son aspect général, mais en différant par un état bien plus avancé de cristallisation qui la fait miroiter, par l'absence de fragments blancs empâtés, et surtout par la présence de gros cristaux noirs, très lamellaires. — *Densité* : 3,412 (de Haidinger), à 3,66 (Piddington). — *Composition minéralogique* : Le péridot, très riche en fer,

est ici tout à fait dominant; il admet en mélange le minéral noir cité plus haut, consistant en silicate de fer, (piddingtonite) et du fer chromé, facile à déceler.

63° TYPE : ORGUEILLITE. — Roche noire très friable, tachant les doigts, contenant beaucoup de petits points blancs. Elle est combustible et dégage en brûlant une odeur bitumineuse. — *Densité* : 1,7025 (Rumler), à 2,567 (Cloëz). — *Composition minéralogique* : La masse résulte surtout du mélange de silicates magnésiens hydratés, avec une ou plusieurs substances organiques analogues aux résines fossiles et spécialement à l'ozokérite. On y trouve en outre des chlorures et des sulfates alcalins ou alcalino-terreux, ainsi que des cristaux de breunnerite et de pyrrhotine.

64° TYPE : BOKKEVELITE. — Roche analogue à la précédente pour l'aspect, mais en différant par une cohésion très supérieure, bien que sa dureté soit à peu près la même. — *Densité* : 2,69 (Rumler), à 2,94 (Faraday). — *Composition minéralogique* : Le péridot, un silicate magnésien plus acide, le fer sulfuré (pyrrhotine), la chromite, le fer nickelé, le charbon libre, une substance bitumineuse appelée kabaïte, ont été reconnus par l'analyse.

TROISIÈME PARTIE

LA GÉOLOGIE DES MÉTÉORITES

Un des résultats les plus remarquables des études modernes sur les météorites, c'est que ces masses, malgré l'apparence indépendante de chacune d'elles, proviennent en réalité d'un même astre, construit originellement sur le même plan général que la terre, et où elles-occupaient des *situations géologiques* fort différentes les unes des autres.

On distingue ainsi : les météorites primitives ou normales, les météorites volcaniques, les météorites métamorphiques, les météorites bréchiformes ou clastiques, les météorites filoniennes, les météorites éruptives.

CHAPITRE PREMIER

LES CATÉGORIES GÉOLOGIQUES DES ROCHES MÉTÉORITIQUES

MÉTÉORITES NORMALES

Nous appelons *normales* les roches météoritiques qui ne témoignent d'aucun phénomène autre que ceux nécessaires à la constitution de toute roche. Elles forment l'équivalent de nos roches cristallines et de nos roches sédimentaires, où l'on ne retrouve que les effets purs et simples, soit du refroidissement d'une matière préalablement chaude, soit du dépôt de substances préalablement tenues en suspension.

Le plus grand nombre des météorites appartient à cette première catégorie, mais il est pos-

sible que le progrès des études conduise à la restreindre progressivement en amenant la découverte d'actions géologiques dont les signes seraient restés inaperçus jusqu'ici.

Parmi les météorites normales, citons le fer de Caille, les pierres d'Aumale, de Lucé, de Montréjeau, d'Ornans, etc., etc.

MÉTÉORITES VOLCANIQUES

On trouve, parmi les météorites, des roches dont le faciès est volcanique, et qui doivent sans doute leur formation à des phénomènes pareils à ceux qui produisent sur la terre les laves et les scories.

Les météorites de Juvinas (Ardèche), de Jonzac (Charente), de Stannern (Moravie), etc., sont identiques aux laves de certains volcans d'Islande. La pierre d'Igast, en Livonie, reproduit dans tous les détails, ainsi que le montrent les études de M. le professeur Grewinck (de Dorpat), certaines pierres ponces quartzifères de nos volcans. Mais nous avons dit que sa nature météoritique est douteuse.

MÉTÉORITES MÉTAMORPHIQUES

Un phénomène capital de la géologie terrestre, retrouvé chez les météorites, c'est celui qu'on appelle *métamorphisme*.

Dans divers pays, dans le nord de l'Irlande, par exemple, il existe des filons de roches éruptives, des basaltes qui ont traversé à l'état de fusion des couches de craie; or, au voisinage de ces filons, la craie a été métamorphosée, elle est devenue du marbre blanc comparable à celui que les sculpteurs mettent en œuvre, et c'est ce changement qu'on exprime en disant que la craie a subi le métamorphisme.

Diverses météorites ont de même subi le métamorphisme. L'un des plus beaux exemples est fourni par la pierre complètement noire tombée en 1867 à Tadjera, près de Sétif, en Algérie, car il est facile de s'assurer qu'elle n'est pas autre chose que la forme métamorphique des météorites grises si communes, dont le type nous est offert, entre beaucoup d'autres, par la masse tombée aussi en Algérie, aux environs d'Aumale, en 1865.

Il suffit en effet de chauffer la pierre d'Aumale pendant un quart d'heure à la température rouge,

pour constater après refroidissement qu'elle a pris tous les caractères de la pierre de Sétif, au point que l'on ne saurait plus l'en distinguer.

C'est exactement ainsi que la craie d'Irlande, chauffée dans certaines conditions, s'est, entre les mains de James Hall, transformée en marbre statuaire.

Mais ce n'est pas tout. A côté de ce produit d'une transformation complète se placent des masses qui résultent d'un métamorphisme partiel.

Ainsi, la météorite de Chantonnay, grise, mais traversée de larges marbrures noires est, à n'en pas douter, le produit du métamorphisme incomplet de la pierre d'Aumale, et comme un degré entre celle-ci et la pierre de Tadjera.

Nous ne sommes aussi affirmatifs que parce que des expériences directes nous ont permis de reproduire la météorite de Chantonnay, en chauffant des pierres d'Aumale, mais en ne les chauffant pas assez pour les amener à l'état de la météorite de Tadjera.

MÉTÉORITES BRÉCHIFORMES OU CLASTIQUES

On appelle *brèches* les roches formées de fragments anguleux agglutinées ensemble par un ciment plus ou moins abondant : beaucoup de

marbres employés pour la décoration des édifices sont des brèches.

Les phénomènes clastiques c'est-à-dire de concassement des roches peuvent être retrouvés chez les météorites, où ils ont exigé, comme sur la terre, et conformément à ce que nous avons dit plus haut, le concours d'actions très variées.

On peut remarquer que, chez les météorites, les brèches sont très abondantes, et que souvent elles sont composées de fragments très variés.

C'est ainsi que la météorite de Parnallée, dans l'Inde, contient les débris appartenant à sept types parfaitement distincts de roches extra-terrestres. D'autres, comme les pierres de Saint-Mesmin et de Canellas, ou comme la fer de Déésa, ne contiennent, à l'état de mélange, que deux roches différentes, mais elles n'en sont pas moins intéressantes pour cela, et l'on verra de quelle importance est l'étude des brèches dans la démonstration de ce grand fait que les météorites de types divers ont été quelque part en relations stratigraphiques mutuelles ou, en d'autres termes, qu'elles dérivent d'un même gisement originel.

LES FAILLES MÉTÉORITIQUES

Les météorites présentent souvent des caractères conduisant à reconnaître que, dans leur gisement primitif, se produisaient des phénomènes de soulèvement analogues à ceux qui, sur la terre, sont liés d'une manière si intime à la formation des chaînes de montagnes.

Ces signes sont des *failles*.

On appelle ainsi, en géologie, d'immenses fêlures qui débitent, pour ainsi dire, toute l'écorce terrestre en une série de fragments juxtaposés à la manière des pierres d'une voûte.

En général, on reconnaît les failles aux dénivellations qu'elles ont déterminées, ou, en d'autres termes, à ce fait que les couches du sol, qui originellement étaient en continuité, ne se répondent plus des deux côtés de la fracture et qu'elles ont même subi parfois des *rejets* considérables.

Or, certaines météorites sont coupées par des surfaces offrant la trace manifeste de frictions énergiques et polies comme les *miroirs* des failles terrestres. De plus, il arrive que de pareilles surfaces se recoupant, certaines d'entre

elles sont *rejetées* par d'autres. Leur signification ne saurait alors être douteuse, ce sont de vraies failles, témoignant de l'exercice d'actions mécaniques pareilles à celles qui accompagnent les soulèvements et les affaissements de l'écorce terrestre.

Les failles sont spécialement abondantes et bien caractérisées dans les météorites des types d'Aumale et de Lucé.

LES MÉTÉORITES FILONIENNES

Il existe des météorites qui doivent certainement leur origine à des actions pareilles à celles qui ont produit nos filons métallifères.

On sait que dans les filons les minerais se présentent comme des dépôts de vapeurs ou de liquides circulant dans les failles. Si ces filons, comme cela se voit souvent, renferment des fragments pierreux, les fragments sont enveloppés de couches successives de minéraux filoniens, et c'est ainsi que se sont faites, par exemple, les *cocardes* des filons de minerais de plomb exploités dans le Harz.

Or, diverses météorites, le fer du désert d'Atacama, par exemple, sont absolument semblables,

sauf, bien entendu, pour la composition chimique, à ces cocardes du Harz. Les fragments de dunite que ce fer contient, ainsi qu'on l'a dit plus haut, sont enveloppés de diverses couches successives d'alliages différents, exactement comme les fragments schisteux du filon terrestre sont enveloppés de couches de quartz laiteux et de galène.

L'action filonienne se retrouve dans d'autres météorites et, par exemple, dans celle de la Sierra de Chaco qu'on peut rapprocher à divers égards des grés à ciment de cuivre natif de Coro-Coro, en Bolivie.

LES MÉTÉORITES ÉRUPTIVES

Les météorites ont souvent conservé des traces non douteuses de phénomènes éruptifs.

Les roches terrestres éruptives sont celles qui, poussées des profondeurs, alors qu'elles étaient à l'état pâteux ou fluide, se sont fait jour au travers des failles pour constituer des *dykes*, sortes de murs souterrains souvent très étendus en longueur.

Un des accidents les plus caractéristiques de ces *dykes* consiste dans les brèches spéciales

dont ils sont parfois formés, brèches résultant de fragments de la roche encaissante cimentés par la matière même du dyke. Ainsi, pour reprendre un exemple déjà cité dans les filons ou dykes de basalte de l'Irlande, on trouve par places de véritables brèches formés de fragments de craie agglutinés par le basalte. De plus, cette craie, ayant subi l'action métamorphosante du basalte, est passée, comme on l'a dit, à l'état de marbre blanc.

Il est des météorites qui reproduisent toutes ces circonstances. L'exemple le plus net est celui du fer bréchoïde découvert dans la Cordillère de Deesa, au Chili.

On se rappelle (v. plus haut le 28° type) qu'il consiste en une pâte de fer dans laquelle sont disséminés des fragments irréguliers d'une roche noire. Le fer a rigoureusement la composition de la caillite, mais il n'en a pas la structure, puisqu'il ne donne pas par les acides les figures de Widmannstætten. Or, le fer de Caille ne les donne pas davantage quand il a été fondu, puis abandonné à un refroidissement même fort lent. D'un autre côté, la pierre du fer bréchoïde de Deesa est de tous points comparable à la roche météoritique de Tadjera, qui, comme on l'a vu, n'est rien autre chose que la

Pierre d'Aumale chauffée à une température analogue à celle où le fer se ramollit.

Le fer de Deesa est donc une véritable *brèche du filon éruptif*.

Des considérations du même genre, étayées de comparaisons avec la roche terrestre appelée serpentine, dont nous parlerons tout à l'heure, conduisent de même à reconnaître, dans la roche météorique grise marbrée de noir de Chantonay, un échantillon de filon pierreux.

CHAPITRE II

COMMUNAUTÉ D'ORIGINE GÉOLOGIQUE DES DIVERS TYPES DE MÉTÉORITES

Les divers types de météorites ont une origine commune; ils ont été en relations ensemble, comme les roches qui constituent l'écorce de la terre sont de leur côté en relations mutuelles : nous avons démontré ce grand fait à l'aide de diverses méthodes parfaitement indépendantes les unes des autres, et que nous allons indiquer rapidement.

1. Coexistence, dans une même brèche, de fragments appartenant à des types différents. — Il est évident qu'une brèche *polygénique* ou renfermant les éléments de plusieurs espèces, n'a pu se former que là où ces éléments existaient.

Les *pépérinos* de nos volcans dans lesquelles se rencontrent côte à côte des fragments de roches appelées *basalte*, *dolérite*, *wacke*, etc., ne prennent naissance que là où se présentent à la fois le basalte, la dolérite et la wacke.

Il y a, dans les Pyrénées, une brèche bien remarquable par sa complexité; c'est toute une collection de roches en petits fragments recollés ensemble. On y distingue le granite, le talcschiste, le phyllade, l'argile, le calcaire, etc.

Son existence est une preuve suffisante de l'existence du granit, du talcschiste, du phyllade, etc., dans les lieux d'où elle provient.

Le même raisonnement s'applique évidemment aux météorites. Dès qu'une brèche météoritique renferme des fragments pouvant être rapportés à des types de météorites simples, ces types simples ont nécessairement été quelque part en relation de positions.

Or, de telles brèches existent.

Voici d'abord celle qui est tombée à Saint-Mesmin (Aube) en 1866. On y constate la coexistence de la roche du type de Lucé et de la roche du type de Limerick. Ces deux types de roches proviennent donc d'un même gisement.

Voici, en second lieu, la brèche tombée à

Canellas, en Espagne, le 14 mai 1861. Elle ressemble beaucoup à la précédente et contient comme elle la roche de Limerick, mais la roche de Lucé y est remplacée par celle de Montréjeau. Cette brèche prouve donc la communauté d'origine des types de Limerick et de Montréjeau.

De ces deux premiers faits pourrait être déduite la communauté d'origine des roches de Montréjeau et de Lucé, qui se trouvent respectivement en rapport avec la même roche de Limerick. Mais cette démonstration s'obtient aussi autrement comme on le verra au paragraphe suivant.

Arrivons tout de suite à la brèche bien plus compliquée de Parnallee, dont nous avons déjà parlé. D'après ce qui précède, cette brèche prouve la communauté d'origine de sept types au moins de roches, dont trois sont représentés par des météorites distinctes, savoir : celles de Tadjera, de Chassigny et de Bishopville. Les quatre autres présentent de plus cet intérêt spécial qu'ils nous permettent de prédire avec certitude la chute, dans un avenir, indéterminé, de types météoritiques non encore observés isolément.

Parmi les brèches se rangent aussi les fers de Deesa et d'Atacama.

Le premier démontre la communauté d'origine du fer de Caille et de la pierre de Tadjera ; l'autre, celle du même fer de Caille, avec la pierre de Chassigny.

On pourrait prolonger cette énumération.

2. Passages minéralogiques entre des types différents. — Sur la terre, les types lithologiques ne sont jamais nettement définis ; d'ordinaire ils passent insensiblement des uns aux autres, et c'est ce qui rend la classification des roches extrêmement difficile. Or, ces passages ne sauraient s'observer si les deux types ainsi reliés ne dérivent, en dernière analyse, d'une seule et même source dont le produit a été modifié plus ou moins par les circonstances extérieures.

Quand nous trouvons parmi les météorites des types de transition entre des roches bien définies, nous sommes donc autorisés à conclure que ces deux roches ont été en rapport ensemble ou qu'elles dérivent, si l'on veut, toutes deux de leur intermédiaire, grâce à des conditions spéciales.

Ces types de transitions sont très nombreux.

Mentionnons d'abord la roche de Chantonnay et celle de Belaja-Zerkwa.

La première, grise et marbrée de noir, est in-

termédiaire entre la roche grise d'Aumale et la roche noire de Tadjera. La seconde blanche avec des globules noirs, est intermédiaire entre la roche blanche de Montréjeau et la roche noire de Stawropol.

La météorite de Forsyth, en général compacte, mais globulaire par places, forme une transition entre la pierre compacte de Lucé et la pierre globulaire de Montréjeau. De nombreux intermédiaires existent entre la roche serrée d'Aumale et la roche plus friable de Lucé. La pierre d'Ohaba constitue une transition entre celles de Montréjeau et de Limerick, etc.

Parmi les brèches, nous citerons celle d'Assam, qui est telle qu'on ne sait si on doit la rapprocher de la brèche de Saint-Mesmin plutôt que de la brèche de Canellas, etc.

3. Transformation artificielle de certains types en certains autres. — Comme nous l'avons dit précédemment, le géologue James Hall, chauffant de la craie dans de certaines conditions, l'a transformée en un marbre blanc tout pareil à celui dont le basalte dans le nord de l'Irlande, a déterminé la production en traversant des couches de craie. Il résulte de là que l'existence du marbre blanc suppose l'existence antérieure de la craie ; que le marbre ne

pourrait pas se produire là où il n'y a pas de craie ; que par conséquent, le marbre et la craie proviennent d'un même gisement.

Le même raisonnement évidemment applicable au métamorphisme météoritique conduit à retrouver certains rapports stratigraphiques entre les roches célestes.

En effet, des expériences très simples ont permis de constater, comme on l'a vu plus haut, que la roche noire de Tadjera et la roche noircie de Chantonay sont des transformations plus ou moins complètes de la roche grise d'Aumale. Elles n'ont pu se produire qu'à l'aide de masses préexistantes de cette dernière ; et par conséquent, les trois roches qui nous occupent ont été quelque part en relations mutuelles.

La même chose peut se dire sans variante des roches de Stawropol et de Belaja-Zerkwa, qui dérivent de la roche de Montréjeau.

De façon que cette pure expérience de laboratoire, consistant à chauffer au rouge plus ou moins, divers types de météorites, peut devenir un procédé de géologie stratigraphique en révélant des relations de gisement entre de certaines roches.

En résumé, et grâce à ces diverses méthodes d'investigation, il y a actuellement plus de vingt

types de roches météoritiques dont on peut dire qu'elles ont été en relations stratigraphiques. Constaté que ces relations sont maintenant brisées, c'est dire que le globe dont ces roches ont fait partie n'existe plus. L'ensemble des faits conduit donc à cette conséquence que les météorites sont les matériaux de démolition d'un astre disparu. Sa destruction est-elle tout ce que nous pouvons apprendre de son histoire, ou de même que les restes exhumés d'animaux éteints permettent de reconstruire des êtres d'époques antérieures à la nôtre, pourrions-nous, par l'examen des météorites, reconstituer l'astre dont ils sont proprement les vestiges fossiles? C'est ce que nous allons voir.

RECONSTITUTION DU GLOBE MÉTÉORITIQUE

Les météorites se divisant quant à leur mode de formation en normales, éruptives, métamorphiques, bréchiformes non éruptives, volcaniques et filoniques, ces diverses roches occupaient sans doute, dans le globe, d'où elles proviennent, des positions relatives comparables à celles que leurs homologues occupent dans le globe terrestre. Or, les roches normales sont gé-

néralement superposées dans un ordre régulier; les masses éruptives, y compris les roches volcaniques, forment d'habitude des enclaves transversales ou des filons intercalés dans les précédentes; les masses métamorphiques sont en contact ou dans le voisinage des filons; les brèches leur sont liées d'une manière plus ou moins intime; et enfin, les filons, concrétionnés dans les failles, peuvent recouper toutes les formations.

A l'intérieur du globe que nous cherchons à reconstruire, existait évidemment un noyau où les fers météoritiques étaient associés aux pierres, les unes renfermant des grenailles métalliques très grosses, comme dans les météorites de la Sierra de Chaco, ou plus ou moins fines comme dans les masses de Laigle, d'Aumale, de Lucé, de Montréjeau, etc., et les autres dépourvues de métal libre comme les roches dont la chute de Chassigny fournit des échantillons.

Le noyau interne se contractant progressivement détermina, à diverses reprises, le fendillement du revêtement externe, et la masse fondue fut injectée dans les failles ainsi ouvertes et s'y solidifia. C'est de cette façon que se produisirent les fers reconnaissables aux images confuses qu'ils donnent aux acides et parmi lesquels

on peut citer les blocs découverts à Octibeha.

En traversant les masses déjà solidifiées qui leur étaient superposées, ces injections métalliques leur firent subir, dans certains cas, des modifications plus ou moins profondes, un véritable métamorphisme, et, comme nous l'avons vu, les pierres grises d'Aumale et de Montréjeau se transformèrent respectivement : la première dans les masses de Chantonay et de Tadjera, l'autre dans celles de Belaja-Zerkwa et de Stawropol.

Du même coup, il arriva que des fragments pierreux, arrachés aux parois des failles, furent empâtés dans le métal fondu et que, devenus dès lors métamorphiques, ils donnèrent lieu à des brèches du genre de celle de Deesa.

D'ailleurs, les phénomènes éruptifs ne furent pas le privilège des roches métalliques. Les masses pierreuses, comme il arrive si manifestement sur notre globe, furent poussées parfois des profondeurs à travers les roches préalablement crevassées qui gisaient au-dessus d'elles. C'est ainsi que parfois la roche d'Aumale, poussée après sa solidification, prit les caractères de la roche de Chantonay, déjà produits autrement comme on vient de le voir.

Les roches volcaniques proprement dites, telles que celles de Juvinas, sortirent par un mécanisme un peu différent, à l'état pâteux, comme nos laves.

Peut-être est-ce aux têtes des filons éruptifs que se plaçaient les roches bréchoïdes dont les liens d'origine sont si évidents avec les masses normales et qui sont représentées, dans leurs types principaux, par les pierres de Saint-Mesmin, de Canellas et de Parnallée.

Certaines failles ont évidemment donné passage à des émanations qui se sont concrétionnées sous la forme de filons, dont les fers de Pallas et d'Atacama sont les échantillons les mieux caractérisés.

QUATRIÈME PARTIE

LA SYNTHÈSE DES MÉTÉORITES

Encouragée par une série innombrable de succès variés, la minéralogie synthétique s'est attaquée à la reproduction artificielle des minéraux météoritiques et divers expérimentateurs ont obtenu, dans cette voie, des résultats remarquables. Forcé de choisir dans la masse des résultats publiés, nous nous attacherons de préférence à ceux qui nous semblent avoir fait intervenir les conditions de milieu les plus compatibles avec l'histoire générale des météorites.

CHAPITRE PREMIER

SYNTHÈSE DU PYROXÈNE MAGNÉSIEU MÉTÉORITIQUE

On est généralement d'accord pour reconnaître que les météorites se sont, pour la plupart, produites autrement que par voie de fusion. Sans rappeler ici comment ont été mis en évidence les effets désorganisateur de la fusion sur les types les plus variés de pierres tombées du ciel, nous citerons à cet égard cette remarque de M. Daubrée : « La température élevée produite dans le laboratoire a amené, dit-il, la formation de silicates en cristaux nets et volumineux, tels qu'on n'en rencontre jamais dans les météorites. Il est, en effet, extrêmement digne de remarque que les substances sili-

calées qui composent les météorites du type commun y soient toujours à l'état de cristaux très petits et essentiellement confus, malgré leur tendance à cristalliser. S'il était permis de chercher quelque analogie autour de nous, nous dirions que les cristaux obtenus par la fusion des météorites rappellent les longues aiguilles de glace que l'eau liquide forme en se congelant tandis que la structure à grains fins des météorites naturelles du type commun ressemble plutôt à celle du givre ou de la neige formés, comme on le sait, par le passage immédiat de la vapeur d'eau atmosphérique à l'état solide (1) ».

C'est d'après ces considérations que j'ai cherché à reproduire suivant l'heureuse expression qui vient d'être rappelée, une sorte de *givre* dont la substance fût, non pas de l'eau, mais du bisilicate de magnésie. Le succès m'a mis en face du premier cas de production artificielle d'un silicate anhydre en présence de la vapeur d'eau à la pression ordinaire.

La disposition de l'expérience, qui ne pouvait avoir d'intérêt qu'autant qu'elle reproduirait des

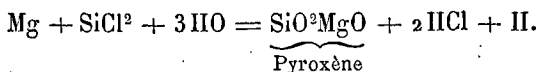
(1) *Etudes synthétiques de géologie expérimentale*, p. 583.

conditions naturelles, a été inspirée par les considérations faisant partie du domaine de la géologie comparée ; considérations d'après lesquelles il est logique de supposer que, soumis à un refroidissement suffisant, le mélange des vapeurs qui constituent les protubérances du Soleil donnerait naissance, entre autres produits, à des silicates magnésiens.

C'est cette idée, toute risquée qu'elle peut sembler tout d'abord, que j'ai soumise à l'expérience, et, ne pouvant emprunter au Soleil une partie de sa photosphère, j'ai cherché à faire de celle-ci une imitation aussi parfaite que possible pour le but spécial qui était en vue. En d'autres termes, j'ai mis en présence, à une température convenable, la vapeur d'eau, la vapeur de magnésium et la vapeur de chlorure de silicium.

Dans la pratique, le magnésium, en fils ou en rubans, est placé vers le milieu d'un tube de porcelaine disposé dans un fourneau. L'une des extrémités du tube est en rapport avec une cornue où bout de l'eau, à l'autre extrémité débouche le tube abducteur d'un petit ballon renfermant du chlorure de silicium chauffé au bain-marie. On ménage, bien entendu, dans l'un des bouchons, une sortie pour les produits volatils.

A peine le tube est-il parvenu au rouge que la réaction suivante s'établit :



Il faut remarquer que les choses n'ont pas tout à fait dans la réalité cette simplicité théorique : il se fait toujours de la silice farineuse, par la réaction du chlorure de silicium sur l'eau et un peu de magnésie, par la réaction de l'eau sur le métal. Mais ces dépôts accessoires sont localisés et très facile à isoler : ils ne masquent pas le phénomène principal.

Quand l'opération est bien conduite, le pyroxène se dépose en abondance et il se présente sous la forme d'une poudre blanche d'aspect analogue à la silice elle-même. Examinée au microscope, cette poudre offre des caractères auxquels on ne saurait se tromper : elle est entièrement cristallisée en prismes, en général non terminés éminemment clivables et très actifs sur la lumière polarisée. Les cristaux sont précisément « très petits et essentiellement confus », comme ceux des météorites décrits plus haut, et ils affectent entre eux les mêmes groupements. Par exemple, il est très fréquent de les rencontrer sous forme de rayonnements autour d'un point,

absolument comme les agglomérations d'aiguilles pyroxéniques si répandues dans les météorites les plus ordinaires.

Un autre trait d'identité réside dans les fissures qui traversent en tous sens les cristaux de pyroxène, qu'ils appartiennent à des météorites naturelles ou qu'ils sortent du tube de porcelaine : et je crois que ce caractère de fendillement, offert, comme on sait, à un haut degré par nos roches trachytiques, est fort éloquent relativement aux conditions d'origine des masses qui le présentent. Le fendillement est accompagné d'innombrables inclusions, dont la nature n'a pu être déterminée, et qui rappellent complètement celles que M. Sorby a signalées le premier dans les météorites.

Exceptionnellement, les cristaux artificiels de pyroxène ont un volume un peu plus gros, plus de limpidité, moins de fissures, une netteté plus parfaite d'arêtes ; ils rappellent alors la variété remarquable que j'ai découverte, il y a 25 ans, dans la syssidère de Deesa et décrite sous le nom de *victorite* (1).

(1) Stanislas MEUNIER. — *Cosmos*, livraison du 21 août 1869.

CHAPITRE II

SYNTHÈSE DES FERS MÉTÉORITIQUES

Soumises à l'analyse élémentaire les fers météoritiques se présentent comme résultant surtout de l'association du nickel au fer en proportion variable.

Si on les étudie par des procédés plus délicats, si, en d'autres termes, on en réalise l'analyse minéralogique ou immédiate, on constate, comme nous l'avons vu, que ces masses comprennent plusieurs alliages nettement définis, déterminés par divers chimistes et que j'ai moi-même examinés d'une manière très attentive (1).

(1) Stanislas MEUNIER. — *Annales de chimie et de physique*, 4^e série, t. XVII, p. 5, 1869.

Rappelons encore que ces alliages, loin d'être mélangés au hasard sont associés suivant des lois fixes qui déterminent sur une surface polie, traitée par un acide, l'apparition de réseaux géométriquement réguliers, connus sous le nom de *figures de Widmannstätten*.

Les manipulations auxquelles les fers météoriques ont été soumis par divers expérimentateurs n'ont pas tardé à montrer que ces roches cosmiques sont profondément désorganisées par le fait d'une fusion pure et simple, quelle que soit la lenteur du refroidissement subséquent. Cette opération y fait naître la structure confuse caractéristique des masses qui, ayant été, comme la partie métallique de Deesa, injectées par fusion au travers de roches superposées, ont reçu la qualification générique de météorites éruptives.

Il était donc nécessaire de rechercher une méthode propre à fournir, autrement que par fusion, des alliages de fer et de nickel semblables à ceux des météorites. Comme on voit, c'est exactement l'obligation où l'on se trouve lorsqu'on veut imiter les minéraux renfermés dans les filons métallifères, et nous avons vu à diverses reprises qu'il y a lieu de signaler un véritable caractère filonien chez des météorites de types très divers.

En conséquence, il m'a paru que, pour résoudre le problème, il fallait s'inspirer de la méthode qui a si efficacement servi à dévoiler les conditions de formations de certains filons terrestres et en première ligne, des filons stannifères. En d'autres termes, il fallait rechercher, parmi les agents volatils capables de donner lieu à des concrétions métalliques, ceux dont les caractères intimes des masses à reproduire peuvent trahir l'ancienne activité. On sait, en effet, qu'il est légitime de conclure de la présence constatant dans les amas de minerai d'étain de composés fluorés, tourmaline, topaze, mica, à l'intervention primitive du fluor comme moteur de l'étain lui-même.

Cela étant posé, on reconnaît, parmi les nombreuses substances signalées par l'analyse dans la composition des fers météoritiques, des corps auxquels il est naturel d'attribuer un rôle minéralisateur, et qui apparaissent comme de simples résidus affirmant l'existence passée d'agents qui ont à peu près disparu.

Je fais allusion à l'hydrogène et au protochlorure de fer.

L'hydrogène existe, comme on sait, à l'état d'*occlusion* dans la plupart des fers météoritiques. C'est Graham qui, dans le fer de Lénarto,

l'a décelé pour la première fois ⁽¹⁾, et la découverte du savant anglais a été confirmée depuis par un grand nombre de chimistes et pour un très grand nombre de fers différents.

Le protochlorure de fer a été signalé sous la forme cristalline au milieu même de deux masses de fer, par Lawrence Smith ⁽²⁾, et il est très ordinaire de trouver le chlore dans le métal cosmique.

D'après ce que nous savons à l'égard de l'occlusion, on est autorisé à penser que l'hydrogène représente le témoin de l'atmosphère même au sein de laquelle le fer s'est constitué. D'un autre côté, le protochlorure de fer étant décomposé au rouge par l'hydrogène, on peut admettre que ce qu'on en trouve a simplement échappé à la décomposition et représente la combinaison même d'où le fer a été tiré pour prendre l'état métallique. Il importe, à ce point de vue, de bien remarquer que le chlorure ferreux n'a pu être introduit dans les météorites postérieurement à leur formation : outre qu'il ne saurait exister sur la terre, où des actions

(1) GRAHAM. — *Proceedings of the Royal Society*, t. XV, p. 520.

(2) LAWRENCE SMITH. — *Mineralogy and Chemistry*, p. 273.

oxydantes le détruiraient immédiatement, le gissement des cristaux découverts par M. Smith ne laisse aucunement douter de leur contemporanéité avec la consolidation du métal lui-même.

Ces remarques font envisager l'origine des fers météoritiques sous un jour tout nouveau, qui ne doit cependant pas faire oublier que certains d'entre eux, tels que la brèche de Deesa, citée plus haut, ont manifestement passé par l'état de fusion.

Depuis les travaux de M. Péligot ⁽¹⁾, la réduction du protochlorure de fer ou du chlorure de nickel au rouge par l'hydrogène n'a rien de nouveau, et l'expérience est devenue classique; mais on ne savait pas si le mélange des deux chlorures fournirait des alliages. S'il en devait être ainsi, on ignorait si ces alliages auraient de l'analogie avec les fers nickelés météoritiques.

Or, à ce double point de vue, le succès de mes expériences a été complet. J'ai d'abord reconnu que le mélange des chlorures de fer et de nickel donne par réduction dans l'hydrogène, des alliages parfaitement définis et parfois même admirablement cristallisés. Je n'ai pas fait l'analyse de

(1) PÉLIGOT. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XIX, p. 670 : 1844.

toutes les combinaisons que l'on peut ainsi obtenir, mais je signalerai l'aspect très différent sur lequel se présentent des alliages très voisins, les uns de la ténite météoritique, les autres de la kamacite.

Pour obtenir ces alliages, il suffit d'opérer sur les proportions convenables des deux chlorures élémentaires. La ténite artificielle (Fe^6Ni), produite dans une cornue de porcelaine de 250 grammes, s'est développé en cristaux aciculaires de 4 à 5 centimètres de long sur 1 millimètre de grosseur. Ce sont évidemment des cubes déformés, et l'on observe à leur sommet des tronçatures qui devront être examinés de plus près. Cette forme de la ténite se rapproche de celle qu'elle affecte dans la masse même des fers météoriques, où la décèle l'expérience de Widmannstættén.

La kamacite artificielle (Fe^{14}Ni) est, au contraire, finement grénue, et dès maintenant on peut reconnaître que chaque alliage offre, dans les mêmes conditions de formation, un grain particulier. Les uns sont en petits mamelons hémisphériques hérissés de cristaux; d'autres en lamelles triangulaires régulièrement groupées; d'autres en fines aiguilles disposées en dendrites ou feuilles de fougère; d'autres, très

riches en nickel, en masses contournées à peine cristallisés, etc. On remarquera spécialement la forme triangulaire des lamelles de certains alliages. Cette forme, en effet, qui appartient à l'octaèdre, coïncide avec celle de divers fers météoritiques, tandis qu'elle contraste avec la structure cubique des fers produits dans l'industrie.

J'ai constaté pour ces alliages des solubilités différentes dans les acides et qui sont en général d'autant moins faciles que la proportion de nickel est plus grande.

Mais l'imitation des alliages météoritiques, quelque parfaite qu'elle ait été, laissait encore une grande partie du problème sans solution ; car il importait extrêmement de les préparer en contact les uns des autres, présentant le mode si remarquable d'association mutuelle qu'ils affectent dans la nature.

Dans ce but, j'ai opéré de deux manières : d'abord, la réduction par l'hydrogène s'est réalisée sur un mélange très inégal des deux chlorures, et il s'est produit simultanément des alliages très divers qui, dans quelques portions du tube, se sont mélangés, sans donner lieu toutefois à une association régulière comparable à celle de tant de fers météoritiques.

Dans une autre série d'essais, des alliages définis, obtenus comme il a été dit plus haut, ont été placés dans un tube où devait se produire un second alliage, et, comme il fallait s'y attendre, la superposition s'est faite d'une manière complète. Des aiguilles de tœnite ont été ainsi partiellement empâtées dans un alliage tout différent, d'une structure dendritique remarquable. L'ensemble a donné, par la méthode ordinaire, les linéaments d'une vraie figure de Widmannstœlten. Je conserve au Muséum un échantillon très satisfaisant de cette synthèse des météorites métalliques (1).

(1) Stanislas MEUNIER. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXV, p. 588; 1872.

CHAPITRE III

SYNTHÈSE DU RÉSEAU MÉTALLIQUE DES FERS ASSOCIÉS AUX MINÉRAUX SILICATÉS

Un des types de météorites dont l'origine paraît le plus difficile à expliquer est celui des masses constituées par un réseau métallique renfermant dans ses mailles des particules pierreuses plus ou moins volumineuses. A ce type appartiennent le célèbre fer de Pallas, les masses recueillies à la surface du désert d'Alacama, celle de Brahin, de Lodran, etc.

Examinées au point de vue minéralogique, ces météorites consistent généralement en matériaux de nature péridotique et pyroxénique enveloppés de couches grossièrement concentriques d'alliages de fer et de nickel.

Examinées au point de vue géologique, elles présentent au plus haut degré, comme je l'ai fait voir antérieurement, les caractères de structure que l'on retrouve sur la terre chez maints produits concrétionnés, et spécialement chez les brèches plombifères, connues au Harz sous le nom de *filons en cocardes*. La conclusion que j'ai tirée de ces observations est que les météorites en question reconnaissent une origine vraiment filonienne. Les météorites concrétionnées doivent, en conséquence, être distinguées, quant à leur mode de formation, des météorites *injectées* dont la masse de Deesa a fourni l'exemple le plus complet.

La reproduction réalisée précédemment des principaux alliages qui entrent dans la constitution des fers associés à des fragments pierreux m'a encouragé à rechercher si les métaux, réduits comme il vient d'être dit, auraient de la tendance à envelopper et même à cimenter entre eux les fragments de roches convenablement disposés. Or, il résulte d'expériences répétées que c'est avec la plus grande facilité qu'on recouvre des grains de péridot ou des fragments de dunité d'un enduit absolument continu d'alliages variés de fer et de nickel. En brisant ensuite les échantillons, on reconnaît que la con-

crétion métallique a parfois pénétré dans les fines fissures, et cette disposition reproduit exactement l'un des traits les plus intéressants de la météorite de Brahin.

En prolongeant suffisamment l'expérience on arrive ainsi à empâter complètement les grains lithoïdes dans une masse métallique, de façon à obtenir un ensemble dont la structure brèchiforme rappelle à première vue les météorites concrétionnées qui viennent d'être citées. Toutefois, en général, la ressemblance n'est pas absolument parfaite, l'expérience de Widmannstættén ne donnant pas de figures concentriques à chaque grain pierreux. Pour obtenir cette identité, il faut, appliquant ce qui a été dit pour les fers homogènes, replacer à diverses reprises, dans le milieu incrustant, alimenté successivement de mélanges divers des deux chlorures, les mêmes échantillons de roches. Il se fait alors autour de ceux-ci des dépôts superposés d'alliages variés. Dans ces conditions, il suffit d'un peu de patience pour obtenir des *fac-simile* complets des roches cosmiques.

CHAPITRE IV

SYNTHÈSE DES GRENAILLES MÉTALLIQUES DES PIERRES MÉTÉORITIQUES

Si l'on se rappelle ce que nous disions précédemment des caractères offerts par les grenailles métalliques disséminées dans les météorites pierreuses, on reconnaîtra que leur origine, postérieure à celle des minéraux lithoïdes qui leur sont associés, suppose les mêmes conditions que la concrétion des squelettes des météorites filoniennes.

C'est pourquoi j'ai cherché si les résultats relatifs à celles-ci ne s'étendraient pas également aux pierres météoritiques proprement dites. Or, l'expérience confirme cette prévision.

Que l'on place dans un tube de porcelaine des petits fragments de périclase bien tassés, et qu'on détermine dans leur voisinage la réduction par

l'hydrogène d'un mélange de protochlorure de fer et de chlorure de nickel, on reconnaîtra après refroidissement, en polissant une surface plane au travers de la brèche cimentée par le métal, que l'alliage s'y est insinué en grenailles impossibles à distinguer des granules métalliques des météorites.

Toutefois, avant d'appliquer ce résultat à l'histoire de toutes les pierres cosmiques, il fallait lever une difficulté considérable, au moins en apparence.

J'ai fait voir, en effet, que, si un fragment d'aumalite ou de laiglite, etc., est porté, même pendant peu de temps, à la température rouge, il subit une transformation métamorphique, devient noir et prend tous les caractères de la tadjérite⁽¹⁾. Il résulte de là que, soumise à l'expérience qui permet d'imiter les squelettes des météorites filoniennes, toute météorite grise se transforme et par conséquent ce n'est pas ainsi que l'aumalite, la lucéite, etc., se sont chargées des grenailles métalliques qui les remplissent.

(1) Stanislas MEUNIER. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXI, p. 771; 1870, et p. 144 du présent volume.

Il fallait donc voir si l'on pourrait baisser la température de l'expérience sans cesser de déterminer la réduction des métaux. Or, j'ai constaté, par des essais faits successivement à des degrés thermométriques de moins en moins élevés, que, bien avant le rouge, la réduction est très abondante. Le tube de porcelaine étant placé dans un bain de sable, on a obtenu le fer métallique en même temps qu'un petit fragment de lucéite se maintenait avec sa couleur blanche primitive. A 500 degrés, l'expérience marche très nettement, et il ne faudrait évidemment que du temps pour obtenir un résultat complet. A 300 degrés et même au-dessous, le protochlorure de fer traité par l'hydrogène dans un bain d'huile, dégage beaucoup d'acide chlorhydrique. Le résidu abandonne ensuite à l'aimant des grains magnétiques; mais je ne suis pas absolument sûr que le métal y soit libre. En tout cas, il serait enveloppé de ces sous-chlorures mal définis dont la formation précède l'isolement du fer et qui en masqueraient les propriétés caractéristiques. Je n'ai point poursuivi l'étude de ce résultat, parce qu'il n'est pas nécessaire de supposer une température aussi basse dans les points du milieu météoritique où les pierres ordinaires se sont constituées.

CINQUIÈME PARTIE

LA THÉORIE DES MÉTÉORITES

On a vu dans la première partie de ce volume comment l'imagination de beaucoup de personnes s'est exercée à découvrir l'origine des météorites. Les systèmes très nombreux qui ont été émis ont ceci de commun qu'ils sont à peu près gratuits et s'appliquent à des corps dont on n'avait pas pris soin tout d'abord d'étudier la nature intime.

Nous pouvons maintenant reprendre la question mais à un tout autre point de vue, c'est-à-dire comme déduction des observations lithologiques et géologiques dont les résultats viennent d'être résumés.

Dans ces conditions, nous pouvons certainement espérer arriver à une conception plus voisine de la réalité.

Un fait d'observation pure est notre point de départ : un *astre s'est brisé*. Nous sommes bien sûrs de ce fait, puisque nous manipulons les débris de l'astre.

Pour trouver comment il s'est brisé, il est clair qu'il ne suffit pas d'étudier directement ces fragments, car avec diverses causes de rupture leurs caractères seraient encore les mêmes. Nous devons donc chercher, par l'étude comparative des astres, s'ils offrent des traces de phénomènes analogues à celui dont les météorites sont les produits.

Commençons par la terre.

RUPTURE SPONTANÉE DE LA TERRE

Y a-t-il sur la terre quelque indice du genre de ceux dont il vient d'être question ; en d'autres termes, notre globe manifeste-t-il une tendance à la rupture ?

Tout le monde sait qu'on peut hardiment répondre par l'affirmative. De toutes parts l'écorce

terrestre est fendue et brisée. Les couches, stratifiées ou non, sont réduites par des fissures entrecroisées en blocs distincts désignés sous le nom de *fragments naturels*. En outre, l'ensemble entier de l'écorce est coupé en tous sens par des *failles* innombrables, d'une profondeur inconnue, mais sans doute égale à l'épaisseur de l'écorce consolidée, et dont la largeur parfois inappréciable s'élève en certains cas, jusqu'à 25 mètres et plus. Quant à leur longueur, également très variable, elle peut atteindre plus de cent kilomètres, comme on en a des exemples en Angleterre et en Irlande.

Or, mettant de côté les terrains stratifiés, qui n'ayant pas d'analogues chez les météorites sont ici hors de question, ces ruptures ont toutes la même cause : toutes sont dues à un retrait plus ou moins considérable des roches solides. Pour ce qui est de la fragmentation naturelle du granit et du basalte, la chose est évidente d'elle-même ; il sera facile de montrer qu'il en est ainsi encore pour les failles.

Reportons-nous en effet à la structure générale de notre globe, composé d'une enveloppe solide, relativement fort mince, reposant sur un noyau fluide ou pâteux. Ce noyau se refroidissant sans cesse, se contracte, et par conséquent l'enve-

loppe, qui bien que se refroidissant tout autant se contracte moins à cause de son état solide, n'en peut suivre le mouvement centripète et ne tarde pas à porter à faux. Vu sa grande minceur, cette enveloppe, ainsi tordue, doit se briser et c'est ainsi qu'elle se débite en segments qui chevauchent les uns sur les autres.

Il est évident qu'à mesure que la croûte terrestre deviendra plus épaisse les effets des failles seront de plus en plus sensibles et les dénivellations de plus en plus grandes jusqu'au moment où le globe sera entièrement solidifié.

Le globe terrestre manifeste donc avec évidence, une tendance à la rupture spontanée.

Mercure, Vénus, Mars possèdent des chaînes de montagnes, et ces montagnes ont tous les caractères de celles que nous avons à la surface de notre globe. Des failles ont nécessairement précédé les montagnes comme elles ont précédé les nôtres ; donc ces planètes ont, comme notre globe, une tendance à la rupture spontanée.

RUPTURE SPONTANÉE DE LA LUNE

La même remarque s'applique à la Lune, dont le sol est couvert de hautes montagnes, la plupart de nature volcanique. L'orientation offre même parfois des traits de ressemblance avec celle qu'on observe sur la terre ⁽¹⁾. De même que les puys d'Auvergne sont distribués suivant un méridien, un grand nombre de volcans lunaires sont rangés le long de lignes allant du nord au sud. Divers observateurs, le savant H. Lecoq entre autres ⁽²⁾, ont fait ressortir ces particularités et ces analogies.

Outre les montagnes qui prouvent l'existence de failles, la Lune offre un phénomène qui se rattache intimement à celles-ci ; c'est celui des *rainures*. Les rainures sont des sillons, ordinairement rectilignes ou n'offrant que de légères courbures, d'une longueur qui varie de 20 à 300 kilomètres et d'une largeur de 500 à 3000 mètres. Elles ne font aucunement saillie sur le sol et se perdent dans sa profondeur. Leurs

(1) ÉLIE DE BEAUMONT. — *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. XVI, p. 1033.

(2) *La Lune et l'Auvergne*.

extrémités meurent en pointes. La plupart sont isolées, dans les plaines, à côté de cratères qu'elles traversent sans dévier. Parfois elles sont en groupes parallèles. Certaines s'entrecroisent ou se ramifient; rare circonstance. Elles se trouvent dans toutes les régions, ce qui montre qu'elles tiennent à une cause générale.

C'est seulement vers la fin du siècle dernier, que l'astronome Schrœtter observa ces accidents pour la première fois. Leur nombre augmenta très rapidement. On en connaît plus d'une centaine. M. Birt pense en avoir vu se former sous ses yeux.

Quant à leur origine, on a fait bien des suppositions. Schrœtter, croyant à des habitants de la Lune, y vit de leurs travaux, canaux ou fortifications; d'autres ont cru y reconnaître le lit de rivières ou de fleuves : opinions également insoutenables, la première à cause des gigantesques dimensions des rainures qui sont en disproportion complète avec ce que les hommes pourraient faire; la seconde à cause des formes générales des rainures et surtout de leurs relations qui avec le relief du sol excluent complètement l'idée de rivières, celles-ci ne passant pas au travers de chaînes de montagnes.

Il est manifeste que les rainures sont des fêlures naturelles du globe lunaire et comme une exagération du phénomène des failles. Beer et Mädler, placés à peu près à ce point de vue, ont cependant commis la grande erreur d'attribuer ces fêlures à l'action de vapeurs élastiques enfermées dans les profondeurs de l'astre. Rien ne justifie cette supposition d'ailleurs complètement inutile, comme on le verra.

En résumé, la Lune, bien plus encore que les corps célestes précédemment cités, manifeste une tendance à la rupture spontanée.

ÉTAT FRAGMENTAIRE DES PETITES PLANÈTES

Reste à étudier le groupe singulier d'astéroïdes situés entre les orbites de Mars et de Jupiter, et qui s'élèvent pour le moment au nombre de 360 environ.

Ces astres-là, aussi, manifestent la tendance à la rupture spontanée, mais d'une autre manière que les précédents. Ils ne nous montrent plus des planètes en train de se fendre, ils nous montrent les fragments distincts d'une planète déjà brisée ; ce qu'il sera facile de prouver.

On sait quelle sensation produisit la découverte du premier de ces astéroïdes, Cérés, le 1^{er} janvier 1801, par Piazzi, découverte qui répondait si exactement à la prévision, de la soi-disant loi de Titius-Bode. On sait aussi que les découvertes subséquentes de Pallas et de Junon conduisirent Olbers à regarder ces astres comme les débris d'une planète primitivement unique, et mise en pièces par le choc d'une comète ou par une explosion.

Mais le fait que l'orbite de Vesta ne vient pas couper les orbites des trois planètes précédentes au point précis où celles-ci se rencontrent, ruina cette hypothèse ingénieuse, qui fut définitivement abandonnée.

Les planètes télescopiques sont de très petite taille. Pallas, la plus grosse, n'a que 246 lieues de diamètre; Vesta, dont le diamètre est de 123 lieues, offre une surface égale seulement au neuvième de celle de l'Europe. Mais ce qui est plus remarquable encore que cette petitesse extrême, c'est leur variabilité d'éclat, fait qui s'explique aisément en admettant que les télescopiques nous présentent tantôt de larges surfaces et tantôt des pointes ou des parties allénuées. Ceci admis, les énormes divergences des mesures que divers astronomes ont donnés de

ces petits astres, s'expliquent aisément. C'est ainsi que Schrøtter assigne à Cérès 185 lieues de diamètre, que William Herschel lui en donne 65 et Argelander 90. Les observateurs étant également habiles, c'est dans des variations réelles de l'astre qu'il faut chercher la cause de ces écarts, et ces variations ne peuvent se produire que si l'astre n'est pas sphérique.

La forme essentiellement irrégulière des astéroïdes prouve que ce sont des débris; ce sont comme de grosses météorites qui doivent leur état actuel à la même cause qui a produit les météorites proprement dites. Ainsi se complète une gradation pleine d'enseignement. Après la terre et les planètes qui se fêlent de toutes parts, la lune profondément crevassée; après la lune, les astéroïdes qui sont de gros débris d'astres; après les astéroïdes, les météorites produits d'une démolition encore plus avancée.

Il nous reste à montrer dans cette série les degrés d'une action qui s'exerce sur tous les astres, déterminant chez eux une succession d'états divers à laquelle convient le nom d'*Evolution sidérale*.

L'ÉVOLUTION SIDÉRALE

Reprenons les choses où Laplace les a laissées, et remarquons tout de suite qu'un phénomène qui paraît analogue à la segmentation des nébuleuses non résolubles est offert par les comètes, dont la nature et la constitution ont d'ailleurs, d'après le spectroscopie, tant de ressemblance avec celles de ces amas cosmiques. L'exemple le plus connu est celui de la comète de Biéla, dont la période est de six aux trois quarts, et qui en 1846 se divisa presque sous les yeux des observateurs. Dès le 19 décembre 1845, Hind avait remarqué une protubérance singulière à la surface de l'astre, mais, d'après Encke, le 21 il n'y avait pas encore trace de séparation. Vers le 15 janvier 1846, on reconnut la segmentation déjà effectuée, et quelques jours plus tard on vit des rayons que l'ancienne comète envoyait à la nouvelle, de façon à établir comme un pont entre les deux. Au moment de la disparition, qui eut lieu en avril, les comètes étaient à 62 000 lieues l'une de l'autre; à leur retour en 1852, elles étaient, d'après le P. Secchi à 500 000 lieues. On ne put faire d'observations

en 1859, mais en 1866, on reconnut que l'astre errant avait complètement disparu. En 1872, la comète ne reparut pas davantage mais elle fut remplacée par une abondante pluie d'étoiles filantes.

Cette division, est loin d'être un fait isolé, on la considère maintenant, à la suite des travaux de M. Schiaparelli, comme expliquant l'origine et le mode de formation des étoiles filantes.

Phase stellaire. — Quand Laplace a fini d'exposer sa théorie, la nébuleuse originelle est remplacée par un Soleil entourée de planètes. Or, ce Soleil ou plus généralement cette étoile, car les étoiles et le Soleil sont de même espèce, continue à subir une série de transformations. C'est toujours, remarquons-le bien, sous l'influence d'une cause unique : le rayonnement vers les espaces et le refroidissement qui en est la conséquence.

L'étoile est entièrement gazeuse et fort peu lumineuse, mais il arrive progressivement que sa surface atteint une température où certains de ses éléments se condensent sous forme de poussière solide ou liquide.

Celle-ci, quoique moins chaude que le gaz d'où elle provient, a la propriété de rayonner la lumière et la chaleur ; par conséquent elle paraît

brillante. Elle forme une couche qui sépare l'atmosphère la plus légère, des vapeurs lourdes du centre. On lui donne le nom de *photosphère*. C'est par elle que le Soleil nous chauffe et nous éclaire et que les étoiles nous sont visibles.

Mais cette couche brillante, par suite des remous qui existent dans la masse gazeuse sous-jacente, est fréquemment soumise à des réchauffements locaux. Des tourbillonnements produits par les vitesses inégales des courants gazeux parallèles de la photosphère y produisent des enfoncements coniques de la nature des trombes et la matière ainsi réchauffée par sa pénétration à l'intérieur de l'astre ramène ses éléments à l'état gazeux, où ils perdent leur éclat ; la région ainsi devenue sombre porte le nom de *tache*. C'est grâce à cette formation des taches, si complètement élucidée par M. Faye (1), que le Soleil doit la faculté de luire si longtemps.

Énergiquement réchauffées par ce procédé, les matériaux abîmés dans les trombes s'échappent latéralement et alimentent des éruptions d'où résultent ces accidents si remarquables désignés depuis très longtemps sous les noms de *flammes*

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXVIII, p. 320 et t. LXIX, p. 122.

roses ou de *nuages roses* et plus récemment sous celui de *protubérances*. Elles atteignent en hauteur jusqu'à 34 000 lieues de 4 kilomètres.

On ne savait les observer que dans les occasions très rares des éclipses totales ; M. Janssen⁽¹⁾ et M. Lockyer⁽²⁾, par une application inespérée du spectroscopie, nous ont appris en 1868 à les étudier en tous temps. Des cartes obtenues par M. Respighi⁽³⁾ et depuis lui par de très nombreux observateurs montrent l'état de la surface solaire à tous les moments de la journée.

Une attention spéciale est due aux protubérances, parce qu'elles prouvent dans le Soleil l'exercice des actions éruptives constatées sur la terre.

Des éruptions du même genre se produisent dans bien d'autres étoiles. On pourrait citer une foule de faits. Pour les bien comprendre, remarquons qu'au moment où une éruption a lieu dans le Soleil, l'éclat de l'astre doit en être diminuée, puisqu'une partie de la photosphère cesse alors de rayonner pour faire place à des taches. Or, sur des étoiles trop éloignées pour

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXVIII, p. 93, 181, 245, 312, 314, 713 et 715.

(2) *Ibid.*, t. LXIX, p. 122.

(3) *Atti del Accademia dei Nuovi Lincei*, 5 déc. 1869.

qu'on y puisse observer directement les protubérances, on reconnaît la présence de celle-ci à des variations de l'éclat, et de ces variations à ces protubérances, la conséquence est d'autant plus légitime qu'on a constaté sur le Soleil une véritable périodicité d'éclat due à une périodicité dans l'abondance des taches. Les étoiles dites *périodiques* ne font qu'exagérer le cas offert par le Soleil et comme M. Faye l'a remarqué, les étoiles nouvelles et les étoiles subitement disparues ⁽¹⁾ peuvent être rattachées à des cas particuliers de périodicité.

De telle sorte qu'en rapprochant tous les faits de ce genre observés jusqu'ici, on reconnaît avec M. Faye que les étoiles à éclat constant, celles à faibles variations périodiques, à périodes irrégulières, enfin à extinction presque complète constituent un ensemble qui représente les « phases successives de vie d'une même étoile ».

Cette conclusion est confirmée par les études spectroscopiques. Le P. Secchi ⁽²⁾ l'un des premiers a montré que les étoiles se classent en différents groupes d'après leurs spectres, c'est-à-dire d'après leur constitution, qui est liée d'une

(1) *Revue des Cours Scientifiques*, t. III, p. 617.

(2) *Le Soleil*, p. 390.

manière très intime au degré plus ou moins avancé du refroidissement. Si l'on remarque, avec l'astronome romain, que ces étoiles d'âges différents occupent des régions différentes du ciel, on sera conduit à reconnaître que toutes les parties de notre univers ne datent pas de la même époque.

A ce point de vue on peut distinguer trois types principaux entre lesquels les spectres peu nombreux servent d'intermédiaires.

Le premier type comprend les étoiles très foncées qui se sont signalées par leurs variations. Leur peu d'éclat montre qu'elles sont encore voisines de la phase nébuleuse et leur extinction presque complète, que leur température est si élevée encore que leur photosphère est susceptible d'être presque entièrement détruite par les réchauffements venant des profondeurs.

Parmi les astres appartenant au premier type, nous citerons σ de la Baleine, α d'Hercule, β de Pégasse, α d'Orion, Antarès. Spectroscopiquement ces étoiles sont caractérisées par un double système de bandes nébuleuses et de raies noires. Les raies fondamentales sont identiques à celles du spectre solaire et les différences proviennent de ce que les taches sont bien plus nombreuses

et bien plus vastes. On sait, en effet, que les taches de notre Soleil impriment au spectre des caractères tout spéciaux.

Le deuxième type est celui des étoiles jaunes. Le Soleil en fait partie ainsi que la Chèvre, Pollux, Arcturus, Aldebaran, etc. L'identité du spectre de ces divers astres est très remarquable. Arcturus a trente raies qui coïncident rigoureusement avec trente raies du spectre solaire.

Enfin, le troisième type ou celui des étoiles blanches répond à des soleils où des taches ne se produisent plus, c'est-à-dire où la photosphère est continue et permanente. La moitié environ des étoiles visibles est comprise dans cette catégorie. On peut citer spécialement Sirius, Véga, Altaïr, Régulus, Rigel. Leur spectre est formé des sept couleurs avec quatre grandes lignes noires appartenant à l'hydrogène. Sirius offre dans le jaune, une raie très fine qui décèle le sodium, et dans le vert les raies du fer et du magnésium. Plusieurs sont d'une largeur très remarquable.

Il faut répéter que durant l'état stellaire l'époque de plus grand éclat correspond à un moment avancé du refroidissement : celui où la formation des taches n'est plus possible, parce

que l'énergie profonde n'est plus assez grande. De façon que cette époque d'exaltation lumineuse occupe le milieu entre deux périodes d'éclat moindre. Le premier est l'état nébuleux originel, l'autre est l'état planétaire.

Phase planétaire. — La phase planétaire suit forcément l'état stellaire. La Terre a brillé d'une lumière propre comme fait aujourd'hui le Soleil. Essayons de nous représenter les phases qu'elle a dû traverser.

La photosphère d'une étoile continuant de se refroidir, il arrive un moment où son éclat diminue et peu à peu l'astre doit devenir invisible. Quelquefois peut-être dans cette nouvelle période, des réveils ont-ils lieu. Dans ce cas, certaines étoiles variables au lieu d'être en voie de devenir des soleils éclatants seraient en train de cesser d'être des soleils. Quoi qu'il en soit, l'extinction définitive est inévitable et l'espace sans doute renferme beaucoup d'astres sombres, autrefois brillants.

Pour bien saisir ce qui se rapporte au passage de l'état stellaire à l'état planétaire, il faut se rappeler les distinctions établies ci-dessus entre les planètes de notre système, suivant qu'elles sont ou non capables de se solidifier. L'évolution est évidemment bien différente dans les

deux cas, puisque les planètes extérieures représentent des êtres atteints d'arrêt de développement.

Il semble que la plus jeune de ces dernières et en même temps la plus volumineuse de tout le système solaire, que Jupiter, soit encore dans une phase intermédiaire entre l'état stellaire et l'état planétaire proprement dit. D'après M. John Browning, en effet, à la lumière solaire qu'elle réfléchit s'ajoute une lumière propre.

Dans les planètes inférieures, les phénomènes de l'évolution sont plus compliqués. La couche photosphérique en s'éteignant y fait place peu à peu à une écorce solide, qui, comme elle, constitue une séparation entre l'atmosphère du globe et le noyau interne. Cette croûte, soumise extérieurement à une forte chaleur et à une énorme pression prend des caractères que la fusion simple ne saurait lui donner. Les roches qui se forment alors ont dans le granit et dans le gneiss leurs types les plus accomplis.

On sait que ces roches ne sont pas des produits de la voie sèche : fondues, elles subissent une désorganisation complète et se transforment en verres sans indice de cristallisation. On n'est pas parvenu jusqu'ici à imiter leur structure grenue, mais tout porte à penser qu'on y arriverait par

un perfectionnement convenable de la méthode par voie mixte qui, faisant intervenir l'eau *surchauffée*, force la chaleur et la pression à collaborer ensemble et qui a procuré déjà la synthèse séparée des différents minéraux granitiques.

La croûte une fois formée, les progrès du refroidissement lui font graduellement acquérir une épaisseur de plus en plus grande et cela à la fois par la face interne et par la face externe. Intérieurement, s'appliquent les uns sur les autres des revêtements dont, jusqu'à un certain point, la nature nous est révélée par les roches éruptives ; extérieurement se dépose peu à peu une nombreuse série d'assises consistant d'abord dans les parties les plus condensables des vapeurs contenus dans l'atmosphère primitive.

Cette condensation produit la première mer couvrant tout le globe d'une nappe épaisse d'eau chaude chargée de principes minéraux, qui exerce son activité chimique sur les roches sous-jacentes. De réactions spéciales résultent ainsi la production de ces roches stratiformes dont les micaschistes et les talcschistes sont des représentants.

Le refroidissement continuant de contracter le noyau, la croûte qui ne peut suivre le retrait de celui-ci subit, comme on l'a vu, des déforma-

tions et des ruptures. Certaines parties soulevées constituent les premiers continents, et l'eau va se concentrer dans les portions les plus déclives. Alors commencent l'attaque des rivages par le flot, et en même temps le travail de stratification dans les bas-fonds, où vient se déposer le produit de la désagrégation des côtes.

Le sol continue ses mouvements de bascule : le premier fond de mer deviendra à son tour, au moins en quelques parties, sol continental et *vice versa* : ainsi, les mêmes parties comme soumises au système de culture de quelque tout-puissant agriculteur armé du levier d'Archimède, subissent alternativement l'action fécondante ou épuisante des agents atmosphériques et des agents océaniques, et à chaque période de cette rotation, donnent des produits de plus en plus perfectionnés.

Plus tard, par suite de l'épaississement de la croûte, du refroidissement des eaux et de l'épuration de l'atmosphère, un moment vient où la vie organique se déclare. C'est au fond des océans qu'elle se manifeste d'abord, par l'apparition d'êtres inférieurs qui, aussitôt créés, opérant comme agents géologiques de première importance, bâtissent les récifs, ajoutent de nouvelles assises aux terrains stratifiés ; si actifs qu'ils pa-

raissent avoir remanié toutes les molécules de la surface du globe; il n'y a guère de calcaire, abstraction faite des concrétions fontigéniques, qui ne puisse être considéré comme ayant vécu.

Sur les continents, des plantes inférieures pulvérisent les roches les plus dures. De cette poussière, à laquelle leur propre dépouille se mêle, naît la terre végétale.

Partis de ces degrés infimes, les deux règnes, avec l'aide du temps, fournissent leur série progressive, après quoi un être nouveau apparaît qui prend la direction du monde ainsi préparé. Partout où l'homme s'installe, le relief du sol, la faune et la flore, la météorologie, tout est ordonné à nouveau par rapport à lui, par rapport à l'esprit qui fait son caractère et sa supériorité.

Si, par suite de la démolition des montagnes et du comblement des océans, le globe s'achemine vers un nivellement général, une autre cause tend à produire un effet exactement inverse, c'est-à-dire à déterminer des soulèvements de l'écorce solide.

Nous avons, dans l'épaisseur de cette écorce, de nombreuses preuves que des soulèvements de ce genre ont eu lieu à maintes reprises : à droite et à gauche des failles, si souvent observées, les couches du sol ont glissé en sens inverse, de fa-

çon à offrir des rejets parfois très considérables. C'est ainsi, pour citer un exemple entre mille, que se sont formées les chaînes parallèles des Vosges et de la Forêt Noire qui limitent la plaine du Rhin.

Il est facile aussi de reconnaître que, même à l'époque actuelle, des soulèvements se produisent. Ils ont lieu, en général, avec une extrême lenteur, mais dans plusieurs régions devenues célèbres, telles que la Péninsule Scandinave et le Chili, on a pu les suivre pas à pas et les mesurer avec précision.

Une remarque importante est relative aux changements que la condition des roches subit pendant ces mouvements verticaux. Par suite d'affaissements progressifs, les sédiments peuvent s'accumuler sur des milliers de mètres d'épaisseur. Les couches qui deviennent ainsi très profondes subissent à la fois une pression considérable et une température très élevée. Les roches, dont elles sont formées, sont alors placées dans des conditions analogues à celles de l'écorce primitive, lors de sa formation et l'on peut penser qu'elles se modifient profondément. Elles peuvent par exemple, d'argilouses qu'elles étaient, devenir cristallines et passer successivement à l'état de phyllade, de talcschiste, peut-être de

micaschiste et de gneiss. De façon que les roches dites primitives pourraient n'être, dans cette manière de voir, que le résultat de la transformation des sédiments.

Il importe ici de remarquer que ce qui a été dit de l'état actuel de la Terre s'applique à quelque différence près à Vénus et surtout à Mars. Les différences principales sont que la première de ces deux planètes est moins avancée en développement que la Terre, tandis que la seconde est plus âgée que celle-ci.

Mars se présente dans des conditions particulièrement favorables à l'étude, parce que contrairement à ce qui a lieu pour Vénus, il est en opposition lors de sa distance minima à la Terre.

Or, comme le montrent les travaux de M. Proctor, de M. Williams, de M. Schiaparelli, de M. Terby, de M. Perrotin et d'autres observateurs, il présente un ensemble de conditions tout à fait analogues à celles qui s'exercent sur notre globe (1). On n'a qu'à jeter les yeux sur une carte de Mars pour y constater la présence de continents et de mers. Les mers diffèrent cepen-

(1) Consulter en outre l'important travail de M. F. Terby : *Areographische Fragmente. Manuscripts et dessins originaux et inédits de l'astronome J.-H. Schræter, de Lilienthal* (Bruxelles, 1873).

dant des nôtres par leur forme sur laquelle nous allons revenir. A la surface des continents se voient des montagnes constituant des chaînes parfois très élevées. Autour des pôles on reconnaît des calottes de glaces, variant d'étendue avec les saisons et donnant lieu à certaines époques à des débâcles toutes pareilles à celle de la Terre. L'existence de ces glaces et de ces neiges polaires suppose celle d'une atmosphère. On la voit en effet. Plus mince et plus transparente que la nôtre, elle charrie les nuages qui disparaissent parfois, se résolvant sans doute en pluie. Il y a donc dans Mars des vents comme ici ; on y a noté des tourbillons et des cyclones. La plupart de nos phénomènes météorologiques doivent s'y produire.

Mais si grande que soit la ressemblance entre la Terre et Mars, il n'y a pas identité. Nous venons de dire que Mars est parvenu à un degré d'évolution un peu plus avancé que la Terre.

On peut se rendre compte des différences qui en résultent. En effet, le refroidissement continuant, la croûte solide s'épaissit, d'abord par le placage interne de couches solidifiées, puis par l'application externe de sédiments nouveaux. Toutes ces couches absorbent une quantité progressivement croissante d'eau. Déjà la série des

époques géologiques nous montre que, sur la Terre, la surface des océans a toujours été en diminuant. Aux époques primitives, c'est à peine s'il existait quelques îles peu étendues; aujourd'hui l'eau ne couvre plus que les trois quarts du globe et l'absorption continue. Par conséquent Mars, étant plus âgé, doit avoir moins de mers, ce qui a lieu car c'est à peine si une moitié de la planète en est couverte. De plus, la forme même des mers martiales est pour nous un effet nécessaire de la vétusté relative de Mars.

Cette forme est décrite dans les termes suivants, par M. Proctor (1) : « Une des plus remarquables particularités de la planète Mars, dit-il, consiste dans le grand nombre des passes longues et étroites et des mers en *goulots de bouteille* (bottle-necked), cette disposition diffère essentiellement de tout ce que l'on connaît sur la Terre. Ainsi, la passe d'Huggins est un long courant fourchu, beaucoup trop grand pour qu'on puisse le comparer à aucune rivière terrestre. Il s'étend sur 3 000 milles anglais environ et joint la mer d'Airy à celle de Maraldi. La passe de Bessel est presque aussi longue. Un autre canal, que les cartes désignent sous le

(1) *Scientific Review* du 1^{er} mars. 1869.

nom de Nasmyth, est encore plus remarquable; commençant près de la mer de Tycho, il coule vers l'est parallèlement à elle et à celle de Beer, puis se courbe brusquement vers le sud et, s'élargissant alors, forme le fond de la mer de Kaiser, etc. ».

Or, si l'on prend une carte marine telle que celle de l'océan Atlantique du nord, et que l'on trace les courbes horizontales successives pour des profondeurs de plus en plus grandes, on reconnaît que ces courbes tendent progressivement à limiter les zones dont la forme est de plus en plus allongée. A 4 000 mètres, par exemple, on obtient des formes comparables de tous points à celle des mers de Mars qui viennent d'être citées.

Il en résulte que si l'on suppose l'eau de l'Atlantique absorbée par les masses profondes actuellement en voie de solidification, de façon que le niveau de cet Océan s'abaisse de 4 000 mètres, on aura à la fois une bien moins grande surface recouverte par l'eau et une forme étroite et allongée de la mer, c'est-à-dire exactement les conditions que présente Mars.

En même temps que l'eau est bue de la sorte, l'air lui-même doit être absorbé. Toutes les roches sont aérées : on sait quelle peine on éprouve à chasser l'air de la roche, même la plus com-

pacte, dont on veut obtenir la densité avec précision. Les diverses masses minérales s'aérant en même temps qu'elles se mouillent et par conséquent en même temps qu'elles se refroidissent, la couche atmosphérique doit décroître progressivement. Il est donc naturel que chez Mars l'atmosphère soit beaucoup plus mince que sur la Terre, ce qui est, par parenthèse, une excellente condition pour l'étude télescopique de notre voisin planétaire.

La géologie fournit une sorte de confirmation indirecte de cette absorption successive de l'atmosphère. Il résulte en effet des expériences des physiciens, de M. Tyndall surtout, qu'une faible augmentation dans l'épaisseur de notre atmosphère ou dans la proportion de vapeur d'eau qu'elle contient suffirait pour que la chaleur solaire s'y emmagasinât en plus grande quantité, et qu'elle se déperdit beaucoup plus lentement, c'est-à-dire, en définitive, pour ce que nous appelons les climats, disparût et qu'une température chaude et très peu variable s'étendit à toute la Terre. Or, un des caractères les plus remarquables des périodes géologiques anciennes est justement cette absence de climat indiqué par l'uniformité de la faune et de la flore sur toute la planète. Nous pouvons voir là une confirma-

tion de notre opinion que l'air a formé une couche bien plus épaisse qu'aujourd'hui.

On est encore fortifié dans cette manière de voir par un examen des planètes du système intérieur, qui, à l'inverse de Mars, sont moins avancées que le globe terrestre en développement. Sur Vénus, on voit des océans et des continents; mais il est difficile d'en apprécier avec exactitude la forme et l'étendue; ce qui est dû, outre la proximité du Soleil, à l'épaisseur de l'atmosphère qu'on peut évaluer d'après l'intensité des phénomènes crépusculaires. D'ailleurs la météorologie de Vénus est tout à fait comparable à la nôtre; on constate sur cette planète des vents et des nuages, et même, dans diverses occasions, des aurores polaires y ont été notées. Le sol porte des montagnes qui paraissent très élevées et qui, lors des phases, déchiquettent profondément le croissant de la planète. Entre Vénus, la Terre et Mars, il y a donc relativement à l'épaisseur de l'atmosphère, une graduation des mieux ménagées.

Mercure continue la série. Ainsi l'observation directe confirme la théorie de Laplace : conformément à ce que celle-ci exige, de Mercure à Mars en passant par Vénus et la Terre, les planètes sont de plus en plus âgées.

Mars a-t-il atteint le terme de l'évolution sidérale ? Évidemment non. Nous avons vu déjà, en traitant de la rupture spontanée, que la Lune peut tout naturellement se placer à la suite de cette planète. Il va nous être facile de montrer qu'il en est de même quant aux caractères qui nous occupent maintenant.

Phase lunaire. — D'abord, il est clair que, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse de développement des astres est en rapport avec leur petitesse, laquelle détermine la rapidité de leur refroidissement. Forcément, la Lune est donc bien plus âgée que la Terre.

Or, supposons que les phénomènes qui se passent sur la Terre continuent : quel sera le terme auquel ils aboutiront ? On se rappelle que l'épaisseur actuelle de l'écorce terrestre comparée au rayon du globe est extrêmement faible : l'activité volcanique de notre planète suffisant à le prouver. Il en résulte que cette écorce en épaisissant absorbera encore beaucoup d'eau.

Il est facile de reconnaître que l'eau de la mer tout entière ne suffirait pas, à beaucoup près, à l'hydratation des masses profondes en voie actuelle de solidification. En effet, d'après les nombreux sondages exécutés dans les derniers temps, l'océan représente le $\frac{1}{24\,000}$ du poids to-

tal du globe (1). Réduisons ce résultat pour 100 parties, on trouve comme composition de notre planète considérée dans son ensemble.

Roche.	99,9958
Eau.	0,0042
	100,0000

Cela posé, Durocher a reconnu que les roches cristallines, telles que le gneiss et le granit, considérées généralement comme anhydres, renferment 0,0127 pour % d'eau de constitution. Cette quantité, multipliée par le volume des roches considérées, est sensiblement triple de celle que la mer entière pourrait fournir au globe complètement refroidi; résultat qui suffit pour montrer que, bien avant le refroidissement total de notre planète, l'eau liquide aura absolument disparu de sa surface.

On se représente aisément les phases de ce dessèchement : l'appauvrissement successif de la vie animale et végétale; les climats remplacés par de brusques alternatives de chaud et de froid; un abîme noir substitué au ciel bleu, le globe entier livré au silence et à la mort.

Que cette fin soit réservée à la Terre, le fait

(1) DUROCHER. — *Bulletin de la Société Géologique de France*, 2^e série, t. X, p. 431.

paraît certain. Quant au temps dans lequel il pourra se produire, nous dirons que, d'après Bischoff, un globe de basalte gros comme la Terre exigerait 9 millions d'années pour se refroidir d'un degré.

Mais ce qui est encore si loin pour notre globe, semble être un fait accompli pour la Lune.

Remarquons d'abord que celle-ci offre avec la Terre des analogies assez intimes pour qu'il soit évident que ces deux astres sont de la même famille. Ce qui frappe tout d'abord, c'est la quantité de montagnes qui recouvrent notre satellite. Ces montagnes en général volcaniques présentent une très grande ressemblance avec les pays d'Auvergne et d'autres régions analogues.

Les cirques lunaires sont toutefois plus profonds que les nôtres; et cela tient sans doute à ce que la valeur de la gravité est moindre sur la Lune que chez nous. Ses cratères, au nombre de 50 000 au moins, ont parfois des dimensions gigantesques : Copernic, étudié par le P. Secchi, a une hauteur de 3 400 mètres, égale par conséquent à celle de l'Etna; une double enceinte annulaire de montagnes l'enveloppe avec des diamètres de 69 et de 87 kilomètres. Sauf les dimensions, c'est une reproduction des cratères des environs de Rome.

Les phénomènes volcaniques ne sont pas les seuls dont on reconnaisse les traces à la surface de la Lune.

D'abord la division en continents et en mers, malgré l'impropriété des termes, montre qu'il y a eu des actions diverses en différents points. Dans quelques régions on a pu constater comme une espèce de stratification. D'après Lecoq, certains grands cirques seraient formés non de roches volcaniques, mais, comme dans le Cantal, de roches porphyriques ?

Les corrosions dont on voit la trace en différents points rappellent l'action de l'eau. D'ailleurs l'existence seule des volcans atteste non seulement que l'intérieur de l'astre a été à une température élevée mais encore que de l'eau existait à la surface et en imprégnait l'écorce, c'est-à-dire que les principales conditions de la vie terrestre ont été réalisées sur la lune.

Mais les volcans lunaires sont maintenant éteints ; de plus, il n'y a à la surface de la Lune ni eau, ni atmosphère.

Jusque dans ces derniers temps, l'absence de l'eau et de l'air était douteuse. On pouvait supposer qu'avec les meilleurs télescopes on apercevrait une atmosphère invisible jusqu'ici ; mais l'analyse spectrale a démontré, dans les mains

de M. Huggins (¹), que cette absence est bien réelle. Voici comment : on observe le spectre d'une étoile (par exemple de E des Poissons qui, le 4 janvier 1865, se trouvait dans les conditions convenables et qui est citée par l'auteur un peu avant son occultation par la Lune); sa lumière ne saurait traverser l'atmosphère lunaire sans subir une modification quelconque, sans s'enrichir, par exemple, de quelque raie; or, il n'y a aucune modification perceptible jusqu'au moment de l'extinction; l'atmosphère lunaire n'existe donc pas.

S'il y a eu de l'eau et de l'air à la surface de la Lune, ce qui est incontestable, puisque sans eux les phénomènes volcaniques eussent été impossibles; et s'il n'y en a plus, ce que l'observation atteste, ils ont été absorbés, et c'est la confirmation de ce que nous enseignaient les astres précédemment examinés.

L'écorce solide, ne trouvant plus pour compenser les effets de son retrait, ni air, ni eau à absorber, doit se fendre comme une plaque d'argile qui sèche au Soleil, et cette remarque, en rendant compte de la production des rainures lunaires, nous autorise à dire que la Terre un jour aura elle-même des rainures.

(¹) *Analyse spectrale des corps célestes.*

Phase télescopique. — Mais ces rainures doivent se multiplier et s'agrandir par l'action continue qui les a produites. Aucune raison ne peut faire croire que le retrait s'arrête avant que l'astre ne soit réduit en fragments; et les Astéroïdes se présentent justement comme les produits de la démolition d'une planète ultramartiale qui, par suite de cette situation, était la plus âgée de toutes les planètes solides.

L'origine ainsi attribuée aux petites planètes doit être soigneusement distinguée de celle qu'Olbers leur assignait. On sait qu'il y voyait les fragments d'une planète heurtée ou subitement brisée par une action quelconque. Or, dans cette supposition toutes les orbites des fragments viendraient nécessairement s'entrecroiser au point même où la catastrophe aurait eu lieu, et il n'en est rien.

Au contraire, avec l'hypothèse de la rupture spontanée, cette nécessité n'existe pas. Il suffit pour que cette hypothèse soit légitimée, que les orbites se coupent simplement deux à deux, et cela a toujours lieu. Quand au mécanisme de la séparation des fragments qui semble tout d'abord incompréhensibles nous y reviendrons dans le paragraphe suivant.

L'absence de toute atmosphère autour des pla-

nètes télescopiques vient cadrer avec tous les faits précédents.

Phase météoritique. — Les météorites ne font qu'exagérer le caractère fragmentaire des Astéroïdes.

Les particularités du phénomène météoritique s'accommoderaient de la supposition (qui n'est d'ailleurs qu'une simple supposition) que la Terre avait autrefois un second satellite, plus petit que la Lune et qui, pour cette raison, aurait traversé plus vite que celle-ci les phases successives de l'évolution sidérale. Cette seconde lune se serait refroidie, aurait absorbée son océan et son atmosphère, se serait crevassée, et réduite en morceaux qui, glissant les uns contre les autres, et se concassant de plus en plus, se seraient, peu à peu, éparpillés le long de l'orbite parcouru par l'astre d'où ils dérivait, entourant la Terre d'un anneau dont ils se détachent successivement pour tomber à sa surface à des époques quelconques.

Il ne s'agit là; bien entendu, que d'une hypothèse. Mais elle parait légitime à la suite des travaux qui viennent d'être exposés, et nous pouvons citer pour l'appuyer une phrase de M. Faye, extraite du Rapport officiel à la suite duquel nos recherches sur les météorites furent

récompensés par l'Académie des Sciences de la médaille Lalande, jusque-là exclusivement réservée à des travaux d'astronomie pure : « M. Stanislas Meunier semble en droit de conclure que toutes ces masses ont dû appartenir autrefois à un globe considérable qui aura eu, comme la Terre, de véritables époques géologiques et se sera plus tard décomposé en fragments séparés, sous l'action de causes difficiles à préciser, mais que nous avons vues à l'œuvre plus d'une fois, dans le ciel même ». Et, à cet égard, l'illustre auteur fait allusion à l'égrènement tout à fait analogues des comètes le long de leurs orbites où leur poussière constitue, comme on l'a vu plus haut, les essaims d'étoiles filantes.

BIBLIOGRAPHIE

- NÆGGERATH. — *Mémoire historique et physique sur quelques chutes de pierres tombées sur la surface de la Terre en différentes époques.* Bulletin de la Société des sciences d'Orléans, t. IV, n° 43.
1794. CHLADNI. — *Ueber der Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer sich ænlicher Eisenmassen und damit in Verbindung stehende Naturercheinungen.* Riga.
1803. IZARN. — *Des pierres tombées du ciel et lithologie atmosphérique.* Paris.
1804. BARON DE ENDE. — *Ueber Massen und Steine die aus der Monde auf die Erde gefallen sind.* Brunswig.
1818. LEMAN. — *Considérations sur les pierres, les masses de fer et les poussières dites météoriques.* Paris.
1803. BIOT. — *Relation d'un voyage fait dans le département de l'Orne pour constater la réalité d'un météore observé à Laigle le 26 avril 1803.* Paris.
1812. BIGOT DE MOROGUES. — *Mémoire historique et physique sur les chutes des pierres tombées sur la surface de la Terre.* Orléans.

1819. PALASSOU. — *Des globes de feu observés dans les pays adjacents des Pyrénées*. Paris.
1819. CHLADNI. — *Ueber Feuermeteore und die mit denselben herabgefallenen Massen*. Vienne.
1843. PARTSCH. — *Die Meteoriten oder vom Himmel gefallenen Steine und Eisenmassen im K. K. Hof Mineralien Kabinette zu Wien*. Vienne.
1848. BEINERT. — *Ansichten über die Natur der Meteoriten*. Breslau.
1850. BOISSE. — *Recherches sur l'histoire, la nature et l'origine des aérolithes*. Rodez.
1855. GREG. — *An essay on Meteorites*. Manchester.
1863. KENGOT. — *Ueber die Meteoriten oder die Meteorischen Stein oder Eisenmassen*. Leipzig.
1863. BUCHNER. — *Meteoriten in Sammlungen*. Leipzig.
1873. L. SMITH. — *Memoir on Météorites*. Louisville.
1885. BREZINA. — *Die Meteoritensammlung des K. K. mineralogischen Hofkabinette in Wien*. Vienne.
1888. DAUBRÉE. — *Les régions invisibles du globe*. Paris.
1889. RIZATTI. — *Catalogo cronologico ragionato dei Meteorite*. Faenza.
1892. GREDILLA. — *Estudio sobre los meteoritos*. Madrid.
1802. HOWARD. — *Experiments and observations on certain stones and metallic substances wich at different times, are said to have fallen from the clouds*. Londres.
- 1820 SCHREIBERS. — *Beiträge für Geschichte und Kenntniss meteorischer-Stein und Metallmassen*. Vienne.

1859. HARRIS. — *The Chemical constituent of meteorites.* Göttingen.
1864. ROSE. — *Beschreibung und Eintheilung des Meteoriten.* Berlin.
1870. RAMMELSBERG. — *Die chemische Natur des Meteoriten.* Berlin.
1875. MASKELYNE. — *Some lectures notes on meteorites.* Londres.
1864. DE HAIDINGER. — *Eine grosskörnige Meteoreisen Breccie von Copiapo.* Vienne.
1870. DE HAIDINGER. — *Ueber das von Herrn Dr J. Auerbach in Moskan entdeckte Meteoreisen von Tula.* Vienne.
1874. TSCHERMAK. — *Die Trümmerstructur des Meteoriten von Orvinio und Chantonnay.* Vienne.
1875. TSCHERMACK. — *Die Bildung der Meteoriten und der Vulcanismus.* Vienne.
1877. STANISLAS MEUNIER. — *Géologie comparée.* Paris.
1885. " — *Météorites.* Paris.
1869. FAYE. — *Imitation artificielle de la Schreibersite*
Paris.
1882. FOUQUÉ. — *Reproduction des Météorites.* Paris.
1888. DAUBRÉE. — *Etudes synthétiques de géologie expérimentale.* Paris.
1889. STANISLAS MEUNIER. — *Recherches expérimentales sur le mode de formation de divers minéraux Météoritiques.* Paris.
-

TABLE DES MATIÈRES

DÉFINITION	Pages 5
----------------------	------------

PREMIÈRE PARTIE

LA CHUTE DES MÉTÉORITES

CHAPITRE PREMIER

Trajet des météorites dans l'atmosphère

Arrivée des bolides	8
Couleur des bolides	10
Grosseur apparente des bolides.	10
Hauteur des bolides	13
Surface de pays sur laquelle sont vus les bolides.	16
Trajectoire des bolides.	16
Orientation de la trajectoire des bolides	18
Vitesse des bolides	21
Trainées des bolides.	21
Explosion des bolides	24
Intensité des explosions	25
Nombre des explosions	26
Roulement consécutif aux explosions	27

CHAPITRE II

Arrivée des Météorites sur le sol

	Pages
Vitesse de chute des météorites	28
Incidence des météorites	30
Température des météorites au moment de leur chute	31
Odeur sulfureuse de beaucoup de météorites au moment de leur chute	33
Croûte noire des météorites	35
Nombre des météorites d'une même chute. . .	35
Distribution sur le sol des météorites d'une même chute	37
Cause de l'explosion qui accompagne la chute des météorites	42
Impression sur l'homme et les animaux. . . .	43
Accidents causés par les météorites	44
Superstitions relatives aux météorites	46
Opinions diverses sur l'origine des météorites .	53

CHAPITRE III

Phénomènes météorologiques qu'il importe de distinguer de la chute des météorites

Chute de matériaux volcaniques	66
" " " charriés par les vents.	67
" " " enlevés par les trombes.	69
" " " transportés par la foudre.	72

CHAPITRE IV

*Phénomènes astronomiques qu'il importe
de distinguer de la chute des météorites*

	Pages
Comparaison des étoiles filantes aux météorites	74
Différence au point de vue de la vitesse et des phénomènes sonores	76
Matière qui paraît être apportée par les étoiles filantes	77
Absence de périodicité chez les météorites	80
Absence de météorites pendant les pluies d'étoiles filantes	93
Conclusion de ce chapitre	94

DEUXIÈME PARTIE

LES CARACTÈRES INTIMES DES MÉTÉORITES

CHAPITRE PREMIER

Caractères extérieurs des météorites

Poids des météorites	98
Forme extérieure des météorites	98
Croûte noire extérieure	101

CHAPITRE II

Lithologie des météorites

I. Fers météoritiques proprement dits	110
A. Fers météoritiques homogènes	110
1 ^{er} type Octibbéhite	112
2 ^e " Catarinite	113
3 ^e " Braunite	114
4 ^e " Coahuilite	115
5 ^e " Nelsonite	115

	Pages
6 ^e type Bendégite	116
7 ^e // Arvaïte	116
8 ^e // Tucsonite	117
9 ^e // Jewellite.	118
10 ^e // Madocite.	118
11 ^e // Iéknite	118
12 ^e // Dicksonite	118
13 ^e // Tazewellite.	119
14 ^e // Rocite	119
15 ^e // Schwetzite	119
16 ^e // Lockportite.	120
17 ^e // Burlingtonite.	120
18 ^e // Caillite	120
19 ^e // Thundite.	121
20 ^e // Lenartite	121
21 ^e // Agramite	121
22 ^e // Carltonite	121
B. Fers météoritiques bréchoïdes.	122
23 ^e type Kendallite	122
II. Fers météoritiques associés à des minéraux pierreux	122
24 ^e type Pallasite	122
25 ^e // Brahinite	123
26 ^e // Lodranite	123
27 ^e // Atacamaïte.	124
28 ^e // Déésite	124
29 ^e // Rittersgrunite.	125
30 ^e // Logronite	125
31 ^e // Toulite	125
III. Pierres météoritiques	126
32 ^e type Erxlébénite	126

	Pages
33 ^e type Ménite	127
34 ^e // Butsurite	127
35 ^e // Sigénite	127
36 ^e // Bélaïte	128
37 ^e // Bustite	128
38 ^e // Renazzite	128
39 ^e // Manbhoomite	129
40 ^e // Rutlamite	129
41 ^e // Aumalite	129
42 ^e // Lucéite	130
43 ^e // Limerickite	131
44 ^e // Montréjite	132
45 ^e // Richmondite	132
46 ^e // Tieschite	133
47 ^e // Quincite	133
48 ^e // Tadjérite	133
49 ^e // Chantonnite	134
50 ^e // Stawropolite	134
51 ^e // Mesminite	135
52 ^e // Canellite	135
53 ^e // Banjite	135
54 ^e // Laiglite	135
55 ^e // Parnallite	136
56 ^e // Chladnite	137
57 ^e // Ormansite	137
58 ^e // Howardite	137
59 ^e // Chassignite	138
60 ^e // Igastite	138
61 ^e // Eukrite	139
62 ^e // Shalkite	139
63 ^e // Orgueillite	140
64 ^e // Bokkewelite	140

TROISIÈME PARTIE

LA GÉOLOGIE DES MÉTÉORITES

CHAPITRE PREMIER

Les catégories géologiques des roches météoritiques

	Pages
Météorites normales.	142
// volcaniques.	143
// métamorphiques	144
// bréchiformes	145
Les failles météoritiques	147
Les météorites filoniennes.	148
Les météorites éruptives	149

CHAPITRE II

Communauté d'origine géologique des divers types de météorites

Coexistence, dans une même brèche, de fragments appartenant à des types différents	152
Passages minéralogiques entre des types différents	155
Transformation artificielle de certains types en certains autres :	156
Reconstitution du globe météoritique	158

QUATRIÈME PARTIE

LA SYNTHÈSE DES MÉTÉORITES

CHAPITRE PREMIER

	Pages
<i>Synthèse du pyroxène magnésien météoritique.</i>	164

CHAPITRE II

<i>Synthèse des fers météoritiques</i>	169
--	-----

CHAPITRE III

<i>Synthèse du réseau métallique de fer associé à des silicates pierreux</i>	177
--	-----

CHAPITRE IV

<i>Synthèse des grenailles métalliques des pierres météoriques.</i>	180
---	-----

CINQUIÈME PARTIE

LA THÉORIE DES MÉTÉORITES

Rupture spontanée de la Terre.	184
" " de la Lune.	187
État fragmentaire des petites planètes	189
L'évolution sidérale.	192
Phase stellaire.	193
" planétaire	199
" lunaire	211
" télescopique	216
" météoritique	217
BIBLIOGRAPHIE	219

ST-AMAND (CHER), IMPRIMERIE DESTENAY, BUSSIÈRE FRÈRE

BIBLIOTHÈQUE DE CRIMINOLOGIE

(Collection grand in-8°).

La Philosophie pénale par **G. Tarde**, Chef de Bureau de la Statistique au Ministère de la Justice. **Troisième Edition.** Revue et corrigée. 1 vol. 7 fr. 50

Ce volume renferme les chapitres suivants : Considérations générales. — L'Ecole positiviste. — Théorie de la responsabilité. — Théorie de l'irresponsabilité. — Le criminel. — Le crime. — Le jugement. — La peine. — La peine de mort.

Études Pénales et Sociales par **G. Tarde**, Chef de Bureau de la Statistique au Ministère de la Justice. 1 volume 6 fr. »

Ce volume renferme les divisions suivantes : Le duel. — Le délit politique. — L'atavisme moral. — L'amour morbide. — Quatre crimes passionnels. — L'archéologie criminelle en Périgord. — La crise de droit moral et la crise de droit pénal. — Etudes criminelles et pénales. — L'idée de culpabilité. — Les lois de l'imitation. — Dépopulation et civilisation. — Les idées sociologiques de Guyau. — Le suffrage dit universel.

Les Palimpsestes des Prisons recueillis par le professeur **César Lombroso**. 1 gros volume orné de 33 dessins et d'une planche graphique statistique 6 fr. »

Ce volume renferme les divisions suivantes : Les Camarades. — La Justice. — Le Détonu. — Céramique et épigraphes criminelles. — Le délit. — La Prison. — Passions. — Religion et morale. — Le livre. — Politique. — Lyriques. — Agonie. — Femmes. — Palimpsestes étrangères.

Les Habitués des Prisons de Paris Etude d'Anthropologie et de Psychologie criminelles par le Dr **Emile Laurent**, ancien interne à l'Infirmerie centrale des Prisons de Paris. 1 volume avec 70 figures dans le texte et 14 portraits en phototypie 10 fr. »

Ce volume renferme les chapitres suivants : La population des Prisons de Paris. — Héritéité des criminels. — Criminels d'accidents et criminels d'occasion. — Mendians et Vagabonds. — Criminels d'habitude. — Faux moraux et criminels nés. — Histoire d'un criminel. — Les dégénérés dans les prisons. — Les Épileptiques. — Les Hystériques. — Les Intoxiqués. — Les Aliénés. — L'âme des criminels. — Croyances et religion. — L'Argot. — L'Écriture. — La Littérature. — Les Beaux-Arts. — Les Tatouages. — Les Criminels dans la Société. — Du Suicide. — Les Simulateurs. — Différents genres de délits. — Influence des milieux. — Les Châtiment et peines.

Le Crime à Deux Essai de psychologie morbide par **Scipio Sighele**, traduit sur la 2e édition italienne par Vincent Palmet. 5 fr. »

Divisions de l'ouvrage : La Suggestion dans le Crime. — Le couple saint le couple suicide et le couple fou. — Le couple criminel. — Les couples dégénérés. — Les libéricides. — L'évolution du suicide au meurtre dans les drames d'amour.

Principaux Ouvrages Médicaux

CLINIQUE MÉDICALE DE LA CHARITÉ

LECONS & MÉMOIRES

Par le professeur **POTAIN**.

et ses collaborateurs

Ch. A. François-Franck
Professeur suppléant au Collège de France

E. Suchard
Chef de laboratoire d'anatomie pathologique

H. Vaquez
Chef de clinique à la Faculté de Médecine

P. J. Teissier
Interne des Hôpitaux de Paris

1 fort vol. in-8° de 1,060 p. avec nombreuses fig. dans le texte. 30 fr.

Ce volume contient tout d'abord des *leçons* du professeur, recueillies par M. VAQUEZ. Celles qui ont été choisies se rapportent toutes aux maladies du cœur. — Le reste du livre est composé de travaux et de recherches poursuivis dans le service : deux mémoires de M. POTAIN (*des souffles cardio-pulmonaires et du choc de la pointe du cœur*), sont la démonstration complète de certains points de la séméiologie cardiaque. — M. VAQUEZ a donné un mémoire sur la *Phlébite des membres*; M. TEISSIER a rédigé les *Rapports du rétrécissement mitral pur avec la tuberculose*; M. SUCHARD a fourni un intéressant travail sur la *Technique des autopsies cliniques*. — Enfin, M. FRANÇOIS-FRANCK a rédigé un très important mémoire, *l'Analyse de l'action expérimentale de la digitaline*. — L'ensemble de ce volume forme donc un tout traitant tout spécialement des maladies du système circulatoire.

Atlas de Laryngologie et de Rhinologie

Par A. GOUGUENHEIM, médecin de l'hôpital Lariboisière et J. GLOVER, ancien interne de la clinique laryngologique de l'hôpital Lariboisière. 1 vol. in-4° avec 37 planches en noir et en couleur, comprenant 246 figures et 47 fig. dans le texte 50 fr.

Traité pratique des Maladies du Système nerveux

Par J. GRASSET, professeur de clinique médicale à la Faculté de Montpellier, et G. RAUZIER, chargé du cours de Pathologie interne à la Faculté de médecine de Montpellier. *Quatrième édition*, revue et considérablement augmentée. 2 vol. grand in-8°, avec 122 figures et 33 planches dont 15 en chromo et 10 en héliogravure. 45 fr.

Précis d'Obstétrique

Par MM. A. RIBEMONT-DESSAIGNES, agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, accoucheur de l'hôpital Beaujon, et G. LEPAGE, chef de clinique obstétricale à la Faculté de Médecine. 1 fort vol. in-8° de 1300 pages avec 480 figures dans le texte 30 fr.

Précis d'Hygiène privée et sociale

Par A. LACASSAGNE, professeur de médecine légale à la Faculté de Lyon. *Troisième édition*, revue et augmentée. 1 vol. in-16 diamant, cartonné à l'anglaise, tranches rouges 7 fr.

paru depuis le 1^{er} Janvier 1894

TRAITÉ

DES MALADIES DES YEUX

Par Ph. PANAS

Professeur de clinique ophtalmologique à la Faculté de Médecine
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu — Membre de l'Académie de Médecine

2 vol. gr. in-8° avec 453 fig. et 7 pl. coloriées, cartonnés. . . . 40 fr.

Dans cet ouvrage, l'auteur s'est attaché à donner d'une façon concise l'état actuel de la science ophtalmologique en prenant pour base la clinique sans négliger l'enseignement et les recherches de laboratoire. — Le premier volume comprend l'anatomie, la physiologie, l'embryologie, l'optique et la pathologie du globe de l'œil. — Le second contient ce qui a trait à la musculature, aux paupières, aux voies lacrymales, à l'orbite et aux sinus cranio-faciaux; le tout envisagé au point de vue de l'anatomie, de la physiologie et de la pathologie. En un mot, essentiellement pratique, ce livre s'adresse autant aux étudiants qu'aux ophtalmologues de profession.

Leçons de Thérapeutique

Par le Dr Georges HAYEM, professeur à la Faculté de médecine de Paris, Membre de l'Académie de médecine.

Les Agents physiques : agents thermiques, électricité, modifications de la pression atmosphérique, climats et eaux minérales, 1 vol. in-8° avec nombreuses fig. dans le texte et une carte des eaux minérales et des stations climatiques. 12 fr.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE D'HYDROTHÉRAPIE MÉDICALE

Par le Dr F. BOTREY, médecin de l'établissement de Divonne, ancien interne des hôpitaux de Paris et de la Salpêtrière, 1 vol. in-8°. 10 fr.

Extrait de l'Introduction. — L'Hydrothérapie ne se compose pas exclusivement de l'instrumentation et des appareils employés dans les établissements spéciaux. Elle possède comme moyens d'action une foule de procédés différents et variés que l'on peut mettre en œuvre non seulement dans un établissement, mais encore au domicile même des malades; et « hydrothérapie » n'est pas uniquement synonyme de « douches », ainsi que beaucoup le croient.

C'est dans le but d'étudier, d'une façon aussi pratique que possible, les divers procédés de la méthode hydrothérapique, les actions thérapeutiques qu'ils déterminent et les indications auxquelles ils répondent, que nous avons écrit ce livre. Nous espérons avoir éclairci, dans une certaine mesure, les obscurités ou les points douteux qui règnent encore sur l'interprétation théorique des effets de l'hydrothérapie ou sur les applications pratiques de la méthode.

REVUE DES SCIENCES

Et de leurs Applications aux Arts et à l'Industrie

Journal Hebdomadaire Illustré

RÉDACTEUR EN CHEF

Gaston TISSANDIER



1894
au 1^{er} Décembre

Recettes et Procédés Utiles

Récréations Scientifiques

Actualités Scientifiques

Boîte aux Lettres

VINGT-DEUXIÈME ANNÉE

44 VOLUMES

Publiés

Les Abonnements et Renouvellements sont reçus

à la Librairie G. MASSON

120, BOULEVARD ST-GERMAIN, PARIS

Un an : Paris, 20 fr. Départements, 25 fr. Union postale, 26 fr.

Six mois — 10 fr. — 12 fr. 50 — 13 fr.

Le Numéro : 50 Centimes



Renouvellement d'Abonnement

PRIX

d'Abonnements:

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD ST-GERMAIN, PARIS

WAGNER, FISCHER et L. GAUTIER

TRAITÉ
DE CHIMIE INDUSTRIELLE

A l'usage des Chimistes, des Ingénieurs, des Industriels, des Fabricants de produits chimiques, des Agriculteurs, des Écoles d'arts et manufactures et d'arts et métiers, etc., etc. Troisième édition française entièrement refondue, publiée d'après la treizième édition allemande. Deux beaux volumes grand in-8° formant ensemble 1760 pages avec 736 gravures dans le texte. 30 fr.

S'il est un livre qui s'impose aux fabricants, aux ingénieurs, aux chimistes et à tous ceux qui étudient, c'est certainement celui qui peut non seulement les initier aux difficultés de leur art, mais encore les tenir au courant des progrès de la science et de l'industrie.

Faire l'historique de ces industries, les grouper méthodiquement, en donner les secrets et les procédés, décrire en un mot l'ensemble de toutes les industries chimiques, tel est le but de cet ouvrage.

Le *Tome premier* comprend la métallurgie chimique, les matières et produits inorganiques, les matières et produits organiques.

Le *Tome second* comprend la fabrication du verre, des substances alimentaires, la technologie chimique des fibres textiles, les industries diverses, les combustibles et appareils de chauffage, les matières éclairantes et l'éclairage.

COURS
DE CHIMIE ORGANIQUE

Par M. **Chester de Coninck**, professeur-adjoint à la Faculté de Montpellier, membre du Conseil académique. *Tome second.*

Chimie des fonctions, série aromatique, 1 vol. in-8° de 275 pages. Prix 8 fr.

Prix des deux volumes 20 fr.

Ce volume renferme l'étude complète de la série aromatique; on y trouve aussi d'intéressants renseignements sur les matières colorantes les plus importantes. Mais ce qui, croyons-nous, fera l'intérêt du tome II, est l'appendice, consacré tout entier à l'étude des alcaloïdes, des ptomaines, des leucomaines. L'auteur, qui s'est fait connaître par de nombreuses recherches sur les bases pyridiques et quinoléiques, sur les ptomaines pyridiques, etc., avait qualité pour traiter cette question à un point de vue général.

Citons la dernière leçon où se trouve reproduit, d'après Gamaléïa, l'historique de la découverte des ptomaines; le savant auteur russe rend pleine justice aux découvertes des biologistes et chimistes français, et notamment à celles de l'auteur.

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD ST-GERMAIN, PARIS

LE
CONSTRUCTEUR

PRINCIPES, FORMULES, TRACÉS, TABLES ET RENSEIGNEMENTS
POUR L'ÉTABLISSEMENT

DES PROJETS DE MACHINES

A l'usage des Ingénieurs, Constructeurs, Architectes, Mécaniciens, etc.

Par **F. REULEAUX**

TROISIÈME ÉDITION FRANÇAISE

Par **A. DEBIZE**

Ingénieur en chef des Manufactures de l'Etat

1 vol. in-8 de 12 pages avec 1184 grav. dans le texte. 30 fr.

Deux éditions successivement épuisées prouvent l'accueil qu'a reçu cet ouvrage et les services qu'il a rendus.

La première partie qui comprend la **Résistance des Matériaux** donne, sous une forme très simple, toutes les formules dont l'emploi peut présenter quelque utilité dans la pratique. Ces formules se trouvent du reste accompagnées de figures et d'observations indiquant clairement les conditions dans lesquelles elles sont applicables; leur usage se trouve, en outre, facilité par une série d'exemples, convenablement choisis.

La seconde partie est consacrée à l'exposé des principes de la **Graphostatique** avec des exemples de son application à la construction des bâtiments et à celle des machines.

La troisième partie est relative à la **Construction des éléments de machines**. Elle est de beaucoup la plus développée, puisque chaque organe tel que les bielles, les traverses, les roues dentées, les transmissions, etc., etc., est l'objet d'un chapitre.

Enfin la quatrième partie renferme une **Série de tables** reproduisant sous une forme commode, divers éléments de calculs, dont le constructeur a constamment besoin, tels que tracés de courbes, surfaces, volumes, moments d'inertie, racines, etc.

Traité de Zoologie par EDMOND PERRIER, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle. 2 volumes grand in-8° de 1800 pages avec 1500 gravures dans le texte . . . 40 fr.

Traité de Botanique par PH. VAN TIEGHEM, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire Naturelle. **Deuxième Edition** revue et augmentée. Tome I. Botanique générale. Tome II. Botanique spéciale. 2 volumes grand in-8°, de 1856 pages, avec 1213 gravures dans le texte. . . 30 fr. »

Éléments de Botanique par PH. VAN TIEGHEM, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire Naturelle. **Deuxième Edition.** 2 volumes in-18 jésus de 1050 pages avec 550 gravures dans le texte 10 fr. »

Traité de Géologie par A. DE LAPPARENT, ancien ingénieur au corps des mines, professeur à l'Institut catholique de Paris. **Troisième Edition** entièrement revue. 2 volumes grand in-8° de 1660 pages avec 700 gravures dans le texte 24 fr. »
Ouvrage couronné par l'Institut de France.

Abrégé de Géologie par A. DE LAPPARENT, ancien ingénieur au corps des mines, professeur à l'Institut catholique de Paris. **Deuxième Edition** entièrement refondue. 1 vol. in-18 de 280 pages avec 134 gravures et 1 carte géologique de la France chromolithographiée 3 fr. 25

Cours élémentaire de Géologie Stratigraphique par CH. VÉLAIN. **Quatrième Edition** entièrement refondue. 1 vol. in-18 de 576 pages avec 435 gravures dans le texte et une carte géologique de la France imprimée en couleur. 4 fr. 50

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS
Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

COURS DE PHYSIQUE

DE
L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PAR M. J. JAMIN

QUATRIÈME ÉDITION

AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE,

PAR

M. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre Tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET) 72 fr.

On vend séparément :

TOME I, — 9 fr.

(*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 fig. et 1 planche 5 fr.

2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

(*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie. Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.

(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches 5 fr.

3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures. 4 fr.

(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches. 4 fr.

3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur 14 fr.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule ; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules ; Tome III, 2^e fascicule.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique; avec 155 fig. et 1 planche* 7 fr.
 2^o fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques; avec 161 fig. et 1 planche* 6 fr.

TOME IV. — (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

- 3^o fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Electromagnétisme. Induction; avec 240 figures* 8 fr.
 4^o fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales; avec 84 fig. et 1 pl.* 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs, des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

ANDRIEU (Pierre), Chimiste agronome. — **Le vin et les vins de fruits.** *Analyse du moût et du vin. Vinification. Sucrage. Maladies du vin. Etude sur les levures de vin cultivées. Distillation.* In-8 de 380 pages, avec 78 figures; 1894. 6 fr. 50

ARNOUX (Gabriel), ancien Officier de Marine. — **Essais de Psychologie et de Métaphysique positives. — Arithmétique graphique. — Les espaces arithmétiques hypermagiques.** Grand in-8, avec figures et 1 planche en couleur; 1894. Papier Hollande, 12 fr., Vêlin. 6 fr.

BARILLOT (Ernest), Expert-Chimiste près les Tribunaux, Membre de la Société chimique de Paris. — **Traité de Chimie légale.** *Analyse toxicologique. Recherches spéciales.* In-8, avec figures; 1894. 6 fr. 50

BOUSSAC, inspecteur général des Postes et Télégraphes. — **Construction des lignes électriques aériennes.** (*Ecole Professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes*). Ouvrage complété par E. MASSIN, ingénieur des Télégraphes. Grand in-8, avec 201 figures; 1894. 6 fr. 50

GIRARD (Aimé). — **Recherches sur la culture de la pomme de terre industrielle et fourragère.** 2^e édition. Un volume de texte grand in-8 avec figures et Atlas contenant 6 belles planches en héliogravure; 1891 8 fr.

On vend séparément :

Texte. 3 fr. 75 | Atlas 5 fr.

HERZBERG (Wilhelm), Directeur du Bureau Royal d'Analyse des papiers à Berlin. — **Analyse et essais des papiers,** suivis d'une *Etude sur les papiers destinés à l'usage administratif en Prusse (Normal-Papier), par Carl Hoffmann,* Ingénieur civil, Directeur de la *Papier Zeitung.* Ouvrage avec figures et 2 planches; 1894. 5 fr.

MANNHEIM (Le Colonel A.), Professeur à l'Ecole Polytechnique. — **Principes et Développements de la Géométrie cinématique.** *Ouvrage contenant de nombreuses applications à la théorie des surfaces.* In-4, avec 186 figures; 1894. 25 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose d'environ 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

A côté d'ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fourtier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

EXTRAIT DU CATALOGUE.

Aide-Mémoire de Photographie pour 1894, publié depuis 1876 sous les auspices de la Société photographique de Toulouse, par C. FABRE. In-18, avec figures et spécimens. Broché... 1 fr. 75 c., cart. 2 fr. 25.

Annuaire général de la Photographie pour 1894, (3^e année), publié avec le concours de MM. H. Fourtier, Ch. Gravier, G. Marechal, L. Vidal, Wallon, etc. Un volume in-8^o de 500 pages environ, illustré de nombreuses gravures. Prix 3 fr. 50. c. ; franco, 4 fr. 50 c.

Colson (R.). — *La perspective en Photographie*. In-18 jésus, avec figures ; 1894. 1 fr. 25

Conférences publiques sur la Photographie théorique et technique, organisées en 1891-1892, par le Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers. In-8, avec 198 figures, et 9 planches ; 1893 7 fr. 50

Conférences de MM. le Colonel Laussedat, Davanne, Demény, Lippmann, Janssen, le Capitaine Colson, Fabre, Coruu, Londe, le Commandant Fribourg, Vidal, Wallon, Trutat, Duchesne, le Commandant Moëssard, Becquerel, Gravier, Balagny, Buguet.

Courrèges (A.), Praticien. — *Ce qu'il faut savoir pour réussir en Photographie*. Petit in-8 ; 1894 2 fr. 50

Davanne. — *La Photographie. Traité théorique et pratique*. 2 beaux volumes grand in-8, avec 234 figures et 4 planches spécimens. 32 fr.

Chaque volume se vend séparément 16 francs

Donnadieu (A. L.), Docteur ès sciences. — *Traité de Photographie stéréoscopique. Théorie et pratique*. Grand in-8 avec figures et atlas de 20 planches stéréoscopiques en photocollographie ; 1892.. . . . 9 fr.

Dumoulin. — *Les couleurs reproduites en Photographie*. Historique. Théorie et pratique. 2^e édit., in-18 jésus ; 1894 1 fr. 50

Fabre (C.), Docteur ès sciences. — *Traité encyclopédique de Photographie*. 4 beaux volumes gr. in-8, avec plus de 700 figures et 2 planches ; 1889-1891 48 fr. »

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Tous les trois ans, un Supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendra compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

Premier Supplément triennal (A). Un beau volume grand in-8 de 400 pages, avec 176 figures ; 1892. 14 fr.

Les 5 volumes se vendent ensemble 60 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

- Ferret (l'abbé).** — *La Phologravure sans Photographie.* In-18 jésus ; 1894. 1 fr. 25
- Fourtier (H.).** — *Dictionnaire pratique de Chimie photographique,* contenant une *Etude méthodique des divers corps usités en Pholographie,* précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une Description détaillée des *Manipulations photographiques.* Grand in-8, avec figures; 1892 8 fr. »
- Fourtier (H.) et Molteni (A.)** — *Les projections scientifiques.* Etude des appareils, accessoires et manipulations diverses pour l'enseignement scientifique par les projections. In-18 jésus de 300 pages avec 113 figures; 1894. Broché, 3 fr. 50. Cartonné. 4 fr. 50
- Geymet.** — *Traité pratique de Photographie.* Eléments complets, méthodes nouvelles. Perfectionnements. 4^e édition revue et augmentée par *Eugène Dumoulin.* In-18 jésus; 1894 4 fr.
- Horsley-Hinton.** — *L'art photographique dans le paysage.* Etude et pratique. Traduit de l'anglais par H. COLARD. Grand in-8, avec 11 planches, 1894 3 fr.
- Karl (Van).** — *La Miniature photographique.* Procédé supprimant le ponçage, le collage, le transparent, les verres bombés et tout le matériel ordinaire de la Photominature, donnant sans aucune connaissance de la peinture les miniatures les plus artistiques. In-18 jésus 0 fr. 75
- Koehler (Dr R.).** — *Applications de la Photographie aux Sciences naturelles.* Petit in-8, avec figures; 1893. Broché, 2 fr. 50. Cartonné toile anglaise 3 fr.
- Londe (A),** Chef du service photographique à la Salpêtrière. — *La Photographie instantanée.* 2^e édit. In-18 jés. avec fig.; 1890. 2 fr. 75
 — *Traité pratique du développement.* Etude raisonnée des divers révélateurs et de leur mode d'emploi. 2^e édition. In-18 jésus, avec figures et 4 doubles planches en photocollographie; 1892 2 fr. 75
 — *La photographie médicale. Applications aux sciences médicales et physiologiques.* Grand in-8, avec 80 figures et 19 planches; 1893 9 fr.
- Martin (Ad.).** — *Méthode directe pour la détermination des courbures des objectifs de Photographie.* Grand in-8 avec figures; 1894 2 fr.
- Rouillé-Ladevèze.** — *Sépia-photo et sanguine-photo.* In-18 jésus ; 1894. 75 c.
- Trutat (E.).** — *La Photographie en montagne.* In-18 jésus, avec figures et 1 planche; 1894 2 fr. 75
- Vidal (Léon).** — *Traité de Photolithographie. Photolithographie directe et par voie de transfert. Photozincographie. Photocollographie. Autographie. Photographie sur bois et sur métal à graver.— Tours de main et formules diverses.* In-18 jésus, avec 25 figures, 2 planches et spécimens de papiers autographiques; 1893. 6 fr. 50
- Vieuille.** — *Nouveau guide pratique du photographe amateur.* 3^e édit. refondue et beaucoup augmentée. In-18 jésus avec fig. ; 1892. 2 fr. 75
- Wallon (E.).** — *Choix et usage des objectifs photographiques.* Petit in-8 avec 25 fig; 1893. Broché, 2 fr. 50. Cartonné toile augl. 3 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

- Appell (Paul)**, Membre de l'Institut. — **Traité de Mécanique rationnelle.** (Cours de Mécanique de la Faculté des Sciences). 3 volumes grand in-8, se vendant séparément.
TOME I : *Statique. Dynamique du point*, avec 178 fig. ; 1893. 16 fr.
TOME II et TOME III : (sous presse).
- Appell (Paul)**, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, et **Goursat (Edouard)**, Maître de Conférences à l'École Normale supérieure. — **Théorie des fonctions algébriques et de leurs intégrales.** *Etude des fonctions analytiques sur une surface de Riemann.* Grand in-8, avec figures ; Prix pour les souscripteurs 14 fr.
Le premier fascicule (x-256 pages) a paru.
- Chappuis (J.)**, Professeur de Physique générale à l'École Centrale, et **Berget (A.)**, Docteur ès sciences, attaché au laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne. — **Leçons de Physique générale.** *Cours professé à l'École Centrale des Arts et Manufactures et complété suivant le programme de la Licence ès sciences physiques.* 3 volumes grand in-8 se vendant séparément : TOME I : *Instruments de mesure. Chaleur.* Avec 175 figures ; 1891 13 fr.
TOME II : *Electricité et Magnétisme.* Avec 305 figures ; 1891. . 13 fr.
TOME III : *Acoustique. Optique ; Electro-optique.* Avec 193 figures ; 1892. 10 fr.
- Chevrot (René)**, Ancien Directeur d'Agence de la Société Générale et du Crédit Lyonnais. — **Pour devenir financier. Traité théorique et pratique de Banque et de Bourse.** In-8 ; 1893 . 6 fr.
- Cundill (J.-P.)**, Lieutenant-Colonel de l'Artillerie royale anglaise, Inspecteur des Explosifs. — **Dictionnaire de explosifs.** Edition française remaniée et mise à jour avec le concours de l'Auteur par E. DESORTIAUX, Ingén. des Poudres et S. Grand in-8 ; 1893. 6 fr.
- Garçon (Jules)**. — **La pratique du teinturier.** 3 volumes in-8, se vendant séparément.
TOME I : *Les méthodes et les essais de teinture. Le succès en teinture* ; 1893 3 fr. 50
TOME II : *Le matériel de teinture.* (Sous presse.)
TOME III : *Les recettes et procédés spéciaux de teintures.* (S. P.).
- Janet (Paul)**, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble. — **Premiers principes d'électricité industrielle.** *Piles. Accumulateurs. Dynamos. Transformateurs.* In-8, avec 173 fig. ; 1893. . 6 fr.
- Miquel**. — **Manuel pratique d'Analyse bactériologique des eaux.** In-18 Jésus, avec figures ; 1891 2 fr. 75
- Rodet et Busquet**, Ingénieurs des Arts et Manufactures. — **Les courants polyphasés.** Grand in-8, avec 71 figures ; 1893 . . 3 fr. 50
- Thomson (Sir William) [Lord Kelvin]**, — **Conférences scientifiques et allocutions.** *Constitution de la matière.* Ouvrage traduit et annoté sur la 2^e édition, par P. LUGOL, Agrégé des Sciences physiques, professeur ; avec des *Extraits de Mémoires récents de Sir W. Thomson et quelques Notes* par M. BRILLOUIN, Maître de Conférences à l'École Normale. In-8, avec 76 figures ; 1893 . . . 7 fr. 50
- Witz (Aimé)**. — **Problèmes et calculs pratiques d'électricité.** — (L'ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE). In-8, avec 51 figures ; 1893. 7 fr. 50

TRAITEMENT DE LA TUBERCULOSE PULMONAIRE

DE LA PLEURÉSIE D'ORIGINE TUBERCULEUSE
ET DES BRONCHITES AIGUES ET CHRONIQUES
par le

GAIACOL IODOFORMÉ SÉRAFON

Et le Gaïacol-Eucalyptol iodoformé Sérafon

En solutions pour injections hypodermiques
et en capsules pour l'usage interne

PRÉPARATION ET VENTE EN GROS : Société Française de Produits Pharmaceutiques, 9 et 11, rue de la Perle, Paris.

ALIMENTATION

DES

MALADES

PAR LES

POUDRES

DE

Viande

ADRIAN

La **POUDRE de BIFTECK ADRIAN** (garantie pure viande de bœuf français) est aussi inodore et insipide qu'il est possible de l'obtenir en lui conservant les principes nutritifs de la viande. C'est exactement de la chair musculaire privée de son eau, gardant sous un volume très réduit et sous un poids quatre fois moindre, toutes ses propriétés nutritives, et chose importante, n'ayant rien perdu des principes nécessaires à l'assimilation de l'aliment.

*Se vend en flacons de 250 500 gr.
et 1 kil.*

La **POUDRE DE VIANDE ADRIAN**, d'un prix moins élevé que la poudre de bifeck, ce qui en permet l'emploi aux malades peu fortunés est garantie pure viande de bœuf d'Amérique.

boîtes de 250, 500 gr. et 1 kil.

LA

QUASSINE ADRIAN

essentiellement différente de toutes celles du commerce, est la SEULE dont les effets réguliers aient été constatés. Elle excite l'APPÉTIT, développe les FORCES, combat efficacement les DYSPÉPSIES ATONIQUES, les COLIQUES HÉPATIQUES et NÉPHRÉTIQUES. (Bulletin général de thérapeutique, 15 novembre 1882).

Dragées contenant 25 milligrammes de Quassine amorphe.

Granules — 2 — Quassine cristallisée.

ANÉMIE

Dans les cas de CHLOROSE et d'ANÉMIE rebelles aux moyens thérapeutiques ordinaires les préparations à base

CHLOROSE

D'HÉMOGLOBINE SOLUBLE

DE V. DESCHIENS

Épuisement

ont donné les résultats les plus satisfaisants. Elles ne constipent pas, ne noircissent pas les dents et n'occasionnent jamais de maux d'estomac comme la plupart des autres ferrugineux.

Se vend sous la forme de

*Affaiblissement
général*

**SIROP, VIN, DRAGÉES
ET ÉLIXIR**

préparés par ADRIAN et Cie, 9 rue de la Perle, Paris.

CAPSULES DE TERPINOL ADRIAN

Le TERPINOL a les propriétés de l'essence de Térébenthine dont il dérive, mais il est plus facilement absorbé et surtout *très bien toléré*, ce qui le rend préférable.

Il n'offre pas, comme l'essence de Térébenthine, l'inconvénient grave de provoquer chez les malades des nausées, souvent même des vomissements.

Le TERPINOL est un diurétique et un puissant modificateur des sécrétions catarrhales (bronches, reins, vessie).

Le TERPINOL ADRIAN s'emploie en capsules de 20 centigrammes (3 à 6 par jour).

TRAITEMENT de la SYPHILIS par les PILULES DARDENNE

POLY-IODURÉES SOLUBLES

SOLUBLES dans tous les liquides servant de boisson (Eau, lait, café, vin, bière, etc.) elles peuvent être prises en pilules ou transformées par les malades, en **solutions** ou en **sirops**, au moment d'en faire usage.

Premier type (type faible)

(Syphilis ordinaire 2^e et 3^e année)

2 pilules par jour correspondant à une cuillerée à soupe de *Sirop de Gibert*.

Quatrième type (type fort)

(accidents tertiaires, viscéraux et cutanés)

8 pilules par jour correspondent à un centig. bi-iodure de mercure et à 4 grammes iodure de potassium.

Vente en Gros : Société Française de Produits Pharmaceutiques,
9 et 11 rue de la Perle, PARIS.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 300 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

- R.-V. PICOU. — Distribution de l'électricité. — I. Installations isolées. II. Usines centrales.
- A. GOULLY. — Transmission de la force par air comprimé ou raréfié.
- DUQUESNAY. — Résistance des matériaux.
- D. WELSHAUVERS-DERY. — Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur.
- A. MADAMET. — Tiroirs et distributeurs de vapeur.
- MAGNIER DE LA SOURCE. — Analyse des vins.
- ALHEILIG. — Recette, conservation et travail des bois.
- AIMÉ WITZ. — Thermodynamique à l'usage des Ingénieurs.
- LINDET. — La bière.
- TH. SCHLESING fils. — Notions de chimie agricole.
- SAUVAGE. — Divers types de moteurs à vapeur.
- LE CHATELIER. — Le Grisou.
- MADAMET. — Détente variable de la vapeur. Dispositifs qui la produisent.
- DUBÉOUT. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.
- CRONEAU. — Canon, torpilles et cuirasse.
- H. GAUTIER. — Essais d'or et d'argent.
- LECOMTE. — Les textiles végétaux.
- ALHEILIG. — Corderie. Cordages en chanvre et en fils métalliques.
- DE LAUNAY. — Formation des gîtes métallifères.
- BERTIN. — État actuel de la marine de guerre.
- FERDINAND JEAN. — L'industrie des peaux et des cuirs.
- BERTHELOT. — Traité pratique de calorimétrie chimique.
- DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.
- MADAMET. — Épures de régulation.
- GUILLAUME. — Unités et étalons.
- WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.
- MINEL (P.). — Électricité industrielle.

Section du Biologiste

- FAISANS. — Maladies des organes respiratoires. Méthodes d'exploration. Signes physiques.
- MAGNAN et SÉRIEUX. — Le délire chronique à évolution systématique.
- AUVARD. — Gynécologie. — Séméiologie génitale.
- G. WEISS. — Technique d'électrophysiologie.
- BAZY. — Maladies des voies urinaires. — Urètre. Vessie.
- WURTZ. — Technique bactériologique.
- TROUSSEAU. — Ophtalmologie. Hygiène de l'œil.
- FÉRÉ. — Epilepsie.
- LAVERAN. — Paludisme.
- POLIN et LABIT. — Examen des aliments suspects.
- BERGONIÉ. — Physique du physiologiste et de l'étudiant en médecine. Actions moléculaires, Acoustique, Électricité.
- AUVARD. — Menstruation et fécondation.
- MÉGNIN. — Les acariens parasites.
- DEMELIN. — Anatomie obstétricale.
- CUENOT. — Les moyens de défense dans la série animale.
- A. OLIVIER. — La pratique de l'accouchement normal.
- BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.
- CHARRIN. — Les poisons de l'organisme. Poisons de l'urine.
- ROGER. — Physiologie normale et pathologique du foie.
- BROCC et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie. — I. Pathologie générale cutanée. II. Maladies en particulier.
- HANOT. — De l'endocardite aiguë.
- WHILL-MANTOU. — Guide du médecin d'assurances sur la vie.
- LANGLOIS. — Le lait.
- DE BRUN. — Maladies des pays chauds. — I. Maladies climatiques et infectieuses. II. Maladies de l'appareil digestif, des lymphatiques et de la peau.
- BROCA. — Le traitement des ostéo-arthrites tuberculeuses des membres chez l'enfant.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

Ouvrages parus et en cours de publication

Section de l'Ingénieur

LAVERGNE (Gérard). — Turbines.
HÉBERT. — Boissons falsifiées.
NAUDIN. — Fabrication des vernis.
SINGAGLIA. — Accidents de chaudières.
H. LAURENT. — Théorie des jeux de hasard.
GÜNEZ. — Décoration de la porcelaine au feu de moufle.
VERMAND. — Moteurs à gaz et à pétrole.
MEYER (Ernest). — L'utilité publique et la propriété privée.
WALLON. — Objectifs photographiques.
BLOCH. — Eau sous pression.
DE LAUNAY. — Statistique générale de la production métallifère.
CRONEAU. — Construction du navire.
DE MARCHENA. — Machines frigorifiques.
PRUD'HOMME. — Teinture et impressions.
ALHREIG. — Construction et résistance des machines à vapeur.
SOREL. — La rectification de l'alcool.
P. MINEL. — Electricité appliquée à la marine.
DWELSHAUVERS-DERY. — Étude expérimentale dynamique de la machine à vapeur.
AIME WITZ. — Les moteurs thermiques.
DE BILLY. — Fabrication de la fonte.
P. MINEL. — Régularisation des moteurs des machines électriques.
HENNEBERT (C'). — La fertilisation.
H. LEAUTÉ et A. BÉRARD. — Transmissions par câbles métalliques.
CANPARI. — Chronomètres de marine.
DE LA BAUME PLUVINEL. — La théorie des procédés photographiques.
HENNEBERT (C'). — Les torpilles sèches.
HATT. — Les marées.
LOUIS JACQUET. — La fabrication des eaux-de-vie.
GUYE (P.H.-A.). — Matières colorantes.
HOSPITALIER (E.). — Les compteurs d'électricité.
EMILE BOIRE. — La sucrerie.
MOISSAN et OUVARD. — Le nickel.
ROUCHE. — La perspective.
LE VERRIER. — La fonderie.
SEYRIG. — Statique graphique.
BASSOT et DEFFORGES. — Géodésie.
HENNEBERT (C'). — Bouches à feu.
C^e VALLIER. — Balistique.
SOREL. — La distillation.
DUBOUT et CRONEAU. — Appareils accessoires des chaudières à vapeur.
LELOUTRE. — Le fonctionnement des machines à vapeur.
C. BOURLET. — Traité de bicyclettes et bicyclettes.

Section du Biologiste

DU CAZAL et CATRIN. — Médecine légale militaire.
LAPERSONNE (DE). — Maladies des paupières et des membranes externes de l'œil.
KÖHLER. — Application de la Photographie aux Sciences naturelles.
BEAUREGARD. — Le microscope et ses applications.
LESAGE. — Le Choléra.
LANNELONGUE. — La Tuberculose chirurgicale.
CORNEVIN. — Production du lait.
J. CHATIN. — Anatomie comparée.
CASTEX. — Hygiène de la voix parlée et chantée.
MAGNAN et SÉRIEUX. — La paralysie générale.
CURNOT. — L'influence du milieu sur les animaux.
MERKLEN. — Maladies du cœur.
G. ROCHÉ. — Les grandes pêches maritimes modernes de la France.
OLLIER. — La régénération des os et les résections sous-périostées.
LETULLE. — Pus et suppuration.
CRITZMAN. — Le cancer.
ARMAND GAUTIER. — La chimie de la cellule vivante.
MÉGNIN. — La faune des cadavres.
SÉGLAS. — Le délire des négations.
OLLIER. — Les grandes résections des articulations.
STANISLAS MEUNIER. — Les météorites.
BAZY. — Troubles fonctionnels des voies urinaires.
ETARD. — Les nouvelles théories chimiques.
FAISANS. — Diagnostic précoce de la tuberculose.
BUDIN. — Thérapeutique obstétricale.
DASTRE. — La Digestion.
AIME GIRARD. — La betterave à sucre.
NAPIAS. — Hygiène industrielle et professionnelle.
GOMBAULT. — Pathologie du bulbe rachidien.
LEGROUX. — Pathologie générale infantile.
MARCHANT-GÉRARD. — Chirurgie du système nerveux à Cerveau.
BERTHAULT. — Les piraies naturelles et temporaires.
BRAULT. — Myocarde et artères.
GAMALRIA. — Vaccination préventive.
ARLONG. — Maladies charbonneuses.
NOCARD. — Les Tuberculoses animales et la Tuberculose humaine.
EDM. PERRIER. — Le Système de l'évolution.
MATHIAS DUVAL. — La Fécondation.
BRISAUD. — L'Hémisphère cérébral.