

PETITE ENCYCLOPÉDIE POPULAIRE  
PAR AMÉDÉE GUILLEMIN

---

LES  
ÉTOILES FILANTES

ET LES PIERRES  
QUI TOMBENT DU CIEL

OUVRAGE  
ILLUSTRÉ DE 45 FIGURES



PARIS  
LIBRAIRIE HACHETTE ET C<sup>ie</sup>  
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

---

1889

Droits de traduction et de reproduction réservés.

## INTRODUCTION

---

### I

Si les comètes ont presque toujours inspiré un sentiment de terreur superstitieuse, les étoiles filantes au contraire, dans leurs fugitives apparitions, n'éveillent guère que des idées gracieuses, tout au plus nuancées d'une légère teinte de mélancolie. Pour moi, la vue d'un de ces sylphes de feu me rappelle toujours un des plus charmants souvenirs de ma première jeunesse. J'aimais beaucoup, en effet, quand j'étais tout enfant, à contempler en compagnie de deux ou trois camarades, comme moi couchés sur l'herbe, le ciel étincelant des nuits d'été. Là, nous devisions ensemble sur les étoiles, nous nous demandions ce que pouvaient être ces points brillants, ces feux dont chacun semble un œil dardant son regard vif et doux à la fois des profondeurs du ciel jusqu'à nous. Une chose surtout nous étonnait grandement dans ce spectacle, dont la mise en scène si simple est en même temps si splendide, c'était de voir parfois une étoile s'élançant du sein de ses compagnes, tracer silencieusement un sillon lumineux, puis disparaître. Était-ce l'un de ces astres innombrables que nous voyions auparavant scintiller dans le ciel, qui tout à coup s'évanouissait ainsi? Était-ce au contraire une étoile nouvelle, un feu nouvellement allumé qui ne faisait que passer devant nous? S'éteignait-il comme les étincelles détachées d'un feu d'artifice, ou allait-il se perdre dans l'espace, devenant invisible par la distance?

Ces questions que nous ne nous faisons point, on le comprend, avec cette netteté, nous aurions été bien embarrassés d'y répondre. D'ailleurs, la légende populaire, qui se conserve et se transmet si fidèlement au village, nous fournissait une interprétation toute prête du phénomène : n'avions-nous pas entendu dire que chaque étoile filante est l'âme d'un trépassé, qui de la Terre s'élance au séjour céleste ou se trouve précipitée dans les abîmes? Sans que nous ajoutions grande foi à cette explication naïve, elle ne laissait pas d'avoir sur nos jeunes cerveaux une certaine influence, en nous plongeant dans de vagues rêveries.

Cette légende — qui ne le sait? — a servi de thème à l'une des plus poétiques chansons de Béranger :

Berger, tu dis que notre étoile  
Règle nos jours et brille aux cieux?  
Oui, mon enfant, mais dans son voile  
La nuit la dérobe à nos yeux.  
Berger, sur cet azur tranquille,  
De lire on te croit le secret.  
Quelle est cette étoile qui file,  
Qui file, file et disparaît?....

Humboldt, dans le premier volume de son *Cosmos*, cite une légende lithuanienne ayant avec celle que je viens de rappeler une grande analogie ; il montre en même temps qu'il y a quelques notes discordantes dans l'interprétation populaire du phénomène des étoiles filantes, interprétation plus ou moins gracieuse ou plus ou moins grossière, selon le génie des populations qui l'ont imaginée : « Au lieu, dit-il, de ce terme repoussant de *Sternschnuppe* (littéralement *mouchure d'étoiles*), j'aurais aimé à employer d'autres expressions d'un allemand tout aussi légitime, comme *Sternschuss* ou *Sternfall* <sup>1</sup>, si je ne m'étais fait une loi

1. Au dernier siècle, on disait encore en France *étoiles tombantes* (Voir l'*Encyclopédie*) et même *étoiles coulantes* (Mairan, dans son *Traité de l'aurore boréale*). En anglais, le nom usité est *shooting-star*, ou *star shoot*, étoile qui s'élance, qui

d'éviter scrupuleusement, dans tous mes écrits, les mots inusités, là où il s'agit de choses généralement connues, et bien déterminées dans le langage ordinaire. Le peuple s'imagine, dans sa physique grossière, que les lumières célestes ont besoin d'être mouchées comme des lumignons. Mais j'ai rencontré d'autres dénominations plus disgracieuses encore, dans les bois voisins de l'Orénoque et sur les bords solitaires du Cassiquiare : les indigènes de la mission de Vasiva nomment les étoiles filantes *urine d'étoiles*, et la rosée qui se dépose en perles sur les belles feuilles de l'héli-conia, ils l'appellent *salive d'étoiles*. Le mythe populaire des Lithuaniens, sur l'origine et la signification des étoiles filantes, indique plus de grâce et de noblesse dans cette faculté de l'esprit qui donne à tout une forme symbolique :  
 « Lorsqu'un enfant vient au monde, Werpeja file pour lui  
 « le fil de la destinée; chacun de ces fils se termine par une  
 « étoile. A l'instant de la mort, le fil se rompt, l'étoile tombe,  
 « pâlit et s'éteint. »

Dans certaines circonstances où les étoiles filantes apparaissent plus nombreuses, où elles tombent comme une pluie étincelante, la tradition populaire a attaché à ces phénomènes extraordinaires des idées plus mystiques, plus tristes ou plus sombres. Les étoiles filantes du 10 août, dont l'apparition coïncide avec le jour de la fête de saint Laurent, sont, pour les populations irlandaises, les larmes brûlantes du martyr. Le 6 du même mois, un phénomène analogue coïncide avec la fête de la *Transfiguration* : pour les habitants des montagnes de la Thessalie, c'est le ciel qui s'entr'ouvre, ce sont des flambeaux célestes qui apparaissent à travers l'ouverture et les étoiles filantes deviennent ainsi le symbole du miracle du Thabor.

Chez les Anciens, les étoiles filantes sont matière aux plus gracieuses comparaisons poétiques. Dans l'*Énéide*, par exemple, lors de la description du combat de l'arc présidé par

tombe; même signification en suédois : *stjernfall*, en italien : *stella cadente*.

Enée, Virgile compare le trait d'Aceste aux étoiles qui se détachent du ciel :

... cœlo ceu sæpe refixa  
Transcurrunt, crinemque volantia sidera ducunt.

Voici le passage entier : « Le trait volant à travers les nues s'enflamme, marque au loin la route d'un sillon de lumière, et se perd consumé dans les vaporeux espaces : pareil à ces étoiles volantes, qui, détachées du ciel, traversent les airs et traînent une chevelure étincelante. » (*Enéide*, V, 525 et suiv.)

Nous avons cité, en parlant des significations attachées aux comètes par les Anciens <sup>1</sup>, deux passages, l'un d'Homère, l'autre de Virgile, où les interpréteurs ont pris évidemment pour des comètes de simples bolides, c'est-à-dire des étoiles filantes, plus brillantes, plus volumineuses que les étoiles filantes ordinaires, mais qu'on doit ranger, nous le verrons bientôt, dans la même classe de météores. N'est-ce point une comparaison semblable que nous trouvons dans l'*Hymne à Apollon*, l'une des poésies attribuées à Homère ? « Là, le roi Apollon, qui perce de loin, saute du navire, semblable à un astre au milieu du jour ; il lance de nombreuses étincelles ; l'éclat se répand jusqu'aux cieux. Il se glisse dans le sanctuaire à travers les riches trépieds ; il y allume une flamme, annonçant ses traits ; l'éclat envahit Crissa tout entière. » Nous aurons plus tard l'occasion de décrire des apparitions de bolides : on sera frappé de la ressemblance entre cette description et celle que nous venons de rapporter. Le génie poétique des Anciens se retrempe à la source vive et intarissable, à l'observation de la nature.

## II

Mais si les Anciens observaient, ils ne savaient pas tirer de leurs observations le parti que la méthode expérimentale

1. *Les Comètes*, pages 6 et 7 (*Petite Encycl. pop.*).

tale leur aurait permis de tirer pour l'interprétation rationnelle des phénomènes naturels; leur physique, si peu avancée, n'était qu'une suite sans lien d'hypothèses et de conjectures. Nous avons déjà constaté cela en parlant des comètes. Le peu qu'ils nous ont transmis sur les étoiles filantes et les météores analogues est une nouvelle preuve de cette vérité. Le passage que nous allons rapporter des *Questions naturelles* de Sénèque renferme à peu près tout ce qu'ils savaient à cet égard. C'est peu; mais il ne faut pas s'en étonner, puisque nous verrons que les Modernes, il y a un siècle à peine, n'en savaient guère plus long qu'eux sur ce sujet.

« Écoute ce que la philosophie veut qu'on pense de ces feux què l'air fait mouvoir transversalement. Ce qui prouve avec quelle force ils sont lancés, c'est l'obliquité de leur course et leur extrême vitesse; on voit qu'il y a là, non un mouvement propre, mais une impulsion étrangère. Ils sont aussi nombreux que variés dans leurs formes. Il y en a une espèce qu'Aristote appelle *Chèvres*. Si tu m'en demandes la raison, explique-moi d'abord pourquoi on les nomme aussi *Boucs*. Si, au contraire, ce qui est expéditif, nous convenons entre nous de nous épargner ces questions sur le dire des auteurs, nous gagnerons plus à rechercher la cause du phénomène qu'à nous étonner de ce qu'Aristote appelle *Chèvre* un globe de feu. Telle fut la forme de celui qui, pendant la guerre de Paul Emile contre Persée, apparut grand comme le disque de la Lune. Nous-mêmes avons vu plus d'une fois des flammes qui offraient l'aspect d'un ballon énorme, mais qui se dissipaient dans leur course. Vers le temps où Auguste quitta la vie, pareil prodige se renouvela; nous le revîmes lors de la catastrophe de Séjan, et le trépas de Germanicus fut annoncé par un semblable présage. « Quoi! me diras-tu, serais-tu enfoncé dans l'erreur au point de croire que les dieux envoient des signes avant-coureurs de la mort, et qu'il soit rien d'assez grand sur la terre pour que la chute en retentisse jusqu'au ciel? » Je traiterai ce point dans un autre temps. Nous verrons si

les événements se déroulent tous dans un ordre fatal ; s'ils sont tellement liés les uns aux autres, que ce qui précède devienne la cause ou le présage de ce qui suit. Nous verrons si les dieux prennent soin des choses humaines, si la série même des causes révèle par des signes certains quels seront les effets. En attendant, j'estime que les feux dont nous parlons naissent d'une violente compression de l'air qui s'est rejeté d'un côté, mais sans faire retraite, et en réagissant sur lui-même. Cette réaction fait jaillir des poutres, des globes, des torches, des incendies. Si la collision est plus faible, si l'air n'est pour ainsi dire qu'effleuré, l'éruption lumineuse est moindre. Alors de minces étincelles tracent dans le ciel un sillon peu perceptible et prolongé. Aussi n'y a-t-il point de nuit qui n'offre ce spectacle : car il n'est pas besoin pour cela d'une grande commotion dans l'air. Pour tout dire, en un mot, ces feux ont la même cause que les foudres, mais moins énergique : ainsi, un léger choc des nuages produit l'éclair ; un choc plus violent, la foudre. Voici l'explication d'Aristote : « Le globe terrestre exhale quantité de vapeurs de tout genre, les unes sèches, les autres humides, quelques-unes glacées, d'autres inflammables. » Il n'est pas étonnant que les émanations de la terre soient de nature si multiple et si variée, puisque les corps célestes mêmes ne se montrent pas tous sous la même couleur. La Canicule est d'un rouge plus vif que Mars, et Jupiter n'a d'autre éclat que la netteté d'une lumière pure. Il faut donc que de cette infinité de molécules que la terre rejette et envoie vers la région supérieure, les nuages attirent des parties ignifères, susceptibles de s'allumer par leur choc mutuel, et même par la simple action des rayons solaires, comme chez nous la paille enduite de soufre s'allume même à distance du feu. Il est donc vraisemblable qu'une matière analogue, concentrée dans les nuages, s'enflamme aisément et produit des feux plus ou moins considérables, suivant qu'ils ont plus ou moins d'énergie. Car il est fort absurde de croire que ce sont des étoiles qui tombent, ou qui traversent le ciel ; si cela était, depuis long-

temps il n'y aurait plus d'étoiles : car il n'y a pas de nuit où l'on ne voie plusieurs de ces feux courir, entraînés en sens divers. Or, chaque étoile se retrouve à sa place et leur grandeur ne varie point. Il suit de là que ces feux naissent au-dessous d'elles, et ne s'évanouissent sitôt dans leur chute que parce qu'ils n'ont ni foyer, ni siège assuré. « Mais « pourquoi ne traversent-ils pas ainsi l'atmosphère pendant « le jour? » Et si tu disais que de jour il n'y a pas d'étoiles parce qu'on ne les voit pas? Elles disparaissent effacées par l'éclat du soleil : de même alors des feux parcourent le ciel, mais la clarté du jour absorbe leur lumière. Si pourtant il en est parfois dont l'explosion soit assez distincte pour ressortir au milieu même de l'éclat du jour, ceux-là sont visibles. Il est certain que l'âge présent en a vu plusieurs de cette sorte, les uns se dirigeant d'orient en occident, les autres dans le sens contraire. Les gens de mer voient un signe de gros temps dans le grand nombre des étoiles filantes <sup>1</sup> : si elles annoncent des vents, elles se forment dans la région des vents, c'est-à-dire dans l'espace intermédiaire de la terre à la lune. Dans les grandes tempêtes, on voit comme de vraies étoiles posées sur les voiles des vaisseaux. Le matelot en péril se croit alors sous la protection de Castor et de Pollux. Mais ce qui doit le rassurer, c'est qu'elles se montrent quand l'ouragan faiblit et que le vent tombe. Autrement, ces feux voltigeraient et ne se reposeraient pas. Gylippe, voguant vers Syracuse, en vit un s'arrêter sur le fer même de sa lance <sup>2</sup>. »

1. Comparez ce passage avec les vers suivants de la première Géorgique :

Sæpe etiam stellas, vento impendente, videbis  
Præcipites cælo labi, noctisque per umbram,  
Flammarum longos a tergo albescere tractus.

« Souvent aussi, quand la tempête est imminente, tu verras des étoiles tomber en glissant des cieus, et laisser derrière, à travers les ombres de la nuit, de longues traînées d'une blanche lumière. »

2. Ce trait d'Aceste que nous avons vu plus haut, dans Virgile, s'enflammer dans la nue, ressemble fort aux fers des

On peut voir, par cette citation, quel mélange d'observations exactes, de vérités entrevues et de conjectures sans valeur constituait ce que Sénèque avait à dire des météores que nous allons étudier; ses contemporains n'en savaient probablement pas davantage. Il avait bien vu que les étoiles filantes ne sont pas de véritables étoiles et la raison qu'il en donne est encore celle qu'on donnerait aujourd'hui. Le nombre des étoiles visibles à l'œil nu n'est que de quelques milliers (au maximum 7 000 ou 8 000) : le ciel serait donc depuis longtemps dépeuplé; il le serait même en supposant que les étoiles filantes se recrutassent parmi les étoiles invisibles à l'œil nu. L'assimilation avec les bolides, vus en plein jour, n'est pas moins juste, ainsi que cette remarque qu'il y a des étoiles filantes le jour aussi bien que la nuit. La question de savoir s'il y a entre le temps, les vents, les tempêtes et les étoiles filantes une certaine corrélation, était encore, il y a peu de temps, controversée. On voit aussi que Sénèque, sans le dire explicitement, regarde ces météores comme des phénomènes purement atmosphériques; d'ailleurs il les confond à la fin avec certains phénomènes électriques, le feu Saint-Elme probablement. Cela n'a rien d'étonnant : c'est ce qu'on était porté à croire, il y a tout au plus un siècle; et si, aujourd'hui, l'origine extra-terrestre ou cosmique des étoiles filantes et des bolides est une vérité qu'on peut considérer comme démontrée, cette vérité est de date trop récente pour qu'il y ait lieu de s'étonner de l'opinion des Anciens sur ce point. En tous cas, ce n'est sans doute qu'en pénétrant dans l'atmosphère, que ces météores deviennent lumineux; et ainsi, pendant la courte durée tout au moins de leur visibilité, ce serait bien, comme Sénèque le pensait, des météores atmosphériques.

piques et des lances que les historiens anciens nous montrent surmontés de lueurs électriques.

## III

Les astronomes et les physiciens modernes n'ont attaché d'abord que peu d'importance au phénomène des étoiles filantes. Ce n'étaient, pour eux, que de simples météores atmosphériques. Voici par exemple ce que dit Muschenbroek des étoiles tombantes, dans ses *Essais de physique* (1683) :

« On donne ce nom à un petit globe de feu qu'on voit quelquefois rouler dans l'atmosphère, et qui répand çà et là une lumière assez vive. Il tombe aussi quelquefois à terre; et, comme il a une certaine ressemblance avec une étoile, on lui donne le nom d'*étoile tombante*. Il paraît ordinairement au printemps et dans l'automne. Lorsque cette étoile vient à tomber, et qu'on rencontre l'endroit où elle est, on remarque que la matière qui reste encore est visqueuse comme de la colle, de couleur jaunâtre, et que tout ce qui en était combustible, ou qui pouvait répandre de la lumière, se trouve entièrement consumé. »

Après cette description, qui paraît s'appliquer surtout aux bolides ou globes de feu, c'est-à-dire aux plus lumineux des météores filants, le physicien que nous citons indique un procédé pour imiter ces sortes d'étoiles en enflammant un mélange de camphre, de nitre et de limon arrosé avec de l'eau-de-vie. Puis il tire de là l'explication suivante du météore. Nous la transcrivons ici pour donner une idée de la façon dont les savants d'il y a deux siècles résolvaient les questions de ce genre, sans se donner la peine de pousser plus loin leurs investigations.

« Il flotte çà et là dans l'air, dit-il, du camphre qui est fort volatil; il y a aussi beaucoup de nitre et du limon fort délié; de sorte que ces parties, venant à se rencontrer, s'incorporent et forment une longue traînée, qui n'a plus besoin alors que d'être allumée par l'une ou par l'autre de ses extrémités, à l'aide de l'effervescence qui se fait par le mélange de quelque autre matière qu'elle rencontre. Aussitôt que cette traînée est en feu, et que la flamme passe

d'un bout à l'autre, la matière incombustible se rassemble, elle devient beaucoup plus pesante que l'air et tombe alors pour la plus grande partie à terre. La nature emploie peut-être encore quelque autre matière pour produire ce phénomène. »

Un autre savant du xvii<sup>e</sup> siècle, le P. Beccaria, croyait que les étoiles tombantes ne sont que des phénomènes électriques. Voici sur quel fait d'observation il fondait cette opinion : « Un jour qu'il était assis en plein air avec un ami, une heure après le coucher du soleil, ils virent une de ces *étoiles tombantes* qui dirigeait sa course vers eux et qui grossissait à vue d'œil, à mesure qu'elle approchait, jusqu'au moment où elle disparut à peu de distance de l'endroit où ils étaient. Leurs visages, leurs mains et leurs habits, ainsi que la terre et tous les objets voisins, furent alors illuminés d'une lumière diffuse et légère, mais sans aucun bruit. Ayant eu peur, ils se levèrent et se regardèrent l'un l'autre surpris de ce phénomène; un domestique accourut à eux d'un jardin voisin, et leur demanda s'ils n'avaient rien vu, que pour lui il avait aperçu briller dans le jardin une lumière subite, principalement sur l'eau dont il se servait pour arroser. » Toutes ces apparences étaient évidemment électriques, ajoute le rédacteur qui cite ce fait et cette opinion dans le supplément de l'*Encyclopédie*. Aujourd'hui, on peut affirmer que la lumière en question était bien celle d'un bolide, mais l'on ne croit plus, ainsi qu'on le verra plus tard, à la nature électrique de sa lumière.

Voici maintenant l'opinion d'un astronome, J. de Lalande, qui écrit dans l'*Encyclopédie méthodique* : « *Étoiles filantes*, matières ou exhalaisons enflammées qui, de loin, ressemblent à des étoiles au moment où elles s'allument; quand elles sont plus près de nous, elles paraissent comme des globes enflammés. »

Déjà, au commencement du xvii<sup>e</sup> siècle, Képler avait considéré « les étoiles filantes comme formées d'une matière visqueuse et enflammée. Les unes se consomment entière-

ment dans leur chute; les autres, entraînées par leur poids, tombent jusqu'à terre. Il semble probable qu'elles se sont formées par l'agglomération des particules de matière terreuse mêlées à l'éther, et que, de la région de l'éther, un mouvement rectiligne les entraîne dans notre atmosphère, semblables à de petites comètes ».

Cette assimilation des étoiles filantes aux comètes, leur génération au sein de l'éther, indiquent cependant que Képler penche pour l'origine cosmique de ces météores, devançant ainsi l'opinion aujourd'hui généralement admise et, on peut dire, démontrée.

## IV

Les étoiles filantes sont un phénomène de tous les jours, ou mieux de toutes les nuits. On les voit d'ailleurs partout, à toutes les époques de l'année, sous toutes les latitudes, dès que le ciel est pur.

Les pierres qui tombent des hautes régions de l'air sont plus rares; leur chute est accompagnée plutôt d'un bruit, d'un roulement pareil à celui du tonnerre que d'une vive lumière comme il arrive pour les étoiles filantes : on les entend plus souvent qu'on ne les voit; on peut en recueillir les morceaux.

Chose curieuse! Bien que, dès la plus haute antiquité, la tradition rapportât des exemples de cet étonnant phénomène, la réalité n'en fut pas moins contestée jusqu'à la fin du dernier siècle, et contestée précisément par les gens les plus éclairés, par les savants. Ceux-ci s'obstinaient à ne voir, dans les récits populaires de pierres tombées du ciel, que des contes faits à plaisir, de grossières illusions, qu'un reste des vieilles superstitions maintenues par l'ignorance.

Mais le retour successif de plusieurs chutes mémorables, les enquêtes ordonnées par les autorités et dirigées par des membres des académies, contrôlées par des physiciens et des chimistes, tout un ensemble de preuves et de témoignages forcèrent à la fin l'incrédulité des savants à admettre

l'exactitude de faits qui, auparavant, semblaient tenir du merveilleux. Il était bien établi que, de temps à autre, des pierres tombent du ciel.

On verra, dans la seconde partie de ce volume, comment on reconnut enfin que les chutes de corps solides, provenant des profondeurs de l'espace, sont des phénomènes, sinon identiques à ceux des étoiles filantes, du moins du même ordre et de même origine. Les uns et les autres, ainsi qu'on en trouvera les preuves dans des chapitres qui vont suivre, sont des corps célestes, des astres en miniature ou des débris d'astres, se mouvant comme tous les astres et suivant les mêmes lois. Par leur arrivée aux limites supérieures de l'atmosphère, au hasard des rencontres avec notre planète, par leur inflammation ou par leur chute sur notre sol, ces corpuscules nous mettent en communication directe avec le ciel même et avec les corps qui en peuplent les profondeurs.

# LES ÉTOILES FILANTES

ET LES PIERRES  
QUI TOMBENT DU CIEL

---

## PREMIÈRE PARTIE LES ÉTOILES FILANTES

---

### CHAPITRE I

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PHÉNOMÈNE  
DES ÉTOILES FILANTES

---

#### I

**Grandeur apparente. — Bolides. — Traînées.**

Il ne se passe pas de nuit où l'on ne voie, quand le ciel est dépourvu de nuages, un ou plusieurs points lumineux apparaître au milieu des étoiles, glisser silencieusement avec plus ou moins de rapidité sur la voûte céleste, puis s'évanouir après avoir décrit une ligne de lumière qui disparaît le plus souvent sans laisser de traces. Il arrive toutefois que ce trait de feu, dont la forme est d'ordinaire rec-

tiligne, rarement courbée ou sinueuse, est remplacé, après la disparition du météore, par une trainée de même forme et de même longueur, dont la lueur phosphorescente persiste parfois très longtemps.

Le plus souvent, un seul observateur, bien que son regard ne puisse embrasser à la fois qu'une portion limitée de l'hémisphère céleste qui surplombe son horizon, peut voir plusieurs de ces apparitions en une heure. Dans des cas exceptionnels, le nombre des étoiles filantes devient considérable, au point qu'on peut avec peine les compter toutes.

Toutes les étoiles filantes n'ont pas le même éclat. Comme les étoiles ordinaires et permanentes, dont elles ont l'aspect et avec lesquelles on les confondrait n'était leur mobilité, elles peuvent être distinguées en classes ou ordres de grandeur, d'après la vivacité ou l'intensité de leur lumière. A l'œil nu, on les classera donc, dans l'ordre décroissant de leur éclat, depuis la première jusqu'à la sixième grandeur. Il est probable que les plus faibles étoiles filantes vues à l'œil nu sont, en réalité, un peu moins fortes que les étoiles fixes du même ordre, c'est-à-dire que les plus faibles étoiles distinguées par une vue moyenne quand le ciel est bien pur et la nuit sans lune. La raison en est que, d'après un fait d'expérience bien connu, l'œil peut voir des points lumineux *en mouvement*, que la faiblesse de leur éclat ne permettrait point de discerner s'ils étaient en repos.

On peut supposer, il est légitime d'admettre que des étoiles filantes sont invisibles à l'œil nu, soit par suite de la faiblesse de leur éclat réel, soit en raison de la distance plus grande à laquelle elles s'allument et s'éteignent. Du reste, c'est là une hypothèse qui a été vérifiée par un certain nombre d'observateurs, qui ont pu suivre au télescope, soit le jour, soit la nuit, des météores que l'œil nu ne distinguait pas. Il y

a donc des étoiles filantes *télescopiques*. C'est ordinairement dans les nuits où les apparitions météoriques ont une abondance exceptionnelle, que les observations de ce genre sont possibles; il est arrivé aussi que des astronomes ont vu passer dans le champ de leur instrument des étoiles filantes qu'ils ne s'attendaient pas à rencontrer, et qu'ils n'eussent point observées sans le secours inopiné d'un pouvoir optique d'une certaine grandeur. Nous en citerons des exemples.

Les plus brillants météores dépassent parfois en éclat les étoiles fixes de première grandeur et Sirius, la plus belle étoile de tout le ciel; il arrive même que leur lumière est plus éclatante que Jupiter, que Vénus en quadrature : on la compare alors à celle que donnent les diverses phases de la Lune. Dans ces divers cas, le diamètre apparent de ces *globes de feu* (en anglais *fireballs*) peut être, sinon mesuré avec précision, du moins évalué d'une manière approchée, par comparaison avec le diamètre lunaire par exemple. On a coutume de réserver le nom de *bolides*<sup>1</sup> aux météores filants dont l'éclat égale ou surpasse celui des étoiles de première grandeur. C'est dans ce sens que nous emploierons le nom de *bolide*, mais sans que cette dénomination préjuge en rien de leur identité ou de leur non-identité avec les étoiles filantes ordinaires.

Est-il vrai qu'on ait vu des météores dont la lumière rivalisait avec celle du Soleil? Il est probable qu'en employant cette expression, on a voulu dire que l'éclat lumineux du bolide était assez considérable pour n'être pas éteint par les rayons solaires, ce qui suppose déjà une intensité tout à fait exceptionnelle.

1. Du grec « βολις, βολιδος, jet, coup. dérivé d'une forme en ο du verbe βάλειν, lancer. Les bolides sont ainsi dits à cause de la rapidité de leur course. » (Littré, *Dict.*) — Dans l'Encyclopédie de D'Alembert, on dit à la fois *boulides* et *bolides*. (Voir l'art. GLOBES DE FEU, Supplém.)

Voici d'ailleurs un fait que cite Humboldt dans son *Cosmos*, et qui montre bien l'éclat extraordinaire de certains météores « éclairant le ciel, dit-il, d'une lumière assez vive pour être sensible, même en plein jour, sous l'ardent soleil des tropiques ». C'est à Popayan (États-Unis de Colombie), à une altitude de 1800 mètres au-dessus du niveau de la mer, qu'eut lieu le phénomène. « En 1788, dit Humboldt, un de mes amis, homme fort instruit, vit en plein jour un bolide si brillant, que la chambre tout entière en fut

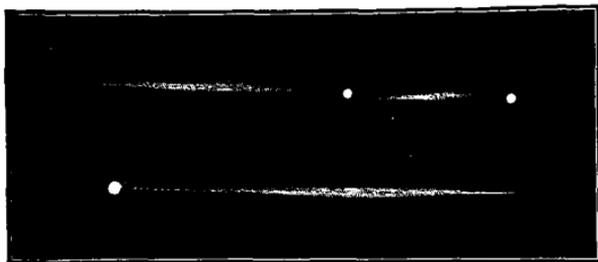


Fig. 1. — Étoiles filantes à traînées rectilignes fusiformes.

illuminée, malgré la lumière du soleil dont aucun nuage n'affaiblissait l'éclat. Au moment de l'apparition, l'observateur avait le dos tourné à la fenêtre et, lorsqu'il se retourna, une grande partie de la trajectoire parcourue par le bolide brillait encore d'une vive lumière. » Citons encore, parmi les plus brillants bolides, celui qui parut à Leyde, le 15 août 1755; d'après Muschenbroek<sup>1</sup>, son éclat fut tel que malgré la clarté du jour encore vive à cette heure (7 h. 30) les objets terrestres portèrent des ombres très nettes.

La plupart des étoiles filantes ne laissent aucune trace de la trajectoire suivie par le point lumineux : le trait de feu qu'on a vu sillonner la voûte céleste

1. Lettre à M. de Réaumur. (*Hist. de l'Acad. des sciences*, 1756.)

n'a duré qu'un court instant, celui qui marque la durée des impressions lumineuses, une fraction de seconde. Cependant il en est qui laissent, après leur disparition, une lueur généralement assez légère et dont la durée, fort variable, est parfois très longue. Ces traînées persistantes, plus fréquentes chez les bolides, sont le plus souvent rectilignes comme les



Fig. 2. — Traînées sinueuses; trajectoires curvilignes.

trajectoires; mais il arrive aussi qu'elles affectent des formes plus compliquées, sinueuses ou irrégulières, et qu'elles se résolvent en fragments séparés, pareils à de petits nuages (fig. 1 à 3) <sup>1</sup>. Voici quelques exemples de ces divers cas d'observation, que nous pourrions aisément multiplier.

Le 27 juin 1866, une étoile filante de deuxième grandeur, observée à Hawkhurst par M. A.-S. Herschel, laissa une traînée qui dura une demi-seconde. Le même observateur, pendant les nuits du 18 au 20 oc-

1. Les sillons et les traînées d'étoiles filantes sont le plus souvent des lignes d'épaisseur uniforme dans leur longueur entière; parfois elles sont minces au début, pour s'élargir ensuite; parfois elles affectent un changement opposé; d'autres enfin ressemblent à des fuseaux allongés plus étroits aux deux extrémités qu'au milieu (fig. 1).

tobre 1867, vit une série assez nombreuse de météores, dont plusieurs laissèrent après eux des traînées qui persistèrent depuis une demi-seconde jusqu'à 3 secondes et demie.

Le 9 août de la même année, M. de Rias vit à Lyon un météore très brillant (de l'éclat de la Lune à son quatrième jour); la traînée blanchâtre qui suivit son passage persista pendant 10 à 15 secondes. Le 11 août, le D<sup>r</sup> Ragona, observant à Modène, vit un bolide dont l'éclat surpassait Jupiter; il laissa une large et brillante traînée qui dura pendant 3 minutes.

Il est déjà visible, par ces exemples, que les traînées, ainsi observées, n'étaient pas l'effet unique de l'impression lumineuse sur la rétine des observateurs. On sait que la durée de cette impression est d'environ un dixième de seconde. Les durées que nous venons d'enregistrer ont des valeurs de cinq à trente fois aussi fortes. Mais on va voir qu'on en a constaté de beaucoup plus considérables.

Le 1<sup>er</sup> janvier 1868, vers 7 heures et demie du matin, un bolide fort remarquable fut observé en divers pays d'Angleterre, et les circonstances de son apparition ont été recueillies par le *Comité des Météores lumineux* dont M. A.-S. Herschel était rapporteur. Son éclat, d'après M. A. Harding, était environ trois fois celui de Jupiter. « Le météore, dit cet observateur, laissa après lui une traînée lumineuse ayant l'aspect d'un ruban d'argent partant à 12° environ du point de départ du météore; sur la dernière portion de sa traînée on voyait deux taches brillantes, l'une à peu près ronde, la seconde formée de plusieurs fragments isolés, et la traînée se prolongeait d'environ 1° au delà de la dernière tache. Deux minutes environ après son apparition, la première portion de la traînée prit un mouvement ondulatoire qui dura cinq minutes, après quoi un nuage en intercepta la vue. Quinze minutes

après l'apparition du météore, le nuage disparut, laissant voir la traînée aussi brillante que jamais; mais elle fut masquée de nouveau par le nuage et, quand elle redevint visible à 7 heures 47 minutes, elle était sur son déclin, ayant duré vingt minutes pleines. A ce moment le ciel s'obscurcissant m'empêcha d'assister à la disparition finale de ce magnifique météore <sup>1</sup>. »



Fig. 3. — Changements dans la forme d'une traînée <sup>2</sup>.  
Météore observé à Birmingham le 11 août 1868.

Olmsted, observant à New-Haven (États-Unis) les météores de la nuit du 12 au 13 novembre 1833, vit un grand nombre d'étoiles filantes variées de grandeur et d'éclat, les unes fort petites, d'autres plus brillantes que Jupiter et Vénus. « Elles laissaient ordinairement des traînées, puis faisaient explosion sans aucun bruit perceptible. Une de celles-ci fut particulièrement remarquable : lancée dans la direction

1. *Report on Observations of Luminous Meteors, 1867-1868, etc.*

2. Curieux exemple de métamorphose dans une traînée. Ce météore, vu à Birmingham par M. Wood, avait un éclat pareil à celui de Vénus, et sa couleur était orangé verdâtre. Il laissa après lui une traînée vert d'émeraude d'abord à peu près rectiligne, puis serpentante dix secondes après, et, au bout d'un nouvel intervalle de vingt secondes, semi-circulaire. La figure 3 reproduit ces diverses phases de la traînée.

nord-ouest, elle fit explosion un peu au nord de la Chèvre, laissant une traînée magnifique qui, d'abord rectiligne, se contracta en longueur, se dilata en largeur et finit par prendre la forme d'un petit nuage vaporeux qui marcha à l'est, sans doute entraîné par le vent, dans une direction contraire à celle du météore, et persista pendant plusieurs minutes. Outre les étoiles filantes, il apparaissait des lignes phosphorescentes, qui croissaient et décroissaient alternativement, comme si elles avaient suivi l'impulsion du vent, bien qu'elles allassent en sens contraire. »

Deux autres observateurs virent pendant la même nuit des étoiles filantes dont les traînées persistent plusieurs minutes. Un bolide, que le D<sup>r</sup> Schmith décrit comme aussi gros que la Lune, laissa une traînée qui dura vingt minutes.

Il est donc bien prouvé que la durée des traînées abandonnées par les bolides peut être considérable, et il n'y a plus lieu dès lors de mettre en doute l'exactitude du récit de l'amiral de Krusenstern qui vit, dans son voyage autour du monde, un bolide laisser après lui une traînée lumineuse et celle-ci briller pendant une heure entière sans changer bien sensiblement de place.

Toutefois il ne faut pas oublier que les durées des traînées, que nous venons de rapporter en dernier lieu, sont des faits exceptionnels. Un grand nombre d'étoiles filantes disparaissent sans laisser de traces de leur passage, et, pour déterminer leur trajectoire apparente, l'observateur n'a qu'un moyen : noter le point précis de la voûte céleste où elles ont fait leur apparition et le point où elles ont disparu, le sillon lumineux étant généralement parcouru en un instant très court. Parmi celles qui laissent des traînées, le plus grand nombre persistent quelques secondes à peine.

Des différences pareilles existent dans les longueurs des trajectoires parcourues, qui varient entre quelques degrés et 40 à 50 degrés. Et l'on comprend qu'il en soit ainsi, car nous ne voyons que des trajectoires apparentes, c'est-à-dire que les projections des routes réelles sur la voûte céleste. On cite de nombreux exemples de météores qui apparaissent et disparaissent sans avoir changé de place. M. G. Davidson, rapportant les observations des étoiles filantes de la nuit du 13 au 14 novembre 1869, à Santa-Barbara de Californie, dit : « A 1 heure 25 minutes, un météore, dépourvu de mouvement apparent, se montra tout à coup, puis éclata dans la même position, à environ 2° à gauche de la brillante étoile du manche de la Faucille (dans le *Bouvier*). » Les météores qui restent ainsi stationnaires pendant la durée de leur apparition ont évidemment leur trajectoire dirigée vers l'observateur, auquel cas leur perspective se réduit à un point.

## II

### Hauteur des étoiles filantes dans l'atmosphère. Vitesse.

Tout ce que nous venons de dire a trait à l'apparence du phénomène. En quel lieu de l'espace se passe-t-il? Tout fait présumer sans doute que c'est dans l'atmosphère; aussi bien les bolides que les étoiles filantes ordinaires apparaissent subitement; leur incandescence ne date que du moment où ils pénètrent dans la couche aérienne, et ne s'expliquerait guère autrement. Toutefois ce n'est là qu'une hypothèse, et, quelque vraisemblable qu'elle soit, elle a besoin d'être vérifiée par des observations décisives. C'est à quoi l'on est arrivé en déterminant la

hauteur à laquelle s'enflamment et s'éteignent les météores, ce qui exige qu'on note avec soin la position apparente de chacun d'eux en des stations suffisamment éloignées pour que la parallaxe devienne sensible. Un exemple fera mieux comprendre, aux personnes peu familiarisées avec les problèmes de géométrie, en quoi consiste cette détermination.

Supposons que deux observateurs, installés dans deux postes A B distants de 20 kilomètres (fig. 4), et munis de montres bien réglées, aient reconnu qu'au même instant une étoile filante a fait son apparition dans la constellation de Persée. Familiers tous deux avec l'aspect du ciel, le premier a remarqué que le point de départ était l'étoile Algol, le second, que ce point était voisin de l'étoile Alpha de la même constellation. Les deux lignes de visée, comme cela doit être, si la distance du météore n'est pas infiniment supérieure à la distance des deux stations, n'aboutissent donc pas au même endroit du ciel. Dès lors, le triangle  $AzB$  formé par ces lignes et par celle de 20 kilomètres de longueur qui joint les deux observateurs, est connu dans ses éléments essentiels; on peut calculer d'une façon très simple la longueur de l'un ou l'autre des côtés qui aboutissaient à l'étoile filante, et en déduire enfin la hauteur verticale de celle-ci, au moment où elle a fait son apparition.

Un calcul analogue fait trouver la hauteur de l'étoile au moment où elle s'est éteinte au point  $\xi$ ; la courbe  $\alpha\xi$  qu'elle a suivie dans l'espace se trouve connue en direction et en grandeur, de sorte qu'on peut en déduire un autre élément d'une grande importance, c'est-à-dire la vitesse du météore pendant la courte durée de sa visibilité.

Rien de plus simple, on le voit, en théorie du moins, que l'opération à effectuer; mais, en pratique, rien de plus difficile que de parvenir à des résultats concor-

dants, d'une suffisante exactitude. Il faut d'abord s'assurer de l'identité de l'étoile filante observée simultanément. Si les météores sont rares dans la nuit où l'on opère, cette identité est aisée à établir par la comparaison des heures notées pour l'apparition et la disparition, heures qui ne peuvent différer que de quelques secondes. Cela est moins aisé déjà, quand

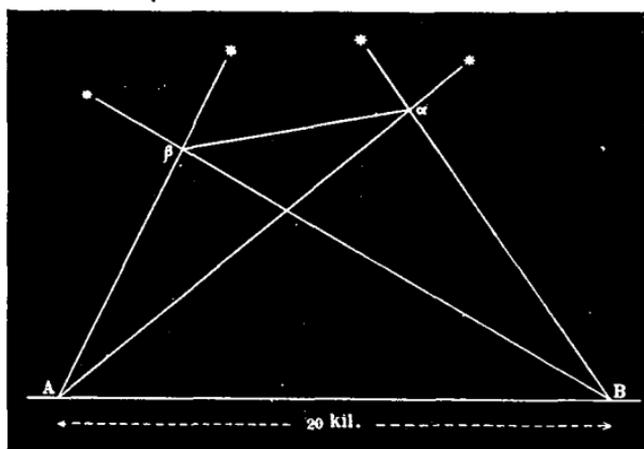


Fig. 4. — Détermination des hauteurs d'apparition et de disparition d'une étoile filante.

la nuit est abondante en étoiles filantes qui peuvent se succéder à de très faibles intervalles. Alors il faudra joindre, à la comparaison des dates, celle des positions ou quelque particularité du météore observé. Un moyen tout indiqué par la géométrie est celui qui consiste à s'assurer que les deux rayons visuels menés, soit au point d'apparition de l'étoile filante, soit à son point de disparition, se trouvent bien dans un même plan, comme cela doit être si c'est bien le même point de l'espace qui a été visé simultanément.

Cela est moins aisé pour le premier de ces deux points que pour l'autre : la raison de cette différence

provient de ce que l'observateur, toujours un peu surpris par la soudaineté de l'apparition, obligé, en outre, de porter brusquement les regards vers l'endroit du ciel où le sillon lumineux va tracer sa route, est souvent embarrassé de dire avec précision en quel point est le commencement de la trajectoire. Il lui est plus facile de noter celui où elle se termine, et l'expérience confirme cette distinction qui se traduit par une concordance plus grande des éléments du point de disparition, vu de chaque station, que des éléments du point d'apparition.

L'idée de déterminer ainsi les hauteurs des météores et la position réelle de leurs trajectoires a été mise à exécution pour la première fois à la fin du dernier siècle, en 1798. Ce sont deux jeunes physiciens de l'université de Göttingue, Brandes et Benzenberg, qui en eurent l'honneur. Ils se postèrent en premier lieu, le premier à Ellershausen, le second à Clansberg, deux localités des environs de Göttingue, aux extrémités d'une base qui mesurait 27 050 pieds, soit 8 800 mètres environ. Ils avaient résolu d'abord d'employer une sorte de levier dont chaque observateur dirigeait la branche mobile vers le point de disparition du météore, de façon à en conclure immédiatement l'azimuth et la hauteur. Mais à l'usage le procédé leur parut incommode et ils préférèrent noter la position apparente du point par rapport aux étoiles fixes de son voisinage. Chacun d'eux se munit d'une carte céleste et toute la question était ramenée au tracé de la trajectoire sur la carte et à la notation exacte de l'heure. Munis d'une montre de poche, de leur carte éclairée d'une lanterne, et couchés sur le dos, nos deux observateurs attendaient, les regards fixés au zénith, qu'une étoile filante vint traverser le champ d'azur constellé qu'ils avaient sous les yeux. Après trois nuits d'observation, sur 26 météores, vus

par Benzenberg et 32 par Brandes, il y en eut 6 qui leur parurent pouvoir être identifiés : un n'avait point de parallaxe sensible, et celle des autres, à leur point de disparition, donna des hauteurs variant entre 10 et 33 kilomètres. Mais ils jugèrent que la base choisie par eux était trop courte pour obtenir une parallaxe un peu précise et ils résolurent de s'éloigner davantage. Benzenberg demeura à Clansberg; Brandes alla se poster sur le Sesebülh, aux environs de Dransfeld. La nouvelle base mesurait 15 kilomètres. Là, durant les trois nuits du 9 et 14 octobre et du 4 novembre, ils notèrent, Brandes 235 météores, Benzenberg seulement 109, et après la comparaison de leurs observations ils reconnurent l'identité pour 16 d'entre eux.

Sur ces 16 étoiles filantes vues simultanément, 5 étaient de première grandeur, 4 de la seconde, 3 de la troisième et 2 de la quatrième à la cinquième. Une seule avait un mouvement rapide, 6 une marche lente; 3 seulement avaient laissé des traînées. Voici maintenant les hauteurs verticales du point de disparition pour les divers ordres de grandeur de ces météores.

	Hauteur du point final.
Étoiles filantes de 1 <sup>re</sup> grandeur.....	63 à 163 kilom.
— de la 1 <sup>re</sup> à la 2 <sup>e</sup> .....	75,5 à 122 —
— de la 2 <sup>e</sup> .....	83,7 à 151 —
— de la 3 <sup>e</sup> .....	124,4 à 159 —
— de la 4 <sup>e</sup> à la 5 <sup>e</sup> .....	51 à 70 —
— de grand. indéterminée.	80 à 170 —

Deux savants anglais, le météorologiste J. Farey et l'ingénieur B. Bevans, firent des observations toutes semblables dans le courant des années 1800 et 1801. Leur base n'était que de 6 milles anglais (9 kil. 6). Ils trouvèrent 40 ou 50 milles (64 ou 80 kil.) pour la

hauteur verticale (moyenne?) des météores qu'ils parvinrent à observer simultanément.

Puis Brandes et Benzenberg reprirent (1801 et 1802) leurs déterminations de hauteur, en s'adjoignant deux observateurs nouveaux, Harding et Pottgiesser. Ils se postèrent aux angles d'un quadrilatère ainsi formé : Benzenberg à Ham (près de Hambourg), Brandes à Eckwarden, à une distance de 104 kilomètres, Harding à Lilienthal, aux environs de Brême, et Pottgiesser, à Elberfeld, dont la distance à Hambourg n'est pas moindre de 330 kilomètres. Mais ils ne purent identifier que 6 météores, sans doute à cause du trop grand éloignement. Pour un seul, ils obtinrent la hauteur initiale et la hauteur finale, 57 et 61 kilomètres, de sorte que l'étoile filante aurait eu un mouvement ascendant. Pour les trois autres, ils calculèrent une hauteur finale de 52, 27 et 185 kilomètres.

Nous citerons encore deux séries d'observations de Brandes, l'une en 1817 aux environs de Breslau, mais qui resta infructueuse; l'autre, en 1823, qui donna 63 coïncidences sur un nombre total de 1712 étoiles filantes. Du 8 avril au 10 mai, Brandes, qui s'était adjoint un grand nombre de ses élèves (ils étaient 20 observateurs en tout), avait récolté 187 météores, dont 5 simultanés; du 8 août au 9 octobre, la récolte fut plus abondante encore; ils avaient noté 1 525 météores, sur lesquels 58 purent être identifiés.

Ces chiffres, ainsi que ceux qu'on a donnés plus haut, montrent assez la difficulté qu'il y a d'obtenir une grande précision dans ce genre d'observations. Dès que la distance des observateurs est assez grande pour que la parallaxe des météores devienne sensible, l'horizon, le ciel changent assez pour que des étoiles filantes soient visibles à l'un d'eux, sans l'être à l'autre; d'ailleurs, comme nous le verrons plus loin, un seul observateur, en une station, ne peut

apercevoir qu'une partie des météores qui se montrent dans une soirée. Un même météore, vu de deux points éloignés, peut avoir dans l'un, à cause de l'état de l'atmosphère, un aspect, un éclat qui est tout différent dans l'autre. Qu'on joigne à ces causes d'incertitude celles qui proviennent de la diversité des observateurs, de leur *équation personnelle*, comme disent les astronomes, et l'on comprendra pourquoi, sur un nombre quelquefois considérable de météores observés, il en est relativement si peu sur l'identité desquels on puisse se prononcer.

Revenons aux observations recueillies par Brandes en 1823.

Les plus grandes hauteurs des 63 étoiles filantes identifiées furent, pour le point initial ou d'apparition, 60, 46 et 100 milles géographiques, entre 450 et 470 kilomètres; les plus petites, pour le même point, 1,0, 1,4 et 3,9 milles, c'est-à-dire entre 7 et 27 kilomètres. Les hauteurs finales maxima furent 32, 21 et 25 milles environ, soit 236, 155 et 185 kilomètres; les hauteurs minima du même point 4, 1,4 et 3,7 milles ou environ 29, 10 et 27 kilomètres. En calculant les moyennes hauteurs des météores, d'après l'ordre de leur éclat, Saigey a trouvé les chiffres suivants :

Bolides .....	18 milles ou 133 kilom.		
1 <sup>re</sup> à 2 <sup>e</sup> grandeur.....	17	—	125 —
3 <sup>e</sup> à 4 <sup>e</sup> grandeur.....	15	—	111 —
5 <sup>e</sup> à 6 <sup>e</sup> grandeur.....	10	—	74 —

Il semble résulter de ce tableau que les météores s'approchent d'autant plus de la surface de la Terre que leur éclat est moindre; mais cela ne s'entend que du point milieu de leur course visible. Les hauteurs minima du point de disparition sont d'accord avec ce que dit Humboldt dans le *Cosmos*, d'après les documents que lui fournit Jules Schmidt, de Bonn :

« On s'est assuré, par des mesures prises avec soin, que des étoiles filantes descendent presque jusqu'aux sommets du Chimborazo et de l'Aconcagua, à 8000 mètres au-dessus de la surface de la mer. »

Erman détermina, en 1825, les hauteurs de 3 étoiles filantes observées à Berlin ou à Potsdam : 104, 109 et 89 kilomètres pour le point initial, 52, 30 et 53 kilomètres pour le point final. Le même savant, dans la nuit du 10 août 1837, calcula, avec Boguslawski, les hauteurs de 8 étoiles vues simultanément. L'une d'elles se montra à l'énorme distance de 1050 kilomètres et s'éteignit à 775, après un parcours de 294 kilomètres. La moins élevée parut à 64 kilomètres et disparut à 27; les 6 autres eurent des hauteurs initiales comprises entre 185 et 460 kilomètres, des hauteurs finales variant de 26 à 35 kilomètres.

Pour ces 8 météores, Boguslawski calcula en outre un élément d'une grande importance. Ayant pu obtenir les longueurs réelles des trajectoires, déduites des deux hauteurs et de la distance des stations extrêmes (Berlin-Breslau), il calcula le mouvement absolu de 6 des 8 étoiles filantes simultanées, c'est-à-dire le chemin réel parcouru par elles dans l'espace, en le dégageant des mouvements de rotation et de translation de la Terre. L'astronome Olbers avait préparé, antérieurement, des formules applicables à ce cas. Le résultat fut le suivant. Tous ces météores avaient des vitesses absolues supérieures à celles de la Terre autour du Soleil. En prenant cette dernière pour unité, la plus faible vitesse était 1,5, la plus forte 13,2; la moyenne 4,2.

La détermination de la vitesse des étoiles filantes et des bolides exige que les observateurs, outre les éléments propres à faire reconnaître l'identité des étoiles aux deux stations et à fixer les positions exactes des points d'apparition et de disparition,

notent avec soin la durée de la visibilité de chaque météore. Cela est d'autant plus délicat et difficile que le mouvement en est plus rapide. Il importerait alors que cette durée pût être mesurée à une fraction de seconde près. Cela est moins nécessaire pour les météores à marche lente et, en tous cas, l'erreur est d'autant moindre, relativement, que la durée est plus considérable.

Même en laissant de côté la vitesse maximum que nous venons de citer, et qui approche de 400 kilomètres par seconde, la moyenne dépasse encore 100 kilomètres, et la vitesse minimum, 45 kilomètres environ. Nous dirons bientôt quelle conséquence on a tirée de ces nombres, qui ont été généralement confirmés par les plus récentes déterminations.

### III

#### Mesures récentes des hauteurs des météores. Trajectoires.

Toutes les mesures de hauteur qu'on vient de lire appartiennent aux étoiles filantes observées dans la première moitié de ce siècle. Il n'est pas inutile de montrer que celles qu'ont effectuées, avec un zèle croissant, les observateurs de la seconde moitié, concordent bien, dans leurs résultats généraux, avec ceux de la première. Citons donc quelques observations à l'appui de cette concordance.

En décembre 1865, 4 étoiles filantes ayant été observées simultanément à Göttingue et à Pekeloh, leurs hauteurs initiales et finales furent calculées par Børjén et déterminées par Heis à l'aide d'un procédé graphique. Le tableau suivant donne, en kilomètres, les nombres trouvés par ces deux savants :

	Hauteurs initiales.		Hauteurs finales.	
1 <sup>re</sup> étoile.	109 kil. (H).	142 kil. (B).	90 kil. (H).	87 kil. (B).
2 <sup>e</sup> —	167 —	157 —	143 —	135 —
3 <sup>e</sup> —	95 —	79 —	58 —	35 —
4 <sup>e</sup> —	162 —	176 —	37 —	101 —

Dans les nuits des 9, 11 et 12 août 1866, 12 météores, observés simultanément à Blumenthal et à Leer, ont fourni au professeur Heis qui les a calculées, les hauteurs suivantes, pour leurs points d'apparition et de disparition :

	Haut. init.	Haut. fin.		Haut. init.	Haut. fin.
1.	62 kil.	45 kil.	7.	153 kil.	62 kil.
2.	134 —	104 —	8.	289 —	123 —
3.	51 —	40 —	9.	107 —	29 —
4.	229 —	58 —	10.	58 —	40 —
5.	66 —	50 —	11.	88 —	59 —
6.	132 —	66 —	12.	64 —	22 —

Citons encore les observations faites en Angleterre, dans les nuits des 9, 10 et 11 août 1868, par divers observateurs postés à Londres, à Birmingham, à Hawkhurst, à l'observatoire d'Highfield House et à Winchfield. La comparaison des données d'observation permet d'identifier 11 météores et de calculer leurs hauteurs à l'aide de projections graphiques. Deux de ces étoiles filantes se sont montrées à des hauteurs de 161 et de 168 kilomètres, pour s'éteindre à 67 et à 75 kilomètres. Les hauteurs minima sont celles d'une étoile qui apparut à 46 kilomètres de hauteur verticale et disparut à 37 kilomètres. Toutes les trois avaient l'éclat des étoiles de première grandeur, et l'une d'elles dépassait même la planète Jupiter.

Pour terminer, nous allons donner, avec les détails particuliers recueillis par le comité londonien des *Météores lumineux*, les éléments des trajectoires (hauteurs et vitesses, etc.) de 14 bolides observés en

diverses régions du globe terrestre pendant les vingt années comprises entre 1858 et 1879. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur quelques-uns de ces météores, quand il s'agira de la question, si intéressante et longtemps si controversée, de l'origine des étoiles filantes et des bolides.

*Bolide du 13 août 1858.* — Observé à Londres, à Ryde, à l'île de Wight, à 6 heures 39 minutes du soir (temps moyen de Greenwich), sous la forme d'un globe ayant un diamètre égal au tiers de celui de la Lune, de couleur blanche, une courte queue bleuâtre. Il laissa derrière lui une longue traînée blanchâtre, mais non persistante. Le point de son apparition était élevé de 28 milles (45 kil.) au-dessus d'un lieu situé à 20 milles en mer de la côte française de Dieppe; sa hauteur finale fut de 12 milles (19,3 kil.) au-dessus d'un point situé à mi-chemin entre Brighton et Cherbourg. Il mit 3 secondes  $\frac{1}{4}$  à parcourir les 75 milles ou 121 kilomètres de sa trajectoire visible, ce qui donne une vitesse de 23 milles ou 37 kilomètres par seconde.

Son point d'émanation, ce que l'on nomme son *point radiant*, ainsi qu'on le verra bientôt, était voisin de l'étoile  $\theta$  de la constellation de Pégase.

Tous les chiffres que nous venons de donner comportent quelque incertitude.

*Bolide du 5 septembre 1868.* — Observé à 8 heures 35 minutes du soir (t. m. Berne), en France, en Suisse, en Allemagne et en Italie. Devant revenir plus loin sur ce météore, nous nous bornerons à signaler les hauteurs considérables de ses points d'apparition et de disparition, la longue course qu'il a parcourue, et la vitesse énorme de son trajet.

*Bolide du 24 décembre 1873.* — Observé à 7 heures 39 minutes du soir en diverses localités des États-Unis, notamment à Washington, en Virginie, au Maryland,

à Richmond, Newmark Danbury, etc. Son noyau, allongé en cône, surpassait la pleine Lune en éclat; de couleur jaune, il était accompagné d'une courte queue lançant des étincelles rouges et bleues, puis il éclata en faisant entendre une bruyante détonation, sans laisser de trainée. Il apparut en un point dont la hauteur verticale était de 145 kilomètres au-dessus des environs de Newcastle, pour s'éteindre à 24 kilomètres environ au-dessus de Fairfax en Virginie. Un intervalle de 2 minutes 27 secondes s'écoula, pour les observateurs de Washington, entre l'instant de sa disparition et la perception du bruit de la détonation, d'où l'on conclut qu'il était alors à 50 kilomètres environ de cette cité. Sa vitesse réelle, de 48 kilomètres par seconde, était plus de moitié supérieure à celle de la Terre dans son orbite. Point radiant dans les Gémeaux <sup>1</sup>.

*Bolide du 8 octobre 1877.* — Vu à minuit à Bristol, à Anvers et en France aux environs de Mézières. Brillant, avec une longue trainée; ses hauteurs, initiale et finale, mesuraient 128 et 56 kilomètres au-dessus de deux lieux situés tous deux à l'ouest de Allemaar en Hollande. En 4 secondes le météore parcourut les 100 kilomètres de sa trajectoire visible, soit avec une vitesse de 25 kilomètres, un peu inférieure à celle de la Terre.

1. Puisque nous sommes en train de décrire quelques bolides remarquables, nous en profiterons pour signaler une observation due au directeur actuel de l'observatoire de Rome, M. Tacchini, qui alors observait à Palerme. Le 27 juillet 1874, à 8 heures 45 minutes du soir, apparurent 3 bolides qui furent bientôt accompagnés d'un quatrième qui décrivirent de conserve leurs trajectoires sans que leurs distances relatives aient varié pendant les quarante secondes de leur apparition. Leur lumière d'un blanc jaunâtre était comparable à celle de Jupiter pour l'éclat. Après avoir parcouru près de 90 degrés, ils laissèrent des trainées d'une couleur roussâtre. C'est un rare exemple d'une étoile filante multiple.

*Bolide du 9 décembre 1877.* — Vu à 8 heures 12 minutes du soir, à l'observatoire de Greenwich, à Londres, à Bromley et Writtle. Égal à Jupiter en éclat, il présenta dans le cours de sa longue trajectoire une traînée de couleur mauve, pourpre et verte. Il était

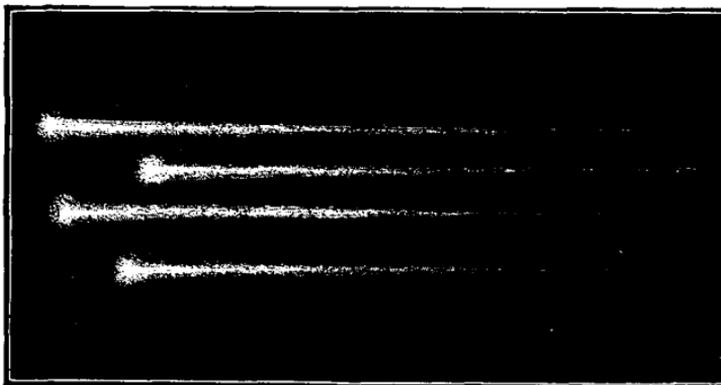


Fig. 57.— Bolide quadruple, observé par Tacchini, le 27 juillet 1874.

élevé de 88 kilomètres au-dessus du sol au moment de son apparition, à 58 kilomètres, au moment de son extinction. En 3 secondes, il franchit 160 kilomètres, avec une vitesse moyenne de 54 kilomètres par seconde. Son point radiant était dans les Gémeaux.

*Bolide du 2 avril 1878, à 7 heures 54 minutes du soir.* — Observé en Angleterre, à Blackheath, Birmingham et Leicester. C'était un météore détonant, dont le globe de lumière rouge avait un diamètre moitié de celui de la Lune, d'un mouvement lent et inégal. Il éclata en fragments. Au moment de son apparition il était à une hauteur de 96 kilomètres au-dessus d'un point situé à 16 kilomètres au sud de Leicester; sa hauteur finale, parfaitement déterminée, fut de 24 kilomètres au-dessus d'un point à l'ouest de Coventry. Il mit de 3 à 4 secondes à parcourir sa trajectoire

dont la longueur était d'environ 80 kilomètres, ce qui donne une vitesse moyenne de 23 kilomètres par seconde. Point radiant, voisin de l'étoile  $\gamma$  de la Grande Ourse.

*Bolide du 11 août 1878.* — Observé aux États-Unis, à 10 heures 10 minutes du soir, dans l'Indiana, la Virginie, la Pensylvanie. Plus brillant que la pleine Lune, bien que d'un diamètre trois fois moindre, sa couleur était verdâtre. Il se rompit en trois fragments rouges en faisant entendre une détonation. Hauteurs initiale et finale, 124 et 28 kilomètres environ. Trajectoire longue de 280 kilomètres, franchie en 2 secondes, par conséquent avec l'énorme vitesse de 140 kilomètres, plus de quatre fois celle de la Terre dans son orbite.

*Bolide du 18 novembre 1878.* — Beau météore à marche lente, ayant l'éclat de Jupiter et de Vénus, vu à 9 heures 50 minutes du soir, à Bristol et à Writtle (Angleterre). 120 et 72 kilomètres environ pour les hauteurs des deux points d'apparition et de disparition, le premier en un lieu situé entre Nantes et Angers, le second entre Laval et le Mans. La durée n'ayant pas été notée, il n'a pas été possible de calculer la vitesse de ce bolide, dont le point radiant était dans les Poissons.

*Bolide du 30 décembre 1878.* — Observé aux États-Unis, à 6 heures 57 minutes du soir; vert, gris, rouge, lorsqu'il eut éclaté en morceaux. On n'entendit pas le bruit de la détonation. Il fit son apparition à 115 kilomètres au-dessus de Columbiana County (Ohio) et s'éteignit à 28 kilomètres au-dessus de Tuscarawas County. En 2 secondes il parcourut environ 136 kilomètres, ce qui donnerait 68 kilomètres par seconde, mais ce point est douteux.

*Bolide du 12 janvier 1879.* — A 7 heures 25 minutes (t. m. de Berlin), un premier météore, dépassant le

diamètre de la Lune, a été vu à Prague, à Rakonitz et dans d'autres localités de la Bohême; il avait la forme d'un globe terminé par une queue mince; il disparut subitement. Une minute et demie après sa disparition, on entendit à Prague une violente détonation. Sa hauteur initiale a été calculée égale à 64 kilomètres; mais il est probable qu'elle était plus grande et que le météore a commencé plus tôt. Il s'est éteint au-dessus de Rakonitz, à 40 kilomètres à l'ouest de Prague, à une hauteur de 15 kilomètres environ. Sa vitesse était de 29 kilomètres environ par seconde.

*Bolide du 12 janvier 1879.* — A 7 heures 32 minutes, c'est-à-dire sept minutes après le précédent météore, un bolide ayant le même aspect, mais plus petit et non détonant, fut vu à Rakonitz, et aussi à Salzbourg, à Zittau, dans le Tyrol et en Saxe. C'est à 125 et 37 kilomètres de hauteur verticale qu'eurent lieu son apparition et sa disparition: la première au-dessus de Pibram, en Bohême; la seconde au-dessus de Grosshain, aux environs de Dresde. Il parcourut à peu près 200 kilomètres en 10 secondes; sa vitesse fut donc les deux tiers environ de celle de notre planète.

*Bolide du 28 janvier 1879.* — Observé à 2 heures 28 minutes du matin, dans les États du Wisconsin et de Michigan (États-Unis d'Amérique), cet immense globe de feu avait un diamètre égal à quatre fois celui de la Lune, d'après les observateurs de Charlevoix, lieu au-dessus duquel il éclata en fragments, à 42 kilomètres de hauteur verticale. Il projeta en éclatant un anneau d'étincelles, et une secousse pareille à un tremblement de terre se fit sentir à Traverse-City, dans le Michigan. La hauteur initiale était de 160 kilomètres. La longueur de sa trajectoire fut d'environ 200 kilomètres, mais on n'a pas noté la

durée de sa visibilité, de sorte que sa vitesse est restée inconnue.

*Bolide du 22 février 1879.* — Observé en diverses localités d'Angleterre, à minuit 20 minutes; d'un diamètre égal à la moitié du diamètre lunaire; ce météore projeta une lumière intense, blanche d'abord, puis verte et rouge; alors il se divisa en fragments; un grondement semblable au bruit du tonnerre se fit entendre à Haverhill et à Saffron-Walden. Hauteur initiale de 80 à 120 kilomètres, hauteur finale de 8 à 10 kilomètres en un point situé verticalement au-dessus de Haverhill et New-Market dans le comté de Cambridge. Point radiant dans la tête de l'Hydre. La longueur de sa trajectoire, la durée de son apparition n'ont pas été notées exactement.

*Bolide du 24 février 1879.* — Grand météore égal à la pleine Lune, observé à minuit 45 minutes, à York, Hull, Manchester, Liverpool, Birmingham, Dundee, etc. A Brighton, il parut suivi d'une longue queue rouge ou jaune; sa lumière blanche illumina comme en plein jour; il se brisa et disparut soudainement, en produisant à York une secousse semblable à un tremblement de terre, qui dura une minute et demie. En 6 à 8 secondes il parcourut les 140 kilomètres de sa trajectoire avec une vitesse moyenne de 23 kilomètres par seconde. La hauteur du point d'apparition fut d'environ 96 kilomètres au-dessus de Wilby, et celle du point où il s'éteignit, de 10 à 12 kilomètres en un lieu situé à mi-chemin de Leeds et de Selby.

Tous les nombres qui mesurent les hauteurs où ont apparu ces 14 météores, et les hauteurs de leurs points d'extinction, sont compris à peu près dans les mêmes limites que ceux qu'on a cités plus haut et qui appartiennent en grande partie à des étoiles filantes

ordinaires. Les holidés ou globes de feu ne diffèrent donc pas de celles-ci, sous ce rapport. On peut en dire autant de la vitesse qui est partout de l'ordre des vitesses planétaires. Les différences sont donc plutôt des circonstances particulières, comme les dimensions de la partie lumineuse du météore, son éclat, l'explosion finale, la division en fragments ou étincelles et le bruit de cette explosion qui, du reste, n'est pas toujours entendu.

Il est deux points que nous réservons : ce sont, d'une part, la direction véritable des trajectoires, ou le point d'émanation, appelé aussi point *radiant*; d'autre part, c'est la forme même de cette trajectoire ou de l'orbite des météores, que la vitesse réelle, calculée ainsi qu'on vient de le voir, permet de déterminer. Nous reviendrons sur ces deux questions capitales.

## CHAPITRE II

### DU NOMBRE DES ÉTOILES FILANTES

---

#### I

#### Les étoiles filantes sporadiques.

Nous avons dit qu'il ne se passe pas de nuits sans qu'on aperçoive des étoiles filantes. Mais il est certaines époques où elles se montrent en beaucoup plus grand nombre que dans les nuits ordinaires; parfois même elles sont si nombreuses qu'il est presque impossible de les compter. Ces apparitions extraordinaires sont désignées sous les noms de *pluies*, d'*averses*, de *flux d'étoiles filantes*, et les météores d'un même groupe, par la désignation d'*essaim météorique*. Nous décrirons les plus remarquables de ces apparitions dans le chapitre suivant, et nous verrons qu'elles reviennent à peu près aux mêmes dates, d'où la qualification d'étoiles filantes *périodiques*, par opposition aux étoiles filantes ordinaires qui semblent isolées, dispersées, et qu'on nomme pour cette raison étoiles filantes *sporadiques*.

Quel est le nombre moyen de ces dernières? Pour préciser : Combien un observateur peut-il voir d'étoiles filantes en une heure, en temps ordinaire?

Pour répondre à cette question, il faut évidemment accumuler les observations pendant un temps assez

long pour donner au résultat une généralité suffisante. Voici quelques nombres empruntés aux premiers observateurs qui aient systématiquement exploré le ciel dans ce but.

Olbers, en 1836, évaluait à 5 ou 6 le nombre horaire moyen. Quételet l'année suivante le portait à 8. Jules Schmidt, de Bonn, le réduit, au contraire : « A la suite d'un grand nombre d'observations répétées pendant un laps de temps qui varie de trois à neuf années, dit-il, la moyenne des étoiles filantes sporadiques se trouve être de 4 à 5 par heure. Cela est l'état habituel, en dehors des phénomènes périodiques. »

Bouvard, dans le courant de l'année 1840 à 1841, vit 572 étoiles filantes en 72 heures d'observation, de 11 heures du soir à 1 heure du matin ; il n'avait observé que pendant les nuits de la nouvelle Lune où le ciel était clair. Cela donne une moyenne de 8 étoiles par heure. Coulvier-Gravier, résumant les observations qu'il fit avec un aide, de juillet 1841 à la fin de février 1845, a donné un total de 5302 étoiles filantes vues en 1054 heures. Cela fait à peu de chose près 5 étoiles par heure. Mais ayant remarqué que la lumière de la Lune, le jour, la veille et le lendemain de la pleine Lune, devait effacer au moins les  $\frac{3}{5}$  des météores que l'on aurait dû voir en l'absence de notre satellite, il pensait que, de ce chef, le nombre horaire moyen devait être augmenté et porté à 6. Notons qu'il s'agit ici du nombre que peuvent voir deux observateurs explorant chacun une moitié du ciel. En outre, il n'a pas été tenu compte de l'état plus ou moins serein du ciel, dont une portion a pu être fréquemment couverte par les nuages.

Si l'éclat de la lumière lunaire, si la présence de nuages plus ou moins étendus, sont susceptibles de diminuer le nombre des météores visibles, il existe d'autres causes qui peuvent expliquer la différence

des nombres moyens obtenus par les divers observateurs. Il y a d'abord l'inégalité qui provient de la plus ou moins bonne vue des observateurs. Certains yeux distinguent parfaitement les étoiles de sixième à septième grandeur, tandis que d'autres voient à peine celles de sixième. Mais il y a aussi une cause qui ne rend pas comparables les résultats obtenus dans des lieux différents. La pureté du ciel, alors même qu'il est serein, outre qu'elle est fort variable dans un même lieu selon l'époque de l'année, l'heure de la nuit, etc., est bien loin d'être la même dans les diverses stations où ont eu lieu les observations d'étoiles filantes. Humboldt dit à ce sujet dans son *Cosmos* : « Je suis revenu des zones équinoxiales sous cette impression que, dans les plaines ardentes des tropiques, comme à 5000 ou 6000 mètres au-dessus du niveau de la mer, les étoiles filantes sont plus fréquentes, plus richement colorées que dans les zones froides ou tempérées; mais c'est dans la pureté et l'admirable transparence de l'atmosphère de ces contrées qu'il faut en chercher la cause; là, notre regard pénètre plus facilement les couches de l'air qui nous entourent. C'est aussi à la pureté du ciel de Bokhara que sir Alexandre Burnes attribue le magnifique spectacle, sans cesse renaissant, des étoiles filantes à couleurs variées qu'il put y admirer <sup>1</sup>. »

Un observateur unique ne peut voir tous les météores qui apparaissent en une nuit sur la voûte céleste, ses yeux ne pouvant embrasser à la fois cette

1. « Là règne une constante sérénité de l'atmosphère et une admirable transparence du ciel. Pendant la nuit les étoiles brillent d'un éclat extraordinaire, et la Voie lactée resplendit glorieuse dans le firmament. Là aussi ne cessent d'apparaître les plus brillants météores, qui partent dans le ciel comme autant de fusées : on en voit parfois jusqu'à dix ou douze par heure, revêtant les couleurs les plus variées, couleurs de feu, rouges, bleues, d'un blanc pâle. » (Burnes, *Voyage à Bokharâ*.)

voûte tout entière. Deux observateurs se partageant le ciel par moitié laisseraient encore échapper nombre de météores. En doublant ce nombre, on aurait quelque chance de ne laisser passer aucune étoile filante qui ne soit notée; mais il y aurait lieu de défalquer du nombre total les météores notés par deux ou plusieurs observateurs, quand ces météores passeraient d'un champ de vision aux champs voisins, c'est-à-dire se trouveraient observés simultanément. Un astronome américain qui a fait une étude approfondie du phénomène des étoiles filantes, le professeur A. Newton (de Yale College), observa les météores de la nuit du 14 au 15 novembre 1865, en s'aidant du concours de douze observateurs. Le nombre horaire moyen varia pour chacun d'eux du simple au double, de 27 à 52; en moyenne il fut égal à 38,75. Le nombre total horaire monta à 186, environ cinq fois supérieur à celui d'un simple observateur. Un autre astronome américain, M. Edouard Herrick (de New-Haven) estime que quatre observateurs voient 30 étoiles filantes par heure; mais, pour qu'aucun météore ne pût échapper à la vue, il pense que le nombre des observateurs en un point quelconque du globe devrait s'élever à neuf.

Des nombres qui précèdent, on peut conclure celui des étoiles filantes visibles à l'œil nu qui viennent annuellement en contact avec notre globe, ou du moins avec l'atmosphère; on trouve 50 à 55 000 avec les moyennes horaires d'Olbers ou de Coulvier-Gravier, 74 000 si l'on prend la moyenne de Quételet, plus de 100 000 d'après les chiffres de Burnes à Bokhara et enfin 278 000 si l'on adopte le chiffre le plus élevé, qui est celui donné par Herrick. Nous ne parlons pas de la moyenne calculée par M. Newton, parce que son observation a été faite à une date qui coïncide avec une recrudescence particulière

des météores, celle de l'essaim de la mi-novembre.

Mais tous ces nombres doivent être considérablement augmentés, si l'on admet que les étoiles filantes viennent heurter l'atmosphère terrestre avec une égale abondance dans toutes les directions. Il est probable, en effet, que toutes ne sont pas aisément visibles sur un même horizon à toutes les altitudes. Toutes celles d'entre les plus faibles, dont la trajectoire ne s'élève pas au delà d'une certaine hauteur, sont sans doute rendues invisibles par l'interposition des couches les plus basses de l'atmosphère. Mais surtout, il en est que leur peu d'intensité ne permet pas d'observer à l'œil nu. Ce n'est pas là, comme on va voir, une simple hypothèse : des observations positives ont prouvé l'existence d'étoiles filantes télescopiques; nous en avons parlé plus haut sommairement; voici maintenant les témoignages à l'appui.

Une première tentative d'observation télescopique des météores, celle du Dr Haikin, à Emmitsburg (Maryland), dans la nuit du 14 novembre 1833, fut, il est vrai, infructueuse. Cet observateur ayant pointé son instrument dans la direction de la constellation du Lion, centre d'émanation des météores, ne put rien voir. Un Anglais, James South, en août 1839, ne réussit pas davantage. Mais, la même année, l'astronome américain Mason fut plus heureux.

« Durant quatre ou cinq des soirées qui ont précédé le 9 août 1839, dit-il, il a passé, dans le champ de mon télescope, de 20 à 30 météores. Une vingtaine environ se sont présentés les 9 et 10 août, et, durant ces deux nuits, j'ai observé continuellement jusqu'à 3 ou 4 heures du matin. Leur éclat et leur vitesse apparente, ainsi agrandis par la toute-puissance de mon télescope, étaient, en somme, à peu près les mêmes, ou peut-être moindres que la vitesse et l'éclat des étoiles filantes que l'on voit à l'œil nu.

Ces météores offraient des dimensions très sensibles et paraissaient plus grands que ceux qui sont vus directement. Au total ils avaient un diamètre d'environ la moitié ou le tiers du diamètre de Jupiter; mais aucun ne parut aussi gros que cette planète. Leur contour cependant était quelque peu incertain, comme celui d'une étoile qui ne serait pas au foyer. Je ne puis mieux le comparer qu'aux nébuleuses planétaires (H. IV, 16 et 18, que j'avais observées quelques mois auparavant), si ces nébuleuses avaient traversé le champ du télescope en 2 ou 3 dixièmes de seconde, temps employé par ces météores à faire le même trajet. Un seul de ceux-ci, nettement terminé, parut comme une étoile fixe de 12<sup>e</sup> grandeur. »

Le grossissement employé par Mason était de 80 fois; le champ qu'il embrassait était d'environ le cinquième d'un degré carré, c'est-à-dire environ la 200 000<sup>e</sup> partie du ciel entier. Dans ce champ, en 12 heures d'observation, il parut 20 à 30 météores. soit 40 à 60 en un jour de 24 heures. C'est donc 20 ou 30 multipliés par 200 000, soit 4 à 6 millions qui indiqueraient le nombre total des météores, journallement rencontrés par la Terre, si toutefois l'on adopte l'hypothèse que leur fréquence est continue et qu'ils se montrent indistinctement avec une abondance égale dans toutes les directions, en tous les points de la voûte céleste. Le nombre moyen annuel des étoiles filantes, qu'on vient de voir évaluer à quelques centaines de mille au plus, se chiffrerait donc en réalité par 1 milliard et demi à 2 milliards. C'est un chiffre approchant qu'admettait Herrick, lorsqu'il évaluait à 3 millions le nombre des météores pénétrant quotidiennement l'atmosphère. M. A. Newton compte aussi par millions les étoiles filantes qui, chaque jour, rencontrent la Terre et s'enflamment dans les hauteurs de son atmosphère.

## II

**Lois des variations horaires, mensuelles,  
annuelles.**

Ces évaluations, qu'elles soient ou non exagérées, ne comprennent pas les météores qui viennent, à dates fixes et par troupes beaucoup plus nombreuses, frôler la Terre. Si, aux étoiles filantes sporadiques dont il vient d'être question uniquement, on joignait les étoiles filantes périodiques, les nombres qui précèdent devraient être notablement augmentés. Seulement, l'augmentation dont il s'agit serait fort inégale d'une année à l'autre, parce que, ainsi qu'on va le voir bientôt, les averses d'une même date, d'un même essai, sont très variables en ce qui touche le nombre des météores qui les composent, et il sera intéressant de rechercher, s'il y en a, les lois de cette variabilité.

Un intérêt du même ordre s'attache aux étoiles filantes ordinaires ou isolées. Nous venons de voir quel est, d'après divers observateurs, leur nombre moyen horaire; mais ce nombre oscille entre des maxima et des minima, soit dans le courant d'une même nuit, soit dans les nuits successives d'une année, soit enfin dans la suite des années. On comprend qu'il serait intéressant de connaître aussi les lois de ces variations : on en pourrait tirer sans doute quelque conclusion sur l'origine des météores. En tous cas la question valait la peine d'être examinée.

Elle l'a été, grâce aux recherches d'un des plus assidus observateurs d'étoiles filantes de ce siècle, M. Coulvier-Gravier. Dans un premier mémoire lu à la séance du 5 mai 1845 à l'Académie des sciences, il a donné les résultats de ses observations faites depuis juillet 1841 jusqu'à la fin de février 1845. Il résultait du

dépouillement de ces observations que, généralement, le nombre des étoiles filantes varie aux différentes heures de la nuit, leur nombre allant en augmentant notablement du soir au matin. Cette variation horaire se rencontrait à toutes les époques de l'année, aussi bien pour les météores périodiques que pour ceux des nuits ordinaires.

Voici les nombres donnés par M. Coulvier-Gravier :

Heure moyenne.	Nombre de météores par heure.
7 h. 30 m. du soir.....	3,5
9 h. — .....	3,7
Minuit .....	5,4
3 h. du matin.....	7,5
4 h. 30 m. du matin.....	7,9

En traçant, disait-il, la courbe de ces moyennes, et la relevant d'heure en heure, on obtenait les nombres horaires suivants, dont la moyenne est de 5,6 étoiles par heure :

Heures.	Nombres hor.	Heures.	Nombres hor.
De 6 à 7 h. du soir.	3,3	De 12 h. à 1 h. du matin.	5,8
— 7 à 8 —	3,5	— 1 à 2 —	6,4
— 8 à 9 —	3,7	— 2 à 3 —	7,1
— 9 à 10 —	4,0	— 3 à 4 —	7,6
— 10 à 11 —	4,5	— 4 à 5 —	8,0
— 11 à 12 —	5,0	— 5 à 6 —	8,2

Plus tard, dans ses *Recherches sur les météores*, le même observateur a donné le tableau des variations horaires, telles qu'elles résultent des observations des douze années comprises entre 1845 et 1858. Seulement, les moyennes horaires ont été corrigées de l'influence de la lumière de la Lune, qui, selon lui, en efface environ les trois cinquièmes, ainsi que nous l'avons vu plus haut. Elles doivent dès lors être notablement supérieures aux précédentes. En voici le tableau :

De 5 à 6 h. du soir.	7.2	De 12 h. à 1 h. du matin.	10.7
— 6 à 7	6.5	— 1 à 2	13.1
— 7 à 8	7.0	— 2 à 3	16.8
— 8 à 9	6.3	— 3 à 4	13.6
— 9 à 10	7.9	— 4 à 5	13.8
— 10 à 11	8.0	— 5 à 6	13.7
— 11 à 12	9.3	— 6 à 7	13.0

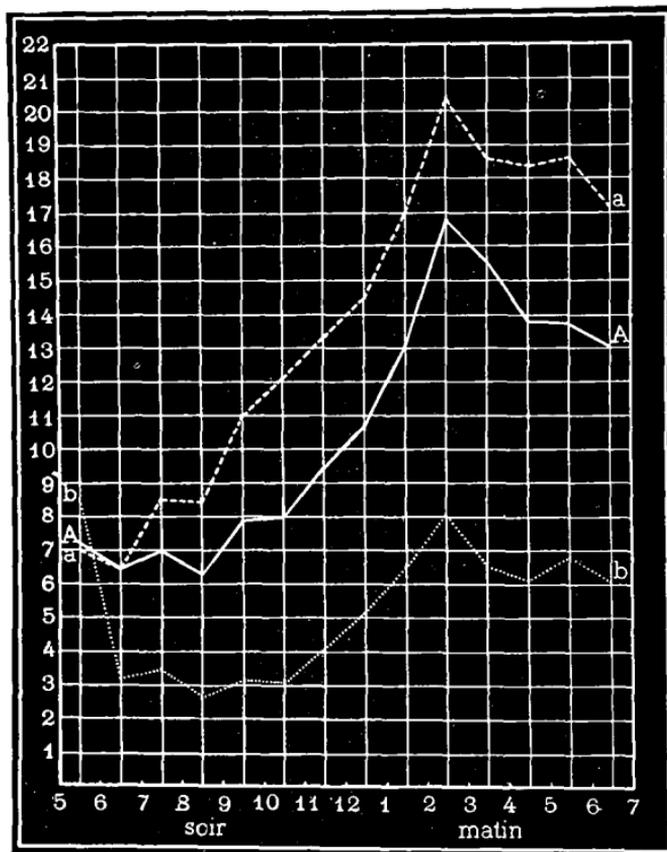


Fig. 6. — Courbes représentant les moyennes horaires des nombres d'étoiles filantes, d'après les observations de Coulyer-Gravier. AA, courbe de l'année entière. — bb, courbe du 1<sup>er</sup> semestre. — aa, courbe du 2<sup>e</sup> semestre.

Si l'on construisait deux courbes pour suivre la marche du phénomène pendant ces deux périodes, une, celle qui représenterait la variation horaire de 6 heures du soir à 6 heures du matin pour la période de 3 années  $\frac{2}{3}$  comprise entre juillet 1841 et mars 1845, s'élèverait d'une manière régulière jusqu'à 6 heures du matin où elle atteindrait le maximum. L'autre courbe (fig. 6), construite d'après les observations de 12 années, serait moins régulière. Elle présenterait un minimum entre 8 heures et 9 heures du soir, puis elle s'élèverait jusqu'à l'heure comprise entre 2 et 3 heures du matin, pour redescendre un peu moins brusquement jusqu'à 7 heures du matin.

Nous verrons plus loin l'interprétation donnée de cette variation horaire et de la loi qui s'en dégage.

Une seconde loi fait voir que les nombres horaires moyens des météores ne se distribuent pas également dans le cours de chaque année. Voici comment M. Coulvier-Gravier a mis ce fait en évidence. Considérant que la moyenne horaire pour l'heure de minuit est sensiblement la moyenne de la nuit entière, il a groupé, pour chaque année, les nombres horaires à minuit des jours d'un même mois et il a pris la moyenne de ces nombres; cela lui a donné ce qu'il nomme les *moyennes mensuelles du nombre horaire pour minuit*, dans chacune des années (1841-1845) de sa première série d'observations. En voici le tableau <sup>1</sup> :

Janvier.....	3,6	3,4	Juliet.....	7,0	4,5
Février.....	3,6	?	Août.....	8,3	5,3
Mars.....	2,7	4,9	Septembre..	6,8	4,7
Avril.....	3,7	2,4	Octobre.....	9,1	4,5
Mai.....	3,8	3,9	Novembre..	9,5	5,3
Juin.....	3,2	5,3	Décembre...	7,2	4,0

1. Dans une première colonne sont les moyennes horaires calculées par MM. Coulvier-Gravier et Saigy; la seconde donne les moyennes déduites par M. J. Schmidt de ses observations, dont nous parlons plus loin.

A l'inspection de ces nombres, on est frappé de l'inégalité de la distribution des météores entre le premier semestre et le second semestre de l'année. Le nombre horaire mensuel est à peu près le même dans les six premiers mois; il est égal à 3,4, terme moyen.

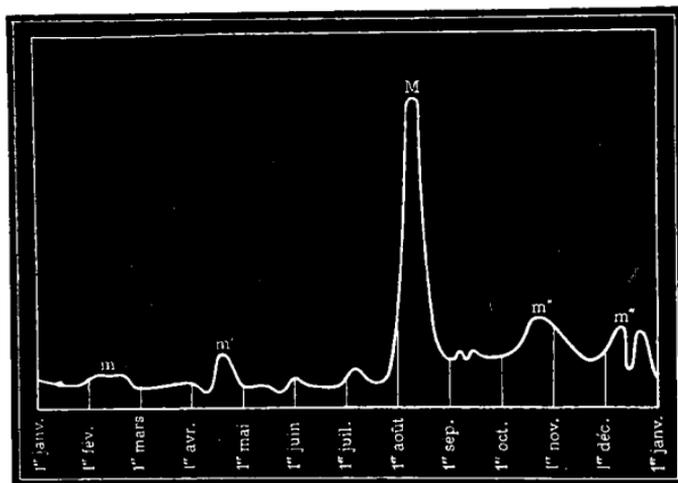


Fig. 7. — Courbe de la variation des nombres horaires moyens d'étoiles filantes dans le cours d'une année, d'après les observations de Coulvier-Gravier.

Dans les six derniers mois, il y a aussi un faible écart entre les divers nombres, mais la moyenne 8,0 est plus que double de la première. « En d'autres termes, dit M. Coulvier-Gravier, le nombre des étoiles filantes se soutient à peu près le même du solstice d'hiver au solstice d'été, où il est le plus petit possible; et il se maintient à sa plus grande valeur durant tout le temps qui s'écoule entre le solstice d'été et le solstice d'hiver. En d'autres termes encore, nous voyons moins d'étoiles filantes, quand la Terre va du périhélie à l'aphélie, en s'éloignant du Soleil; et nous en

voions le plus, lorsque la Terre va de l'aphélie au périhélie, ou se rapproche du Soleil. » On remarquera deux maxima qui correspondent l'un au mois d'août,

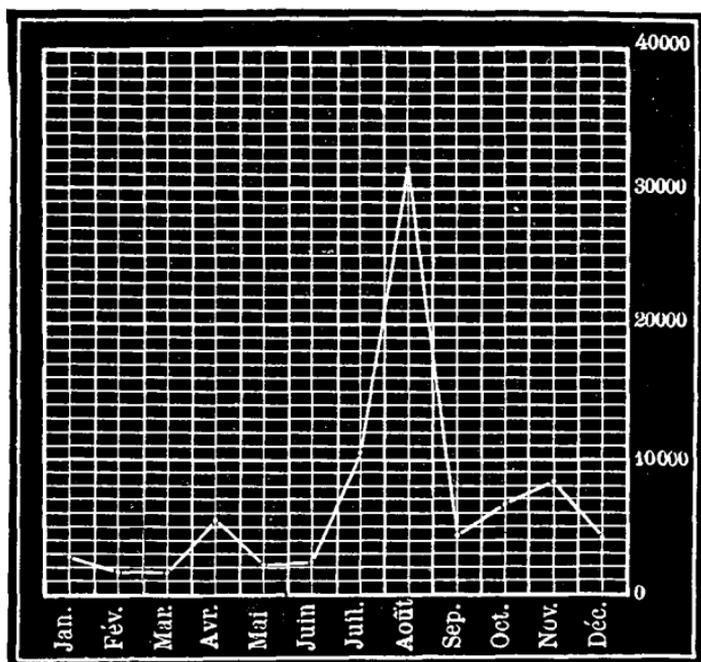


Fig. 8. — Répartition mensuelle de 82 152 météores catalogués, d'après les recherches de M. Demaing.

l'autre au mois de novembre, ce qui tient à ce que les météores périodiques de ces deux mois ont été compris dans le calcul des moyennes mensuelles. Deux autres maxima moins prononcés caractérisent les mois de février et de mai. M. Coulvier-Gravier plaçait ces quatre maxima de la façon suivante :

Maximum d'hiver (du 7 au 8 février).....	3,7
— de printemps (du 1 <sup>er</sup> au 2 mai)...	3,9
— d'été (du 8 au 9 août).....	8,6
— d'automne (du 7 au 8 novembre).....	9,3

« Les deux derniers maxima, qui sont les principaux, dit-il, répondent évidemment aux retours périodiques des astronomes pour les 10 août et 12 novembre. De plus les quatre maxima en question sont rectangulairement placés, tellement que les lignes droites, menées de deux en deux, sont perpendiculaires entre elles, ces deux lignes étant comme les grands axes de deux ellipses superposées et dont les quatre sommets seraient en saillie. »

Le contraste entre les moyennes horaires du premier et du second semestre de l'année a été mis en évidence d'une autre façon par le même observateur. En comparant les nombres horaires des diverses heures de la nuit, corrigés de l'influence de la Lune, il est arrivé au tableau suivant, qui résume les observations de douze années (1846 à 1867) :

Heures de la nuit.	Nombre horaire moyen.	
	Premier semestre.	Second semestre.
De 5 à 6 h. du soir.....	8,5	7,0
— 6 à 7 — .....	3,1	6,5
— 7 à 8 — .....	3,4	8,5
— 8 à 9 — .....	2,7	8,4
— 9 à 10 — .....	3,2	11,0
— 10 à 11 — .....	3,1	12,1
— 11 à 12 — .....	4,1	13,3
— 12 à 1 h. du matin.....	5,2	14,5
— 1 à 2 — .....	6,6	17,0
— 2 à 3 — .....	8,1	20,4
— 3 à 4 — .....	6,7	18,7
— 4 à 5 — .....	6,2	18,4
— 5 à 6 — .....	6,8	18,4
— 6 à 7 — .....	6,1	17,2

La moyenne générale pour toutes les heures, dans l'hypothèse d'un ciel serein et sans lune, est 5,2 étoiles filantes pour le premier semestre, 13,6 pour le second, et enfin 10,5 pour l'année entière.

J. Schmidt, de Bonn, a calculé, comme MM. Coulvier-Gravier et Saigey, la moyenne horaire men-

suelle des étoiles filantes pour les divers mois de l'année. Nous avons donné ses résultats dans un des précédents tableaux, mais le travail le plus complet sur ce point est celui qu'a publié M. Denning dans les *Monthly Notices* de la Société astronomique. Ce savant, ayant relevé les catalogues d'étoiles filantes publiés par dix astronomes, Corder, Denza, Heis, Konkoly, Lucas, Savyer, Schmidt, Tupman, Weiss, Zezioli, ceux de l'Association météorique et le sien propre, en a tiré le tableau suivant de la distribution de 82156 météores pendant les douze mois de l'année :

Janvier.....	2 804	Juillet.....	10 670
Février.....	1 826	Août.....	31 326
Mars.....	1 761	Septembre.....	4 304
Avril.....	3 385	Octobre.....	6 840
Mai.....	2 420	Novembre.....	8 519
Juin.....	2 353	Décembre.....	4 055

La supériorité du second semestre sur le premier est ici encore évidente ; elle ressort d'ailleurs clairement de l'examen de la courbe (fig. 8), qui représente la distribution en question, les deux seuls mois de juillet et d'août donnant plus de la moitié du total des météores. Il est vrai que le plus grand nombre de ces observations a été effectué dans les nuits d'été. Il est donc naturel de trouver en cette saison une prédominance qui vient de ce qu'alors les constellations les plus favorables sont précisément celles qui sont en vue ; mais il n'est pas douteux qu'en réalité, la Terre rencontre dans le second semestre des régions du ciel plus riches en météores que dans le premier. La moyenne du premier semestre est 3,98, tandis que celle du second semestre s'élève à 4,7. C'est une confirmation de la loi formulée par MM. Coulvier-Gravier et Saigey, d'après laquelle les étoiles filantes sont plus nombreuses dans la partie de l'orbite terrestre com-

prise entre l'aphélie et le périhélie que dans celle qui va du périhélie à l'aphélie. Cette loi est d'autant plus remarquable qu'elle paraît s'appliquer en particulier aux bolides et aux aérolithes, ainsi qu'on aura l'occasion de le voir plus loin. D'ailleurs une conclusion toute semblable ressort des recherches d'Edouard Biot dans les annales chinoises. Ce savant, ayant compulsé dans ces annales toutes les mentions d'apparitions de bolides et d'étoiles filantes observés en Chine, dans une période de 315 ans, depuis l'année 960 jusqu'à l'année 1275 de notre ère, a récapitulé pour chaque mois le nombre des mentions de météores.

En voici le tableau :

Janvier.....	65	Juillet.....	185
Février.....	54	Août.....	155
Mars.....	72	Septembre.....	125
Avril.....	65	Octobre.....	208
Mai.....	88	Novembre.....	135
Juin.....	97	Décembre.....	85

On voit encore ici que le nombre des observations est notablement moins fort dans les mois de la première partie de l'année que dans ceux de la seconde moitié : il s'élève à 441 pour la première période, et à 913, plus du double, pour l'autre.

## CHAPITRE III

### LES ÉTOILES FILANTES PÉRIODIQUES

---

#### I

#### **Averses météoriques des 12 au 13 novembre 1799 et 1833.**

Dans la nuit du 11 au 12 novembre 1799, une apparition extraordinaire d'étoiles filantes eut lieu et fut notamment observée, dans le continent de l'Amérique du Nord, par l'illustre Humboldt et par son ami Bonpland, qui en rendirent compte dans la relation de leur voyage. Trente-quatre ans plus tard et presque jour pour jour, dans la nuit du 12 au 13 novembre 1833, un phénomène semblable, encore plus brillant, fut observé par Denison Olmsted, professeur de Yale College, à New-Haven (États-Unis), et par un grand nombre d'autres témoins. Le rapprochement de ces dates et la similitude des circonstances dans lesquelles se produisirent ces deux apparitions mémorables firent immédiatement soupçonner la périodicité du phénomène. Ce fut le point de départ de recherches d'une haute importance, et à partir de ce jour les astronomes et les météorologistes eurent les yeux fixés sur le problème qui consiste à déterminer la nature et l'origine des étoiles filantes et des bolides d'après le caractère nouveau de leur périodicité. Jusqu'alors on s'était surtout attaché à l'étude isolée de

ces météores, en calculant leurs hauteurs initiale et finale, leur vitesse et les caractères physiques de leur lumière, de leurs traînées. Désormais ce sont les groupes, les apparitions plus ou moins abondantes qu'on s'attachera à décrire. Avant d'aborder ce nouveau point de vue, ou, plutôt, pour en mieux faire comprendre l'intérêt, donnons, d'après les témoins, le récit et la description des deux grandes pluies météoriques, de 1799 et de 1833.

Voici en quels termes Humboldt raconte l'observation qu'il fit en commun avec Bonpland, à Cumana. C'est à partir de deux heures du matin que l'apparition, aperçue d'abord par Bonpland, commença : « Des milliers de bolides et d'étoiles filantes, dit-il, se succédèrent pendant quatre heures. Leur direction était très régulièrement du nord au sud ; elles remplissaient une partie du ciel qui s'étendait, du véritable point est, à 30° vers le nord et le sud. Sur une amplitude de 60° on voyait les météores s'élever au-dessus de l'horizon à l'est-nord-est et à l'est, parcourir des arcs plus ou moins grands et retomber vers le sud après avoir suivi la direction du méridien. Quelques-uns atteignaient jusqu'à 40° de hauteur ; tous dépassaient 25° ou 30°. Le vent était très faible dans les basses régions de l'atmosphère et soufflait de l'est. On ne voyait aucune trace de nuage. M. Bonpland rapporte que, dès le commencement du phénomène, il n'y avait pas un espace du ciel égal en étendue à trois diamètres de la Lune, que l'on ne vit à chaque instant rempli de bolides et d'étoiles filantes. Les premiers étaient en plus petit nombre ; mais comme on en voyait de différentes grandeurs, il était impossible de fixer la limite entre ces deux classes de phénomènes. Tous ces météores laissaient des traînées lumineuses de 8° à 10° de longueur, comme c'est souvent le cas dans les régions

équinoxiales. La phosphorescence de ces traces de bandes lumineuses durait 7 à 8 secondes. Plusieurs étoiles filantes avaient un rayon très distinct, comme le disque de Jupiter, et d'où partaient des étincelles d'une lueur extrêmement vive. Les bolides semblaient se briser comme par explosion; mais les plus gros, d'un diamètre égal à une fois et une fois un quart celui de la Lune<sup>1</sup>, disparaissaient sans scintillement, et laissaient derrière eux des bandes phosphorescentes d'une largeur excédant 15 à 20 minutes.

« Pendant tout le voyage que nous fîmes à travers la région boisée de l'Orénoque, jusqu'au rio Negro, nous trouvâmes que cet immense flux météorique avait été remarqué par les missionnaires, et noté par plusieurs d'entre eux sur leur rituel. Dans le Labrador et dans le Groenland, les Esquimaux en avaient été frappés d'étonnement jusqu'à Lichtenau et New-Herrnhut par 60° 14' de latitude. »

D'après cette relation, l'averse d'étoiles filantes eut lieu entre 2 et 6 heures du matin; mais, dès le soir, les pêcheurs de Cumana avaient remarqué le nombre inaccoutumé des météores, qui devint surtout remarquable à partir de 1 heure du matin. L'apparition fut d'ailleurs observée en divers autres pays de l'Amérique du Nord et du Sud, au Brésil, dans le canal de Bahama, sur l'Ohio où observait l'astronome Ellicot, en Europe enfin où elle fut vue par Greissing.

Nous arrivons maintenant à l'apparition du 12 au 13 novembre 1833. D'après une lettre d'un des principaux observateurs, Denison Olmstedt, Arago décrit en ces termes le phénomène qui fut observé en un grand nombre de points des États-Unis : « On

1. Dans sa relation, Humboldt avait écrit par erreur « d'un degré à un degré et quart de diamètre », erreur qu'il rectifia plus tard lui-même dans une note de son *Cosmos* (t. III, note 37, p. 747 de l'édition française).

aperçut, dit-il, une succession de météores lumineux semblables à des fusées, et qui rayonnaient d'un point unique pour se porter dans toutes les directions. Ces météores faisaient ordinairement explosion avant de disparaître. Ils laissaient, dans leur marche, des traînées phosphorescentes rectilignes, lesquelles, dans quelques cas, devenaient sinueuses comme un serpent. Plusieurs d'entre eux parurent aussi brillants que Jupiter et que Vénus. Un peu avant 6 heures du matin, le point de radiation ou de divergence était à l'ouest de  $\gamma$  du Lion, non loin de Régulus. Pendant l'heure suivante, le point en question resta stationnaire dans la même partie du Lion, quoique en une heure la constellation se fût déplacée, vers l'ouest, d'environ 16 degrés. »

Le phénomène fut observé à Boston, à West-Point, à Annapolis et dans nombre d'autres localités des États-Unis, tout le long de la côte orientale de l'Amérique, depuis le golfe du Mexique jusqu'à Halifax, au Groënland, etc., depuis 9 heures du soir jusqu'au lever du soleil, en certains endroits même après ce lever et jusqu'à 8 heures du matin. Presque tous les observateurs s'accordent, dans leurs récits, à signaler l'extrême abondance des étoiles filantes, l'augmentation de leur nombre avec l'heure de la nuit, les uns plaçant le maximum vers 4 heures du matin, les autres plus tard jusqu'à l'aurore. « Les étoiles étaient si nombreuses, dit Arago, elles se montraient dans tant de régions du ciel à la fois, qu'en essayant de les compter, on ne pouvait guère espérer d'arriver qu'à de grossières approximations. L'observateur de Boston les assimilait, au moment du maximum, à la moitié du nombre de flocons qu'on aperçoit dans l'air pendant une averse ordinaire de neige. Lorsque le phénomène se fut considérablement affaibli, il compta 650 étoiles en 15 minutes, quoiqu'il circoncrivit ses remar-

ques à une zone qui n'était pas le dixième de l'horizon visible. Ce nombre, suivant lui, n'était que les deux tiers du total; ainsi il aurait dû trouver 866<sup>1</sup> et, pour tout l'hémisphère visible, 8 660. Ce dernier chiffre donnerait 34 640 étoiles par heure. Or le phénomène dura plus de sept heures; donc le nombre de celles qui se montrèrent à Boston dépasse 240 000; car on ne doit pas l'oublier, les bases de ce calcul furent recueillies à une époque où le phénomène était déjà notablement dans son déclin. » (*Annuaire* de 1836.)

La pluie météorique de novembre 1833 ne fut pas remarquable seulement par son abondance. Plusieurs des observateurs constatèrent un fait d'une haute importance, à savoir que la plupart des étoiles filantes parurent diverger d'une même région du ciel, que les observateurs s'accordent à placer dans la constellation du Lion. Olmsted, on l'a vu plus haut, estimait que le point de divergence des météores était un peu à l'ouest de l'étoile  $\gamma$  du Lion (ascension droite  $150^{\circ}$ , déclinaison  $21^{\circ}$ ). L'ingénieur Twining, qui observait à West-Point, estima que le point de divergence était à l'intersection de deux lignes, l'une joignant les étoiles  $\gamma$  et  $\epsilon$ , l'autre les étoiles  $\mu$  et  $\nu$  (ascens. dr.  $149^{\circ}$  et décl.  $24^{\circ}$ ). « Toutes les étoiles semblaient rayonner d'un point près de  $\gamma$  du Lion, dit M. Haikin qui observait à Emmitsburg, dans le Maryland, point autour duquel, dans un rayon d'environ  $5^{\circ}$ , il n'en paraissait pas. » V. Barber (à Frédérick, Maryland) commença à observer à 5 heures 30 minutes du matin, et

1. Arago commet ici une erreur qui a été reproduite par d'autres et notamment par Saigey. Il faut dire 975, ce qui porte à 9750 le nombre des météores apparus en un quart d'heure et à 273 000 le nombre total des sept heures qu'a duré l'apparition. Mais il n'y a pas lieu de chercher là des nombres qui ne peuvent être exacts. Il suffit qu'ils donnent une idée de l'abondance de l'averse météorique.

constata la radiation de toutes les étoiles à partir du Lion. D'après un observateur de Worthington (Ohio), les étoiles filantes divergeaient d'un même point, situé un peu à l'est de  $\delta$  du Lion. D'autres témoins du phénomène n'ont pas remarqué ce centre commun d'émanation des météores, ce qui s'explique d'ailleurs aisément, l'attention n'ayant pas encore été éveillée sur cette circonstance, par des observations antérieures.

En remontant aux années précédentes, on reconnut bientôt que la périodicité dénoncée par les dates presque identiques des pluies d'étoiles filantes, en 1799 et en 1833, n'était pas une coïncidence fortuite, et les observations des années qui suivirent ne firent qu'en confirmer la réalité : les dates des 11, 12, 13 et 14 novembre devinrent des dates fameuses désormais dans les annales de l'astronomie météorique. Les détails dans lesquels nous allons entrer vont mettre cette vérité dans tout son jour.

En 1832, une apparition remarquable d'étoiles filantes fut observée en Europe, en Asie, en Amérique, pendant les nuits des 11, 12 et 13 novembre. Le Verrier vit le phénomène dans la nuit du 11 au 12, sur la route de Bayeux à Caen. « C'est, dit-il, dans la partie orientale du ciel qu'il se montrait ; les étoiles filantes se succédaient sans interruption et en si grand nombre que, pour compter celles qu'on apercevait en même temps, en supposant qu'elles eussent été fixes, il eût fallu plusieurs heures. » A Limoges, dans la même nuit, les météores furent si nombreux que des ouvriers, saisis d'épouvante, prirent la fuite. L'averse fut observée dans la nuit du 12 au 13, à Dusseldorf, par M. Custoder qui compta 267 étoiles filantes entre 4 et 7 heures du matin. Enfin, à l'île Maurice, il fut impossible de compter les météores, tellement leur nombre fut considérable. Dans les années antérieures, depuis 1818, Humboldt cite, pour les mêmes

dates du 12 ou du 13 novembre, plusieurs averses remarquables, en 1818, 1822, 1823, 1831. En 1820 et en 1828, on vit également, en Russie et en France, un nombre inusité de météores. Voici un extrait du journal de bord du brick *le Loiret* où M. Bérard, commandant de ce navire, rend compte de l'observation qu'il fit sur les côtes de l'Espagne, près de Carthagène : « Le 13 novembre 1831, à 4 heures du matin, le ciel était parfaitement pur, la rosée très abondante ; nous avons vu un nombre considérable d'étoiles filantes et de météores lumineux d'une grande dimension : pendant plus de 2 heures, il s'en est montré, terme moyen, 2 par minute. Un de ces météores qui a paru au zénith, en laissant une énorme traînée dirigée de l'est à l'ouest, nous a présenté une bande lumineuse très large (égale à la moitié du diamètre de la Lune) et où l'on a très bien distingué plusieurs des couleurs de l'arc-en-ciel. Sa trace est restée visible pendant plus de six minutes. »

Voilà pour les années qui précédèrent la grande apparition de 1833. Mais on comprend qu'à partir de cette dernière année, les observateurs ne manquèrent pas d'être à leur poste aux mêmes dates, afin de constater les fluctuations du phénomène. Dès 1834, il reparut au jour précis. Aux États-Unis, Olmsted, Twining, Bache virent, dans la nuit du 12 au 13, un certain nombre de météores ; Olmsted en compta 155 de 2 heures 1/4 à 5 heures du matin, bien que la lumière de la Lune en dû effacer un certain nombre ; Twining en compta 40 en 25 minutes ; Bache, 7 seulement en 15 minutes. D'après le premier de ces observateurs, les météores divergeaient encore du Lion. Mais le phénomène fut, en somme, beaucoup moins brillant que l'année précédente. En 1836, il fut observé en France, à Paris, par les astronomes de l'Observatoire qui comptèrent 170 météores dans la nuit du 12 au 13, dans

un intervalle d'environ 12 heures; à Bercy, M. Méret compta, en 10 heures, 120 étoiles dont 57 émanaient du Lion; divers autres observateurs constatèrent que les étoiles filantes étaient beaucoup plus nombreuses que dans les nuits ordinaires. A Breslau, un astronome, M. Boguslawski, compta, dans la nuit du 12 au 13, entre 3 et 6 heures du matin, 146 étoiles filantes, et dans celle du 14 au 15, 142 en 12 heures. Aux États-Unis, M. Herrick, un des savants qui se sont adonnés avec le plus de succès à l'étude de ces météores, en compta 150 par heure. Sir John Herschel enfin nota le phénomène au cap de Bonne-Espérance et trouva que les météores divergeaient la plupart d'un point de la constellation du Lion, en se dirigeant vers la Grande Ourse. En 1837, le 13 novembre, Quételet accuse un nombre assez remarquable d'étoiles filantes en Belgique et en Amérique; les météores partaient encore de la tête du Lion. Dans la nuit du 13 au 14 novembre 1838, M. Littrow, en Autriche, et d'autres observateurs, en Angleterre et en Amérique, virent un nombre considérable d'étoiles filantes. En 1841, du 12 au 13 novembre, averse citée par Humboldt. En 1842, dans la nuit du 10 au 11, Marcel de Serres, à Montpellier, aperçut 25 météores par heure, dans un tiers seulement du ciel visible; la nuit suivante, M. Colla, à Parme, en nota 54, et Gaudin, à Paris, compta 20 météores par minute dans la nuit de 13 au 14. En novembre 1846, du 12 au 13, apparition notée par Humboldt. Arago reçut, en 1848, une lettre de Bénarès, constatant l'apparition de très nombreuses étoiles filantes observées dans l'Hindoustan, pendant la nuit du 12 au 13 novembre 1847. Enfin, à cette même date, en 1849, Boguslawski, assisté d'un grand nombre d'étudiants, compta à Breslau 88 météores, entre 10 heures 1/2 du soir et minuit et demi, et 69 la nuit suivante, pendant le même intervalle de temps.

Il est manifeste qu'aucune des apparitions que nous venons de citer en dernier lieu, n'a égalé en abondance et en éclat les grandes averses de 1799, 1833 et même 1832. Mais elles suffisent pour prouver que, vers le milieu de novembre, chaque année voit se produire une recrudescence dans l'apparition des météores. A cette date, la Terre est évidemment rencontrée par un ou plusieurs essaims d'étoiles filantes ayant vraisemblablement une certaine communauté d'origine, si l'on en juge par les régions du ciel d'où elles semblent provenir. Comme les plus nombreux météores de cette époque émanent de la constellation du Lion, on a donné le nom de *Leonides* aux météores qui composent en majeure partie les averses du 11 au 14 novembre. Persée, Cassiopée, le Dragon sont les constellations d'où émanent la plupart des autres.

Olbers avait cru devoir prédire pour l'année 1867 une nouvelle apparition rappelant celles de 1799 et 1833. Depuis cette dernière date, le phénomène, comme on l'a vu plus haut, était allé s'affaiblissant. Mais à partir de 1860, et surtout de 1864, on signala une recrudescence qu'on pouvait prendre comme l'annonce d'un nouveau et prochain maximum. La question de ce retour, étudiée à nouveau par un savant américain, le professeur A. Newton (de Yale College), basée sur l'examen d'anciennes apparitions à des dates correspondantes, fut résolu par lui dans le sens de la confirmation des vues d'Olbers; seulement il restait à savoir laquelle des deux années, 1866 et 1867, serait témoin du maximum prédit.

Dès la nuit du 12 au 13 novembre 1866, les observateurs furent à leur poste, aussi bien en Europe qu'en Amérique; mais, en Europe, le temps couvert nuisit aux observations. Les astronomes américains, qui eurent un ciel plus favorable, et qui s'attendaient à une brillante averse, se trouvèrent désap-

pointés en ne comptant que 300 ou 400 météores en sept heures pour cette première nuit.

Du 13 au 14, ils notèrent 419 météores en cinq heures, à Washington, 172 pour deux heures et demie, ce qui donne une moyenne horaire de 70 à 80 étoiles filantes au lieu des milliers qu'on attendait. Dans l'ancien continent, les observateurs furent plus favorisés. A Athènes, Rome, Turin, Paris, Bruxelles, Saragosse, en Asie Mineure, en Perse, dans l'Inde, au cap de Bonne-Espérance, la pluie météorique, fidèle au rendez-vous, fut en quelques endroits fort remarquable. A Kishnagur (au nord de Calcutta), on compta jusqu'à 560 météores en une demi-heure. Maclear, au cap de Bonne-Espérance, rendit compte du phénomène en ces termes : « Dans la première partie de la nuit du 13, on vit paraître peu de météores. Le 14, à 1 heure 3 minutes du matin, le volcan fit éruption avec une grandeur effrayante dans le voisinage de Régulus. Des météores de couleur orangée, laissant des traces verdâtres, mélangés avec des étoiles filantes d'aspect ordinaire, marchaient dans la direction du sud-ouest. La scène défiait toute description; les projectiles continuèrent à tomber jusqu'au lever du jour, sans que l'on pût apercevoir de changement notable dans ce phénomène extraordinaire. Le nombre total ainsi recensé s'élève à 8 742. »

C'est en Angleterre que le phénomène se montra avec le plus de magnificence. Voici les nombres donnés par les astronomes de l'observatoire de Greenwich, qui observaient simultanément sous la direction de M. James Glaisher :

Le 13, de 9 à 10 h. du soir.....	10 météores.
— 10 à 11 — .....	15 —
— 11 à 12 — .....	163 —
Le 14, de 12 à 1 — .....	2 032 —

Le 13, de 1 à 2 h. du soir.....	1 860	metreop.	---
— 2 à 3 — .....	832	—	---
— 3 à 4 — .....	328	—	---
— 4 à 5 — .....	70	—	---

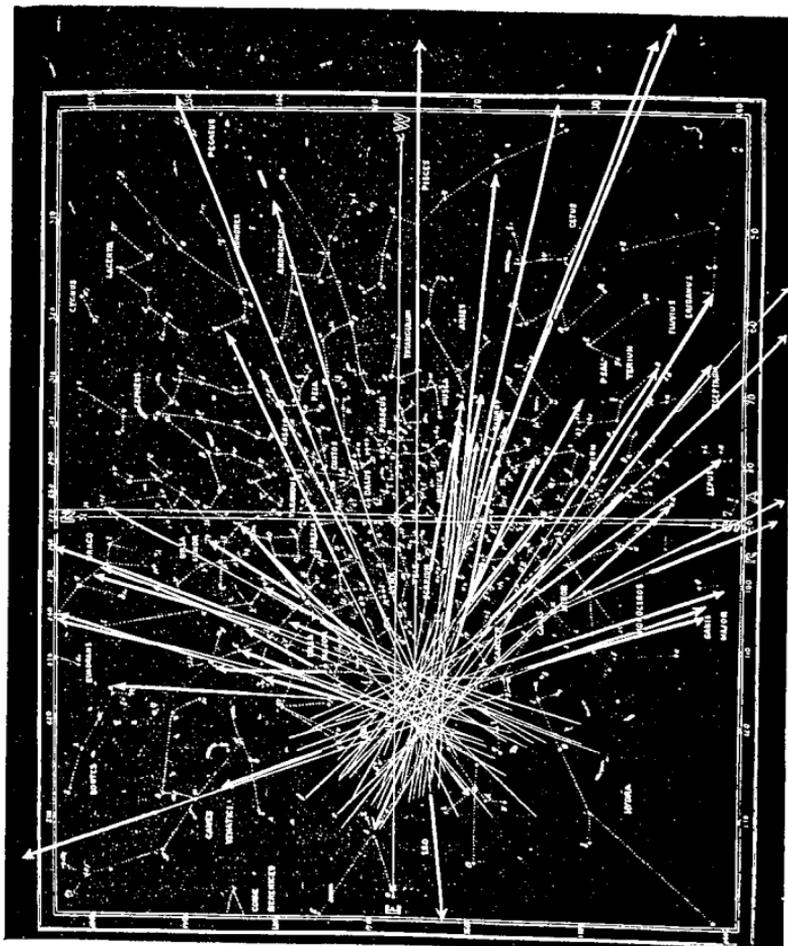


Fig. 9. — Trajectoires des étoiles filantes observées à Greenwich, dans la nuit du 13 au 14 novembre 1866, radiant dans la constellation du Lion.

On voit que c'est vers 1 heure du matin que le phénomène a atteint sa plus grande intensité. Le

M<sup>r</sup> Phipson, qui observait en une autre station, à Londres, compta, à cette heure, 425 étoiles en 10 minutes

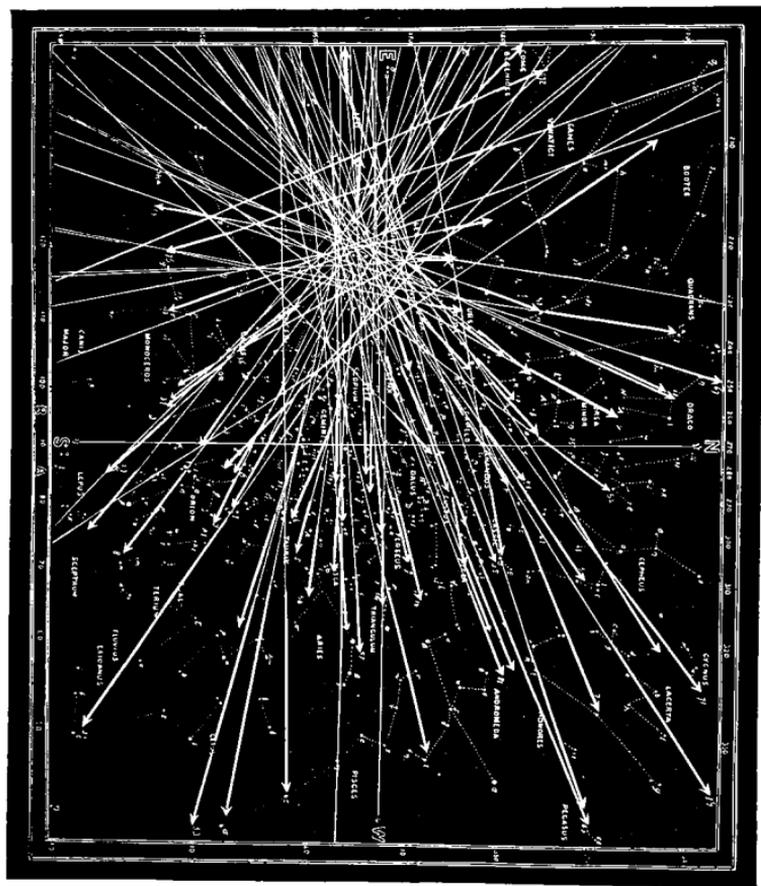


Fig. 10. — Trajectoires de 83 étoiles filantes, observées à Glasgow, dans la nuit du 13 au 14 novembre 1866, par A.-S. Herschel et H. Mac-Gregor, Essai des Léonides.

et le professeur Symon, à 1 heure 12 minutes du matin, notait 100 étoiles par minute. Ce qui a caractérisé l'apparition de 1866, c'est la rapidité avec laquelle elle s'est effectuée; en moins d'une demi-

heure, la Terre entière a pénétré dans le courant, dont l'épaisseur mesurait environ 50 000 kilomètres. Cela explique aussi pourquoi l'averse a été relativement très abondante en Europe et en Afrique et pauvre en Amérique : la différence des méridiens équivaut en effet à cinq heures de retard pour les États-Unis ; l'apparition était en grande partie à son déclin quand les savants du continent américain commencèrent leurs observations.

L'année suivante, la nuit du 13 au 14 novembre fut encore témoin du même phénomène, mais moins brillant, et, cette fois, c'est principalement en Amérique qu'il se montra avec le plus d'abondance. L'amiral Davis, à Washington, le Dr Kirkwood, à Blomington (Indiana), d'autres observateurs aux Antilles, à Bahama, à la Trinité, enregistrèrent de nombreux météores qui, comme ceux du 14 novembre 1866, émanaient principalement de la constellation du Lion. Mais l'heure du maximum fut plus tardive.

En 1868, l'averse météorique du 13 au 14 novembre fut belle encore, en Europe et surtout en Amérique. M. Aguilar, à Madrid, compta 1 500 météores, rayonnant du Lion, de minuit à 5 h. 1/2 du matin; Secchi, à Rome, en nota 2 204, de 2 h. 1/2 à l'aube du jour. Le Dr Kirkwood, à Blomington, compta 3 280 météores en six heures et demie. A partir de 1869, le phénomène s'affaiblit de plus en plus et les nuits du milieu de novembre ne donnèrent plus qu'un petit nombre d'étoiles filantes appartenant à l'essaim des Léonides.

Notons, pour terminer, que, d'après le professeur Adams, le courant météorique du Lion, dont le retour a lieu tous les trente-trois ans et un quart, subit à chaque révolution un retard d'environ un jour : l'apparition de 1799 eut lieu le 12 novembre; celles de 1832 et 1883, le 13, et l'on vient de voir qu'en 1866 et en 1867, le maximum s'est produit le 14 au matin.

## II

**Essaims périodiques du 10 août et du 20 avril.**

La fréquence des étoiles filantes pendant le mois d'août avait été remarquée dès 1762 par Muschenbroek. Howard en 1806 et Brandes en 1813 firent la même remarque; mais c'est seulement en décembre 1836 que Quételet signala le 10 août comme l'époque d'une apparition périodique. D'anciennes traditions se rapportent aussi au même phénomène. Telle est celle qui d'après le D<sup>r</sup> Forster avait cours chez les catholiques irlandais : les nombreuses étoiles filantes d'août n'étaient pour eux autre chose que les larmes brûlantes du martyr dont la fête tombe le 10 août, jour de la Saint-Laurent. Herrick rapporte de même l'ancienne tradition répandue en Thessalie, dans la région montagneuse qui entoure le Pélion : dans la nuit du 6 août, fête de la Transfiguration, on voit le ciel s'entr'ouvrir et des flambeaux apparaître à travers cette ouverture.

Quoi qu'il en soit, la remarque de Quételet ayant mis en éveil les savants, on se prépara, en un grand nombre de lieux, à observer le ciel dans la nuit du 10 août 1837, ainsi que dans les nuits qui précèdent ou suivent immédiatement cette date.

Voici, résumés dans un tableau, quelques-uns des résultats obtenus :

Lieux d'observation.	Dates et heures.	Nombre des météores.
Observatoire de Paris.	10-11 août, de 11 h. 1/4 à 3 h.	26. 291.
Genève .....	9-10 — de 9 h. à minuit.	82.
Milan.....	9-10 — de 9 h. 1/4 à minuit 1/2.	83.
—	9-10 — de minuit 1/2 à 3 h. 3/4.	80.
Brême.....	10-10 — de 9 h. 1/2 à 10 h.	40. 60.
Dusseldorf.....	9-10 — en 2 heures.	24.
—	10-11 — en 6 heures.	91.
Berlin .....	10-11 — de minuit à 3 h. 3/4.	58.
Breslau.....	10-11 — en 6 heures.	536.

On voit que les nombres observés diffèrent beau-

coup. La raison en est que le nombre des observateurs n'était pas le même aux diverses stations; même remarque pour la durée des observations et pour les heures de la nuit. Mais ce qui est commun à toutes, c'est le notable accroissement du phénomène comparé à la moyenne horaire des autres nuits.

Depuis cette époque, les étoiles filantes des nuits qui précèdent et qui suivent le 10 août, ont été observées en un grand nombre de lieux, observatoires ou simples stations, et, malgré des fluctuations assez nombreuses, n'ont jamais manqué au rendez-vous. On a recueilli aussi les observations antérieures et l'on a pu suivre la marche du phénomène, en même temps que l'on a déterminé son caractère essentiel, c'est-à-dire le centre d'émanation, le point radiant d'où divergent les trajectoires de la grande majorité des météores qui font leur apparition à cette époque de l'année. C'est un point de la constellation de Persée voisin de l'étoile Éta. De là, le nom de *Perséides* donné aux météores qui composent l'essaim périodique. Toutefois d'assez nombreuses étoiles filantes, apparaissant pendant les nuits du 7 au 14 août, ont des points radiants différents situés dans les constellations voisines de Persée, dans Cassiopée, le Dragon, le Cygne. On a déterminé jusqu'à 40 de ces points.

L'essaim du 10 août est sujet, d'année en année, à des variations d'éclat dont la loi n'est pas bien connue. M. Coulvier-Gravier a construit une courbe (Voir fig. 19, p. 97) qui représente ces variations depuis le commencement du siècle jusqu'à l'année 1858, et d'où il semblerait résulter que le nombre horaire moyen des étoiles filantes du 10 août (rapporté à minuit selon la méthode de cet observateur) aurait été en croissant insensiblement depuis 1800 jusqu'à 1836 ou 1840, pour augmenter rapidement jusqu'en 1848, où il atteignit un maximum de 108 étoiles, et pour

s'abaisser ensuite plus rapidement encore pendant les dix années suivantes. Mais cette continuité paraît due, en grande partie, à l'insuffisance des documents, au moins pour la période qui a précédé 1845, début des observations personnelles de l'auteur.

Pour juger de la véritable marche du phénomène, il faudrait comparer les chiffres donnés par les différents observateurs, en tenant compte : 1° du nombre des personnes qui ont observé en chaque station, et de leur degré d'expérience en ces sortes de recherches ; 2° de l'état du ciel, couvert ou non couvert, illuminé ou non par la Lune ; 3° de la durée des observations pendant chaque nuit. Or, il est rare que l'on donne toujours ces éléments d'appréciation. Même alors, il arrive que les résultats comparés semblent n'être point d'accord. C'est que, en effet, selon la situation géographique des stations, la richesse de l'apparition des météores est souvent variable, ce qui tient surtout à ce que la région du ciel observée n'occupe pas la même situation sur chaque horizon, d'où il suit que l'on n'a point affaire à la même phase du phénomène.

Prenons un exemple qui mettra en évidence les divergences notables des résultats ainsi obtenus. Voici les nombres de météores comptés en différentes stations pendant les nuits des 9, 10, 11 et 12 août de l'année 1871.

Lieux d'observation.	Nombre d'étoiles filantes observées.
Gènes .....	1 696
Laressore .....	4 650
Chartres .....	980
Montpellier .....	973
Paris .....	775
Saint-Lô .....	645
Turin .....	330

Ces nombres, comme on voit, varient du simple au

sextuple. Il est donc très difficile de connaître la marche réelle du phénomène selon les années, d'au-

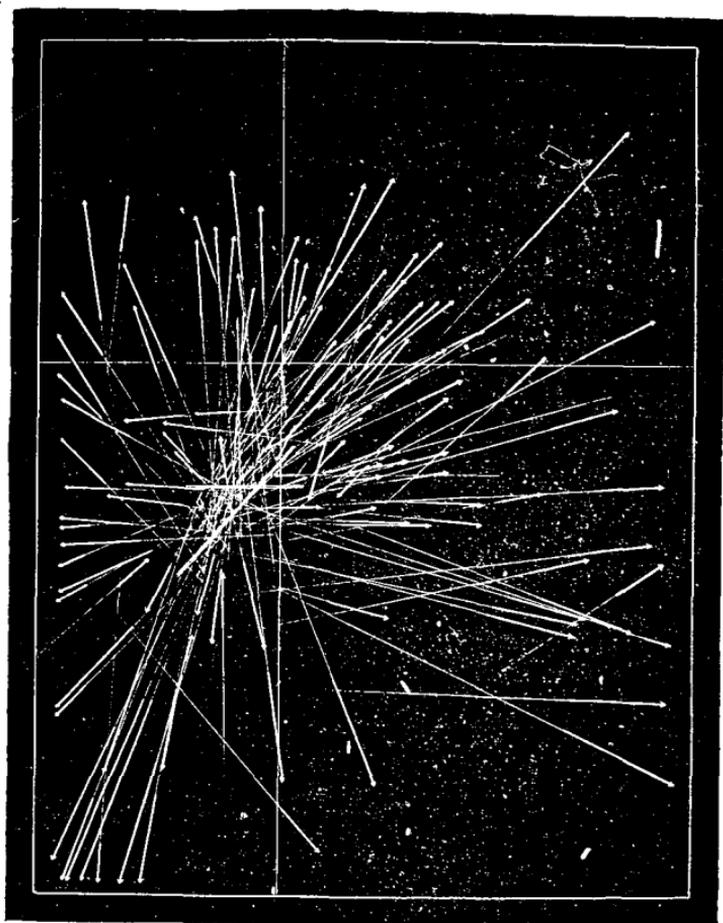


Fig. 11. — Trajectoires de 120 météores observés dans la nuit du 10 au 11 août 1875, à Urbino, par Serpieri. Essaim des Perséides.

tant plus qu'il y aurait lieu encore de distinguer les météores d'après leur radiant, afin de connaître le plus ou moins d'abondance de chaque essaim, ou, si

l'on veut, des groupes dont se compose l'essaim total.

Voici néanmoins quelques chiffres qui permettront de reconnaître qu'il existe des fluctuations très notables dans la pluie périodique du mois d'août, et qui accusent un maximum assez marqué dans les années 1871 et 1872. On peut aussi en conclure avec certitude que, chaque année, c'est dans la nuit du 10 au 11 août, que l'on voit apparaître le plus grand nombre de météores, ou que la partie la plus dense de l'essaim se présente à nous.

ANNÉES	STATIONS	NOMBRE DE MÉTÉORES OBSERVÉS			
		Le 9 août.	Le 10 août.	Le 11 août.	Le 12 août.
1868	Rome .....	176	320	292	64
1869	Velletri.....	44*	72*	64*	36*
1870	Montpellier....	29	121	48	»
1871	Laressore.....	»	250	650	750
	Chartres.....	170	400	410	»
1872	Moncalieri.....	723	1 095	231	»
	Alexandrie.....	451	1 167	421	»
	Barcelone.....	621	886	456	»
1873	Mâcon.....	61	300	290	»
1874	Palerme.....	58	169	41	»
1875	Rome.....	70	471	62	»
	Palerme.....	58	109	101	26

1. Les chiffres marqués d'un astérisque ne donnent pas le nombre total des météores, mais seulement le nombre horaire.

De 1875 à 1888, l'averse météorique des 9, 10, 11 et 12 août n'a rien présenté de remarquable; néanmoins le nombre horaire moyen des étoiles filantes pendant les nuits de cette période reste toujours sensiblement supérieur à celui des nuits ordinaires.

Il faut signaler encore, parmi les apparitions périodiques de météores, celles du 20 avril, des premiers jours de janvier et des derniers jours de novembre.

Cette dernière, qui se prolonge dans les sept ou huit premiers jours de décembre, a présenté à deux reprises, en 1872 et en 1885, un éclat et une abondance qui la rendent comparable aux grandes averses de novembre des années 1799, 1832 et 1866. Nous en décrirons plus loin l'aspect avec tous les détails que comporte l'événement.

## CHAPITRE IV

### ORIGINE COSMIQUE DES ÉTOILES FILANTES

---

#### I

#### Hypothèse de l'origine terrestre et atmosphérique.

Deux hypothèses principales ont été proposées et soutenues pour expliquer le phénomène des étoiles filantes. L'une d'elles leur assigne une origine terrestre et fait des météores un produit des hautes régions de l'atmosphère. L'autre leur donne une origine cosmique et voit en eux des corps célestes, provenant des régions interplanétaires ou même inter-sidérales. Nous allons énumérer les raisons qui militent en faveur de la théorie cosmique, aujourd'hui seule capable d'expliquer toutes les particularités du phénomène et dès lors à peu près unanimement adoptée par les astronomes.

Tant que les observateurs n'ont fait qu'enregistrer les étoiles filantes isolées, on a pu croire qu'il ne s'agissait là que d'un phénomène local, intéressant uniquement la météorologie de la Terre. C'étaient des exhalaisons du sol, que leur légèreté spécifique avait transportées dans les hautes régions de l'atmosphère, et qui, pour une cause inconnue, peut-être l'électri-

cité, s'enflammaient et se dissipaient après avoir été consumées et dissoutes dans l'air. Les premières mesures qui furent faites à la fin du dernier siècle et au commencement de celui-ci, en montrant à quelle hauteur énorme apparaissent et disparaissent les étoiles filantes, firent naître des doutes sur la possibilité d'une inflammation des météores ou mieux de leur formation dans un milieu aussi rare que devait être l'atmosphère terrestre à cette altitude, objection qui d'ailleurs s'applique en partie à l'hypothèse de l'origine cosmique.

L'observation des grandes pluies météoriques, telles que les averses de 1799 et de 1833, leur visibilité sur une grande étendue de pays, mais surtout leur périodicité, difficiles à expliquer dans l'hypothèse de l'origine terrestre des météores, fournirent bientôt, comme on va le voir, soit des probabilités, soit des arguments décisifs en faveur de leur origine extra-terrestre. Nous avons vu l'abondante pluie d'étoiles filantes du 12 au 13 novembre 1832, observée simultanément depuis le golfe du Mexique jusqu'au Groenland, celle du 14 novembre 1866 le fut en Europe et dans l'Inde et jusqu'au cap de Bonne-Espérance ; les averses du 27 novembre 1872 et 1885 furent vues pareillement à la fois dans des régions de la Terre fort éloignées les unes des autres, en Grèce et en Norvège, en Italie, en France et dans l'Amérique du Nord. Quelles que soient donc les causes qui produisent ces splendides apparitions, on est dans la nécessité d'admettre que ces causes s'exercent sur une vaste étendue, sur une portion considérable du globe, pour ne pas dire sur un hémisphère entier. Sous ce rapport, le phénomène des étoiles filantes n'a de comparable que celui des aurores boréales, aussi a-t-on cherché à établir entre eux une certaine connexion ou coïncidence. Cette extension des averses météoro-

riques, si elle semble plus aisée à concilier avec l'hypothèse cosmique, n'est donc pas néanmoins une preuve de la réalité de cette théorie, puisque les aurores polaires, qu'on s'accorde à considérer comme une manifestation électrique propre au globe terrestre, se voient aussi fréquemment à de grandes distances et simultanément.

Quant à la périodicité, nous avons vu qu'elle s'entend de deux manières, selon qu'il s'agit du retour d'une averse à la même date de l'année, ou qu'elle comprend un certain nombre d'années entre deux recrudescences ou deux maxima du même phénomène. C'est ainsi que les averses du 10 août, du 20 avril donnent l'exemple du premier genre de périodicité ou de la périodicité annuelle, tandis que les pluies météoriques du 12 au 14 novembre et du 27 du même mois fournissent un exemple du second genre, avec des intervalles réguliers de trente-trois années environ pour la première, de treize ans pour la seconde. Toutefois, la périodicité annuelle se combine dans une certaine mesure avec l'autre, puisque, comme on l'a vu, dans les années qui ont précédé ou suivi les époques des maxima des essaims de novembre, le phénomène s'est montré avec une fréquence croissante ou décroissante.

Mais une remarque importante, qui a été faite, est celle-ci : la périodicité annuelle ou le retour d'un essaim météorique à la même date de l'année ne se rapporte pas à l'année *tropique* ou au calendrier civil, mais bien à l'année *sidérale*, c'est-à-dire au retour de la Terre au même point de son orbite, à la même région de l'espace interplanétaire, rapportée au Soleil. C'est là, ainsi que l'a remarqué avec raison Schiaparelli dans une de ses conférences sur les *Étoiles filantes*, « une circonstance beaucoup plus favorable à l'hypothèse qui fait des étoiles filantes un phéno-

mène cosmique, qu'à l'hypothèse opposée de leur nature terrestre ».

Toutefois, le retour de certaines averses est sujet à de lentes modifications que ne suffit pas à expliquer la différence qui existe entre l'année tropique et l'année sidérale. Par exemple, le phénomène qu'on observe dans les nuits voisines du 12 au 14 novembre éprouve tous les cent ans un retard de 2 ou 3 jours. C'est ce qui a été constaté, notamment par le professeur A. Newton, après les recherches auxquelles ce savant s'est livré sur les anciennes apparitions de cette averse météorique. Outre les grandes pluies d'étoiles filantes observées à cette date par Humboldt et Bonpland en 1799, par Olmsted en 1833 et par de nombreux savants en 1866, Humboldt avait rapproché celle dont les indigènes des environs de Cumana se souvenaient avoir été témoins en 1766. Les catalogues d'anciennes apparitions permirent à M. Newton d'y joindre les dates suivantes du retour du même essaim : 902, 931 et 934, 1002, 1101, 1202, 1366, 1533, 1602 et 1698; de la discussion de ces dates, il conclut, pour la durée de la période entre deux manifestations successives du même phénomène, trente-trois années et un quart. Déjà l'on peut prédire, sans crainte de se tromper, le retour du prochain maximum pour la nuit du 14 au 15 novembre de l'année 1899 ou 1900. Quant à la cause du retard annuel du phénomène, les astronomes l'attribuent aux perturbations que subit l'essaim de la part des planètes.

L'averse périodique du 27 novembre est pareillement affectée dans son retour, mais l'effet produit est inverse et elle avancerait d'un jour environ tous les 8 ou 10 ans.

Enfin le phénomène annuel du 10 août paraît aussi sujet à une recrudescence périodique dans son intensité, à des intervalles d'un siècle environ.

« Ces deux sortes de périodicité, dit Schiaparelli, l'éminent astronome que nous prenons volontiers pour guide dans l'exposé de cette théorie, la périodicité des retours annuels et celle de l'intensité avec laquelle se produisent ces retours, ont été avec raison signalées parmi les preuves les plus concluantes de la nature astronomique du phénomène et enlèvent toute probabilité à l'opinion de ceux qui, il y a peu d'années encore, ne voulaient voir dans les étoiles filantes que le produit d'une action spéciale ayant son siège dans notre atmosphère. »

## II

### Centres de radiation, ou points radiants.

Mais le témoignage le plus frappant de l'origine cosmique des météores est le fait, constaté dans toutes les averses, de l'existence d'un centre de radiation ou de divergence, commun aux plus ou moins nombreuses étoiles filantes qui appartiennent au même groupe. On a vu que la plus grande partie des trajectoires ou des routes apparentes qu'elles suivent sur la voûte céleste, paraissent diverger d'un point unique, ou, si l'on veut, d'une région restreinte du ciel, où toutes ces lignes prolongées viennent se couper. Or, ce *radiant*, pendant tout le temps que dure l'averse, soit pendant une seule nuit, soit, s'il y a lieu, pendant plusieurs nuits consécutives, suit la sphère étoilée dans son mouvement diurne, ainsi que font les étoiles fixes et les autres corps célestes.

Pour expliquer l'existence de ce radiant, les partisans de l'hypothèse de l'origine atmosphérique ont bien essayé d'y voir un centre spécial d'activité météorique, ayant son siège dans les hautes régions de l'air. Mais qui ne voit qu'alors ce centre, s'il est fixe,

devrait toujours conserver la même situation par rapport à l'horizon de l'observateur; s'il est mobile, au contraire, ainsi que sont les nuages, son mouvement devrait paraître irrégulier comme est le leur, et s'effectuer dans des directions horizontales. En aucun cas, on ne comprendrait la raison qui fait mouvoir ce point autour de l'axe de la rotation diurne.

Nous avons vu plus haut que les grandes pluies d'étoiles filantes ont été vues simultanément sur une grande étendue de pays, en Europe et en Amérique, par exemple. Or, il a été universellement reconnu par les observateurs du phénomène postés à des distances considérables les uns des autres, que le radiant, vu au même instant physique, occupait cependant pour chacun d'eux la même position dans le ciel, correspondait à la même étoile. C'est ainsi que, dans les averses du 27 novembre, soit en 1872, soit en 1885, le radiant fut un point voisin de l'étoile Gamma de la constellation d'Andromède. « C'est ce que rapportent tous les observateurs sans exception, tant ceux d'Athènes, que ceux de Rome, de Cracovie ou d'Amérique. Dans cette soirée (27 nov. 1872), le radiant passait à une petite distance du zénith de Milan. Si le phénomène eût été produit par un centre spécial d'activité, situé dans l'atmosphère sur la verticale passant au-dessus notre tête, à une hauteur de 100 ou 200 milles, il est évident que, tandis que le centre de radiation était pour nous au zénith, l'observateur d'Athènes devait voir ce centre au nord-ouest, et celui de Glasgow vers le sud-est, parce que Milan est au nord-ouest d'Athènes et au sud-est de Glasgow. Et comme les distances à Milan de ces deux cités sont beaucoup plus grandes que la hauteur ordinaire des étoiles filantes, il s'ensuit encore qu'à Athènes comme à Glasgow, le centre de radiation aurait dû se montrer beaucoup plus bas et voisin de l'horizon; or rien de

pareil n'a été vu. Aussi bien à Athènes qu'à Glasgow, le radiant se voyait dans une même direction, celle qui, prolongée, aboutissait à une faible distance de l'étoile Gamma d'Andromède<sup>1</sup>. »

Rien au contraire n'est plus simple que l'explication de l'existence du centre de radiation, de son mouvement diurne et de sa fixité, dans l'hypothèse d'une origine cosmique des météores. C'est un phénomène de perspective dû au parallélisme des tra-

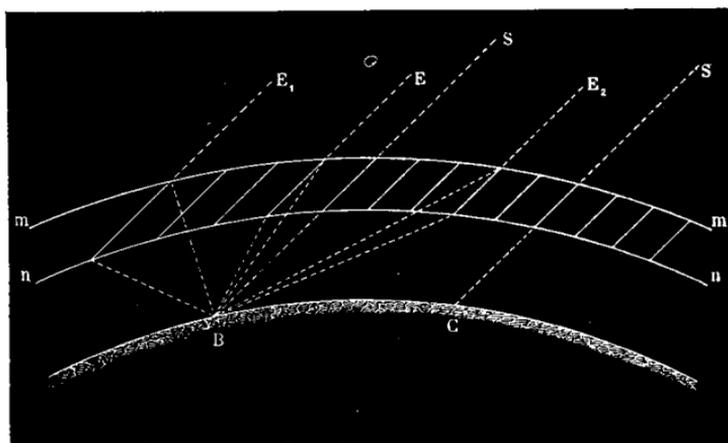


Fig. 12. — Explication de la divergence apparente des météores d'un même essaim par le parallélisme réel des trajectoires. Centre de radiation ou point radiant.

jectoires réelles décrites par chacun d'eux dans l'espace, parallélisme qu'ils conservent sensiblement lorsqu'ils rencontrent la Terre et pénètrent dans son atmosphère. En suivant la figure 12, on va se rendre compte aisément de la façon dont doit se passer le phénomène pour un observateur posté à la surface de la Terre, à la station B.

1. LE STELLE CADENTI, *tre lettura* di G.-V. Schiaparelli.

Les météores  $E$ ,  $E_1$ ,  $E_2$ , de l'averse supposée, décrivent par hypothèse des trajectoires parallèles qui deviennent visibles pour l'observateur lorsqu'ils s'enflamment dans la portion de leur trajet comprise entre les deux couches supérieure et inférieure,  $mn$  et  $m'n'$  de notre atmosphère. Considérons l'une de ces portions de trajectoires, celle qui, prolongée, irait passer par le lieu de l'observateur : elle ne sera vue par lui que comme un point lumineux, sans mouvement apparent, et la position  $S$  de ce point sur la voûte étoilée sera précisément le point radiant de la pluie météorique. Il est aisé de voir que les trajectoires des étoiles filantes  $E$ ,  $E_1$ ,  $E_2$  seront vues en un raccourci d'autant plus sensible qu'elles seront plus voisines de la première. D'ailleurs, leurs points d'apparition paraîtront plus rapprochés du radiant que leurs points de disparition. En un mot, dans leur mouvement apparent, elles sembleront toutes émaner du radiant ainsi que le montre la figure. Les trajectoires des météores d'une même averse sont ainsi les rayons d'inégale longueur d'une sorte de polygone étoilé dont le centre reste le même pour les observateurs différents quelque éloignées l'une de l'autre que soient les stations où ils se trouvent. En effet, la direction du radiant étant celle d'une parallèle aux trajectoires des étoiles filantes, l'observateur posté en  $C$  constatera, pour la position du radiant, la même position sur la voûte étoilée, attendu que la parallèle  $CS$  à la ligne  $BS$ , aboutit, comme on sait, à la même étoile. C'est le fait reconnu par la plupart des observateurs, quand ils ont déterminé l'ascension droite et la déclinaison du radiant pendant la durée d'une même pluie météorique.

Le mouvement de rotation de la Terre, dans l'hypothèse de l'origine cosmique, ne peut pas changer la direction du mouvement des météores, et c'est pour-

quoi, pendant toute la durée du phénomène et en tous les points où il est observé, on voit le radiant immobile au même point de la sphère étoilée, participant par conséquent, comme cette dernière, au mouvement apparent diurne. Nous avons déjà dit que cette partici-

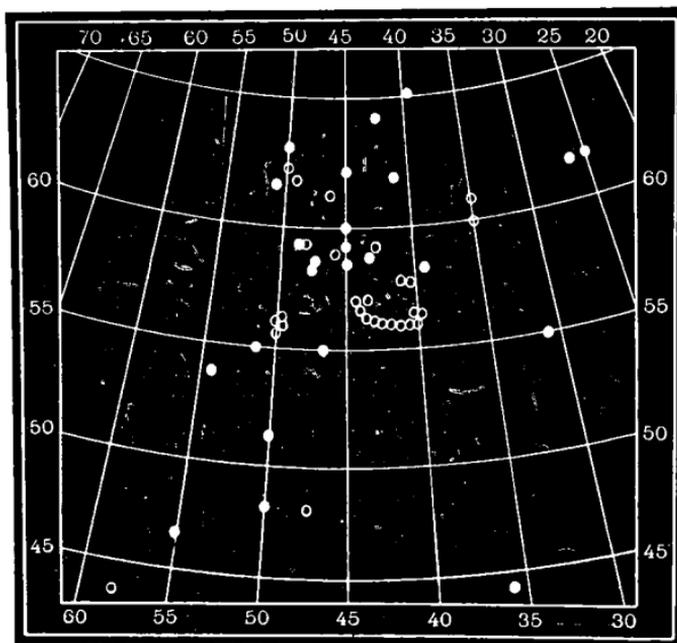


Fig. 13. — 82 positions du radiant des météores du 27 novembre, d'après A.-S. Herschel.

pation du radiant, cette persistance à suivre la rotation des étoiles fixes ou des autres corps célestes est une preuve indubitable de la nature extra-terrestre des étoiles filantes et des bolides. Ces corps n'appartiennent à notre globe qu'au moment où, par la combinaison de leur mouvement propre avec ceux de la Terre, ils viennent à pénétrer dans les régions supérieures de

l'air. Là, il est vrai, après une course de brève durée, ils sont dissous pour ainsi dire par leur combustion, et leur existence individuelle a cessé.

Il n'est pas impossible cependant qu'un certain nombre de météores plus volumineux que les autres, plus rapides, et constitués peut-être par une matière plus réfractaire ou plus résistante, traversent obliquement les hautes régions pour continuer leur route dans l'espace.

Un fait important, qui a été constaté pour les averses périodiques d'étoiles filantes, est celui-ci : le point radiant reste le même pour les averses dont le retour a lieu à la même date de l'année. Cela revient à dire que la course des météores, au moment où l'essaim vient à rencontrer la Terre, a toujours lieu dans la même direction de l'espace. Ce caractère, joint à celui de la date elle-même, sert donc à distinguer les retours successifs d'une même pluie. Aussi, le nom de la constellation, de la région du ciel où se trouve un radiant, a-t-il été appliqué à l'essaim lui-même, ainsi que nous l'avons vu plus haut. Les météores du 10 août, par exemple, ont reçu le nom de *Perséides*, parce que le radiant de la majeure partie des météores qui se montrent à cette époque de l'année, se trouve voisin de l'étoile Éta de Persée. Pour une raison toute semblable, on a donné le nom de *Léonides* aux météores du 12 au 14 novembre, ou du moins à ceux qui, à cette date, ont pour point radiant l'étoile Zêta du Lion, et dont le retour a produit les brillantes averses de 1799, 1833 et 1866. On dit de même les *Taurides*, les *Géminides*, pour désigner des essaims dont les radiants se trouvent dans les constellations du Taureau et des Gémeaux. Grâce à cette considération du radiant, il n'est pas possible de confondre les météores d'essaims dont le retour a lieu, soit aux mêmes dates de l'année, soit à des dates voisines.

Dans tout ce qu'on vient de lire, nous parlons du radiant comme d'un point unique, invariable pour chaque essaim. Les choses ne se passent pas avec cette régularité mathématique, pour deux raisons : la première vient du manque forcé de précision des

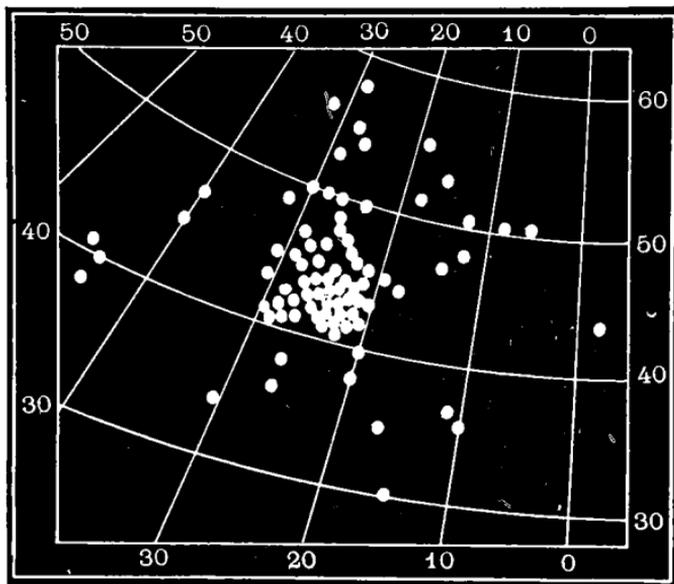


Fig. 14. — Radiants des météores d'août et des Perséides, d'après le capitaine Tupman.

observations, la direction de chaque étoile filante ne pouvant être indiquée qu'approximativement, quelle que soit l'expérience de celui qui l'observe ; la seconde est relative au phénomène lui-même qui est souvent fort complexe, les différentes parties d'un même essaim pouvant suivre, au moment où elles pénètrent dans l'atmosphère, des trajectoires qui ne soient pas rigoureusement parallèles.

Pour ces raisons, que nous ne développerons pas

davantage, le radiant d'un essaim, au lieu d'être un point unique sur la voûte étoilée, est une région plus ou moins étendue à l'intérieur de laquelle se trouvent tous les centres d'émanation des météores de l'essaim. où viennent, si l'on préfère, se croiser les trajectoires des étoiles filantes qui en font partie. S'il en est ainsi pour une même averse météorique, *a fortiori* cela doit-il être pour les apparitions successives d'une même agglomération météorique.

En outre, dans la même nuit ou dans la série des nuits où se montrent des météores d'un même système, il arrive que des essaims différents viennent rencontrer simultanément notre globe : c'est ainsi qu'aux environs du 10 août, il se joint aux Perséides des météores qui proviennent de Cassiopée, du Dragon, et que, du 13 au 14 novembre, outre les Léonides, on voit apparaître des étoiles filantes dont le radiant est, pour les unes, dans Persée, pour les autres, dans le Dragon. On peut voir, dans les figures 13 et 14, de combien il s'en faut que le radiant d'un essaim se réduise à un point; mais en même temps l'accumulation des centres de radiation vers une même région du ciel indique, avec non moins d'évidence, la communauté de direction de leurs trajectoires.

### III

#### Nombre et distribution des radiants.

La plupart des caractères que nous venons de passer en revue et qui témoignent en faveur de l'origine cosmique des étoiles filantes, sont-ils exclusivement propres aux averses périodiques? Ne s'appliquent-ils pas également aux étoiles filantes des nuits ordinaires, à celles que nous avons appelées provisoirement *sporadiques*, pour les distinguer des étoiles des

essaims, qu'on nomme *systematiques* parce que les météores d'une même averse forment sans contredit un groupe, un système?

Il y a trente ans, on considérait encore ces dénominations comme exprimant des différences réelles dans l'origine des deux sortes de météores. Le peu

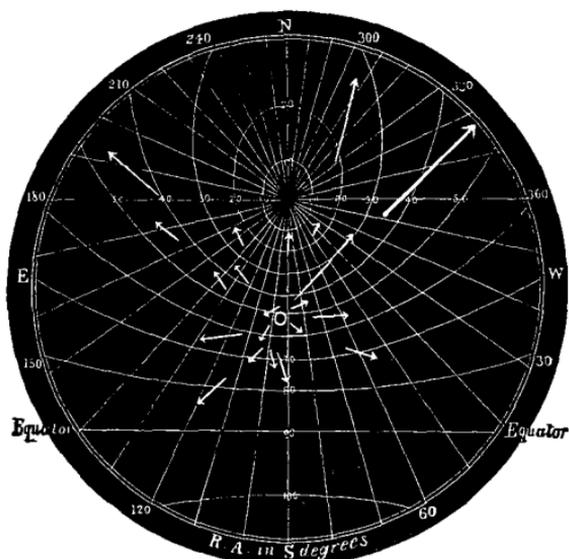


Fig. 15. — Essaim météorique du 9 au 13 décembre.  
Radiant : Étoile  $\alpha$  des Gémeaux, d'après A.-S. Herschel.

d'abondance des étoiles filantes qui se montrent dans les nuits ordinaires, les directions si variées de leurs trajectoires, leur dispersion sur tout l'hémisphère visible, ne permettraient pas de croire que leurs apparitions fussent soumises aux mêmes lois que les étoiles des essaims. On inclinait à croire qu'il s'agissait de météores se mouvant au hasard dans l'espace, ou bien que les perturbations apportées à leurs mouvements par leur passage dans le voisinage

des planètes, les avaient séparés de leurs groupes naturels et dispersés. Aujourd'hui, cette opinion n'est plus partagée par les astronomes, ou, tout au moins, est-on parvenu à classer les étoiles filantes isolées, à les ramener en grande majorité, dans leurs apparitions, aux lois qui, comme on vient de le voir, régissent les essaims, et qui consistent surtout dans la périodicité et dans l'existence d'un centre d'émanation fixe.

C'était un travail immense que de coordonner toutes les observations assez précises pour déterminer les positions des trajectoires des météores sporadiques apparus pendant les nuits de plusieurs années successives. C'est au professeur Heis, de Münster, que l'on doit le premier catalogue des points radiants déterminés de la sorte, des systèmes particuliers de météores distincts des grands essaims connus d'août et de novembre. Dès 1864, il publiait un catalogue de tous les points radiants déduits des observations de onze années. Trois ans après, il portait à 84 le nombre des averses périodiques de l'année entière. En Angleterre, les membres du Comité des Météores lumineux suivirent son exemple. M. Greg donnait les positions de 56 points radiants déduits de la classification des trajectoires de 2 000 météores, et avec M. A.-S. Herschel, un atlas où toutes ces trajectoires étaient tracées avec l'indication de leurs radiations respectives. Puis vinrent les travaux analogues du directeur de l'observatoire d'Athènes, M. J. Schmidt, des directeurs des observatoires de Brera et de Bergame, MM. Schiaparelli et Zezioli. Le professeur Heis, étudiant les observations faites à Melbourne (Australie) par M. Neumayer, en déduisit 39 points radiants situés dans le ciel austral.

Les observations faites de 1842 à 1868 par Schmidt portaient à 150 le nombre des radiants, que Greg

(en 1872) évaluait à 132 et Schiaparelli à 180. Mais, déjà en 1876, Greg, se basant sur la discussion des trajectoires de 15 000 météores catalogués, trouvait

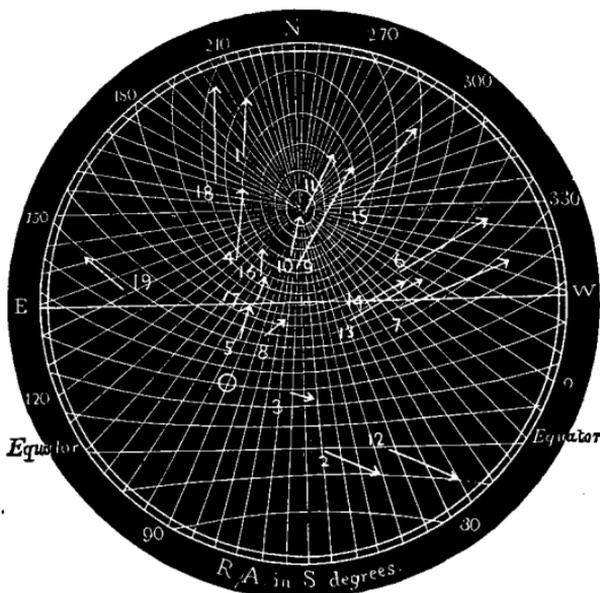


Fig. 16. — Essaim météorique du 10-20 octobre.  
Radiant : Étoile  $\nu$  d'Orion, d'après A.-S. Herschel.

850 radiants distincts; enfin, dix ans plus tard, M. Denning, de Bristol, déduisait, de 82 000 étoiles filantes, 3 035 positions de radiants. Nous donnons ici le tableau d'un certain nombre de radiants appartenant aux essaims principaux, c'est-à-dire aux averses météoriques les plus abondantes.

Radiants des principaux Essaims d'Étoiles filantes.

NUMÉROS	ÉPOQUES D'APPARITION	R	D	ÉTOILES VOISINES
1	2 janvier.	119°	+ 16°	ζ Ecrevisse.
2	2-3 janvier.	232	+ 49	β Bouvier.
3	4-11 janvier.	180	+ 35	N Chevelure.
4	18 janvier.	232	+ 36	ζ Couronne.
5	28 janvier.	236	+ 25	α Couronne.
6	janvier.	105	+ 44	63 Cocher.
7	16 février.	74	+ 48	α Cocher.
8	7 mars.	233	- 18	β Scorpion.
9	7 mars.	244	+ 15	γ Hercule.
10	9 avril.	255	+ 36	π Hercule.
11	16-30 avril.	206	+ 13	η Bouvier.
12	19-30 avril.	271	+ 33	104 Hercule.
13	29 avril-2 mai.	326	- 2	α Verseau.
14	22 mai.	232	+ 25	α Couronne.
15	23-25 juillet.	48	+ 43	β Perséc.
16	25-28 juillet.	335	+ 26	ι Pégase.
17	26-29 juillet.	312	- 34	δ Poisson austral.
18	27 juillet.	7	+ 32	δ Andromède.
19	27-29 juillet.	341	- 13	δ Verseau.
20	27 juillet-4 août.	29	+ 36	β Triangle.
21	31 juillet.	310	+ 44	α Cygne.
22	7-11 août.	295	+ 54	χ Cygne.
23	7-12 août.	292	+ 70	δ Dragon.
24	8-9 août.	5	+ 55	α Cassiopée.
25	9-11 août.	44	+ 56	γ Persée.
26	9-14 août.	9	- 19	β Baleine.
27	12-13 août.	345	+ 50	3084 Bradley.
28	12-16 août.	61	+ 48	μ Persée.
29	20 et 25 août.	6	+ 11	γ Pégase.
30	21-23 août.	291	+ 60	ο Dragon.
31	23 août-1 <sup>er</sup> septemb.	282	+ 41	α Lyre.
32	25 août-30 août.	237	+ 65	η Dragon.
33	3 septembre.	354	+ 38	14 Andromède.
34	3-14 septembre.	346	+ 3	β-γ Poissons.

## Radiants des principaux Essaims d'Étoiles filantes (suite).

NUMÉROS	ÉPOQUES D'APPARITION	R	D	ÉTOILES VOISINES
35	6-8 septembre.	62°	+ 37°	ε Persée.
36	8-10 septembre.	78	+ 23	ζ Taureau.
37	13 septembre.	68	+ 5	236 Piazzi IV <sup>b</sup> .
38	15-20 septembre.	10	+ 35	β Andromède.
29	15 et 22 septembre.	6	+ 11	γ Pégase.
39	20-21 septembre.	103	+ 68	42 Girafe.
40	21-22 septembre.	74	+ 44	α Cocher.
41	21 et 25 septembre.	30	+ 36	β Triangle.
42	21 septembre.	31	+ 18	α Bélier.
43	29 sept.-9 octobre.	24	+ 17	γ Bélier.
42	7 octobre.	31	+ 18	α Bélier.
44	8 octobre.	43	+ 56	η Persée.
45	15 et 29 octobre.	108	+ 23	δ Gémeaux.
46	18-20 octobre.	90	+ 15	v Orion.
47	18-27 octobre.	108	+ 12	β Petit Chien.
48	20-27 octobre.	328	+ 62	α Céphée.
49	21-25 octobre.	112	+ 30	β Gémeaux.
50	octobre.	29	+ 8	ξ' Baleine.
51	31 octobre-4 nov.	43	+ 22	ε Bélier.
52	1-8 novembre.	58	+ 20	A Taureau.
53	13-14 novembre.	53	+ 32	o Persée.
54	13-14 novembre.	149	+ 23	ζ Lion.
55	13-14 novembre.	279	+ 56	2348 Bradley.
56	16 et 25-28 novemb.	154	+ 40	μ Grande Ourse.
57	20 et 27 novembre.	62	+ 22	ω* Taureau.
58	27 novembre.	25	+ 43	γ Andromède.
48	28 novembre.	328	+ 62	α Céphée.
44	1 <sup>er</sup> décembre.	43	+ 56	η Persée.
59	1-10 décembre.	117	+ 32	α-β Gémeaux.
60	6 décembre.	80	+ 23	ζ Taureau.
61	6-13 décembre.	149	+ 41	254 Piazzi IX <sup>b</sup> .
62	9-12 décembre.	107	+ 33	α Gémeaux.
63	10-12 décembre.	130	+ 46	ι Grande Ourse.

L'examen de ce tableau suggère diverses remarques, dont nous allons dire un mot.

Sous le rapport de la situation des radiants, on voit qu'ils sont beaucoup plus nombreux dans l'hémisphère boréal du ciel que dans l'hémisphère austral, 58 dans les premiers, 5 seulement dans le second <sup>1</sup>.

Les époques où les essaims météoriques font leur apparition se répartissent de la façon suivante :

En janvier.....	6		En juillet-août.....	18
février.....	1		septembre.....	12
mars.....	2		octobre-novembre.	9
avril et mai.....	5		novembre.....	8
juin.....	0		décembre.....	6

On voit reparaître là une loi qui a été déjà mentionnée plus haut de laquelle il résulte que le second semestre, c'est-à-dire la portion de l'orbite terrestre comprise entre l'aphélie et le périhélie, est beaucoup plus abondante en rencontres météoriques, que celui qui va du périhélie à l'aphélie : il y a 14 essaims seulement dans ce dernier, tandis qu'on en compte 53 dans l'autre. Il y a deux époques particulièrement pauvres : février-mars et juin ; deux autres très riches, juillet-août, octobre-novembre.

Enfin, tandis que certaines averses ne durent qu'un jour, d'autres durent jusqu'à deux semaines et plus.

« En examinant et comparant tous ces travaux, dit M. Schiaparelli, on arrive à cette conclusion que la plus grande partie des étoiles météoriques est effectivement distribuée en systèmes qui ne diffèrent des Perséides et des Léonides, que par la moindre abondance des météores qui les composent et l'évidence moindre avec laquelle ils se manifestent aux observateurs.

1. La figure 17 donne la répartition en ascension droite des 3 035 radiants en ascension droite, d'après les recherches faites par M. Denning.

Dans chaque nuit, apparaissent deux, trois et même un plus grand nombre de ces pluies météoriques : de là, le désordre apparent de l'ensemble du phénomène, désordre qui ne disparaît que lorsque les diverses

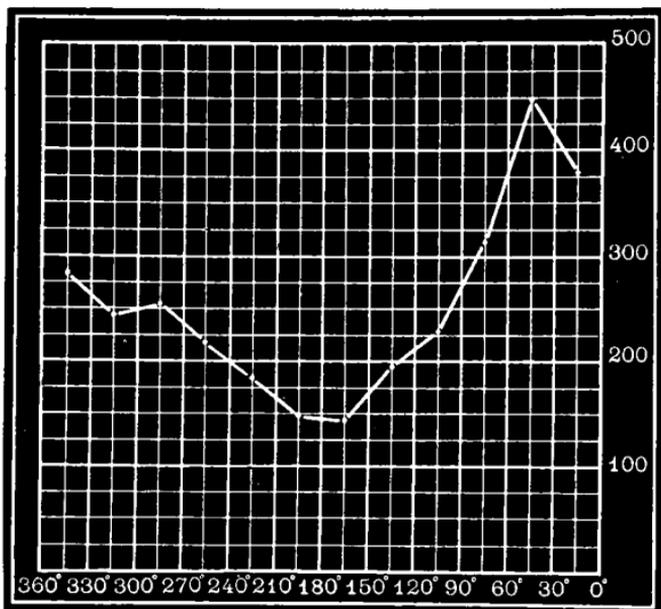


Fig. 17. — Distribution des radiants en ascension droite.

trajectoires ont été ramenées chacune au point radiant auquel elles appartiennent. Il ne faut pas croire pour cela que le nombre de ces systèmes et leurs lois soient suffisamment connus. Néanmoins, il est très certain que la Terre, dans le cours annuel de l'orbite qu'elle décrit autour du Soleil, rencontre continuellement des pluies météoriques, les unes plus, les autres moins abondantes, dérivant tantôt de l'une, tantôt de l'autre direction de l'espace, mais souvent

de directions variées à la fois. La même pluie météorique, rencontrée une fois, ne revient plus que l'année suivante, à la même date à peu près. La masse des météores qui composent une même averse, se présente pour rencontrer la Terre toujours au même lieu de son orbite et de l'espace interplanétaire, et se précipite sur elle toujours dans la même direction. Que sont donc ces arrosages de matière céleste qui, se tenant fixes le long de l'orbite terrestre, chacune à sa place, attendent notre planète au passage pour l'inonder d'une véritable pluie lumineuse? D'où viennent-elles avant de rencontrer la Terre, et où seraient-elles allées si la Terre ne les avait reçues? Et les météores qui passent dans le voisinage de notre planète, sans la rencontrer, où vont-ils? »

Ces questions, qui devaient se poser inévitablement dès que la théorie de l'origine cosmique des étoiles filantes fut formulée, ont été l'objet de diverses hypothèses jusqu'au jour où fut démontrée la liaison qui existe entre les essaims de météores et les comètes. Sans avoir la pensée de donner ici l'histoire complète de ces tentatives, nous allons rappeler brièvement en quoi consistait chacune de ces hypothèses, et comment elles ont fini par conduire à la solution aujourd'hui généralement regardée comme positivement établie.

#### IV

##### **Orbites des essaims météoriques.**

Les problèmes que posait, dans les termes qu'on vient de lire, le savant directeur de l'observatoire de Brera, M. Schiaparelli, se réduisent en dernière analyse à la détermination de l'orbite des étoiles filantes,

soit prises isolément, soit considérées dans leur ensemble, lorsqu'elles arrivent à rencontrer la Terre par troupes ou par essaims. La difficulté était grande, car les météores dont il s'agit ne sont vus, observés qu'une fois et pendant un intervalle de temps à peine appréciable; on va voir cependant que cette difficulté a été surmontée, et l'astronome que nous venons de citer y a contribué pour une forte part. Essayons de dire par quelles phases la question posée a passé avant de trouver une solution positive.

On ne s'est point arrêté à l'hypothèse de l'immobilité des groupes de météores au sein de l'espace. L'in vraisemblance de la fixité de ces sortes de nuages cosmiques, fixité qui est inconciliable avec tout ce que l'on sait des conditions de l'existence de la matière et avec les lois de la gravitation, aurait suffi à la faire rejeter. Elle est en outre en contradiction avec l'observation. Si les amas météoriques étaient immobiles aux points où la Terre vient les rencontrer, leur pénétration dans l'atmosphère serait due uniquement à la vitesse de notre planète, et leurs trajectoires apparentes auraient toutes nécessairement des directions parallèles et opposées à celle du mouvement même de la Terre. Dès lors, le radiant de chaque averse météorique devrait toujours être le point du ciel vers lequel celle-ci se dirige au moment de l'observation, celui que va rencontrer la tangente à l'orbite terrestre. Or, on sait qu'il n'en est rien : un seul radiant, celui de l'essaim du 13 au 14 novembre ou des Léonides, satisferait à peu près à cette condition.

Les essaims se meuvent donc dans l'espace. Olmsted, l'observateur américain de la grande pluie météorique du 12 au 13 novembre 1833, regarda ce phénomène comme le résultat de la rencontre de la Terre et d'un amas de météores circulant autour

du Soleil, et dont l'orbite elliptique, peu inclinée sur le plan de l'écliptique, vient couper ce plan vers le milieu de novembre, en un point où se trouve précisément passer notre planète à cette date. Olmsted assignait une durée de six mois à la révolution de l'amas que nous avons rencontré à son aphélie, son périhélie se trouvant à l'intérieur de l'orbite de Mercure. On expliquait bien ainsi l'existence du radiant que le savant américain avait reconnu se trouver dans la constellation du Lion, d'accord avec plusieurs autres témoins du phénomène. On pouvait même attribuer aux influences perturbatrices de la Terre et de Mercure la diminution rapide et la disparition de la pluie météorique dans les années qui suivirent 1833.

Mais bientôt le même problème s'étant posé pour les étoiles filantes du 10 août, pour celles du 20 avril, etc., dont la périodicité annuelle ne tarda point à être constatée, ainsi que nous l'avons vu, la théorie proposée par Olmsted parut insuffisante. En effet, si chacun de ces amas forme une masse bien définie, de forme globulaire par exemple, en tous cas limitée, leurs révolutions autour du Soleil et leur retour annuel à la même date précise aux mêmes points de leur orbite, à leurs nœuds, doivent être ou bien égales à une année sidérale, ou à une fraction aliquote de l'année. Un grand nombre d'averses météoriques ayant été, depuis, reconnues dans le même cas, on comprend l'in vraisemblance de l'hypothèse : il faudrait admettre qu'une foule d'amas cosmiques, indépendants les uns des autres et tournant autour du Soleil dans des plans fort différents, fussent assujettis à effectuer soit une révolution tous les ans, soit un nombre entier exact de révolutions en une année, sans quoi leurs rencontres avec la Terre ne seraient plus annuelles. D'ailleurs, ainsi que le fait avec raison

remarquer M. Schiaparelli, « contre l'existence permanente de ces nuages cosmiques, on peut invoquer un autre invincible argument, celui de l'énorme étendue qu'ils devraient avoir. Si l'on veut se faire une idée des dimensions qu'il faudrait leur donner pour expliquer les phénomènes, il suffit d'observer que la Terre, qui parcourt sur son orbite environ 1 800 kilomètres par minute, reste chaque année plongée pendant deux ou trois jours dans les Perséides d'août, puisque cette averse dure généralement les 9, 10 et 11 de ce mois, en considérant seulement la période de la plus grande intensité. Et il y a des exemples de pluies météoriques qui ont une durée bien supérieure. » C'est donc par millions de kilomètres qu'il faudrait compter pour mesurer l'étendue d'une nuée cosmique donnant lieu à la pluie des Perséides par exemple. Dans cet espace immense, les météores sont disséminés au point d'occuper chacun exclusivement une sphère d'au moins 100 kilomètres de rayon, de sorte que deux météores voisins sont distants d'environ 200 kilomètres. « Or, il est facile de démontrer, continue le savant italien, qu'une nuée composée d'éléments aussi rares et aussi dispersés, ne pourrait demeurer cohérente en vertu de l'attraction réciproque de ses parties, et que bientôt, sous l'influence de la gravitation solaire, elle serait désagrégée, chacune de ses parties décrivant autour du Soleil une orbite particulière dans une période qui lui serait propre. »

Ce sont ces difficultés qui ont amené les astronomes, sans abandonner l'idée d'une révolution des météores autour du Soleil comme foyer, à rejeter l'hypothèse d'amas isolés. Ils lui substituèrent celle d'anneaux continus de matière, celle-ci se trouvant distribuée tout le long de l'orbite commune, de sorte que l'ensemble serait celui d'autant de courants de météores circulant de conserve et retournant sur

eux-mêmes. Les corpuscules composant un même anneau parcourent des orbites sensiblement égales et ceux qui se trouvent rencontrés par la Terre, à l'endroit où l'orbite de notre planète coupe l'anneau, décrivent au même instant des arcs parallèles avec des vitesses sensiblement égales. L'apparence de la chute d'étoiles qui résulte de cette rencontre, doit donc être telle que l'observation l'a toujours montrée : des météores dont les trajectoires lumineuses paraissent rayonner d'un même point. Grâce à cette nouvelle hypothèse, la durée effective des révolutions des éléments de l'anneau météorique peut être quelconque : la pluie n'en sera pas moins annuelle, puisque, chaque année, la Terre revient toujours passer par la même région, qui est celle de l'intersection de son orbite avec le courant continu de matière. D'ailleurs, la durée du passage, dépendant de la longueur de l'arc de l'orbite terrestre intercepté, ou de la profondeur avec laquelle la Terre pénètre dans l'anneau, cette durée, dis-je, pourra être quelconque, se borner à quelques heures dans la même nuit, se prolonger plusieurs jours ou même plusieurs semaines consécutives, comme il arrive en effet à certaines averses périodiques.

L'hypothèse des anneaux fermés <sup>1</sup> rend bien compte,

1. Elle a été soutenue principalement par Erman (de Berlin) dès 1839. Mais les vues d'Olbers, de Poisson, un peu avant cette époque, étaient à peu près les mêmes. Voici ce que dit Olbers dans l'*Annuaire de Schumacher* pour 1837 : « Leurs orbites (des étoiles filantes), très rapprochées et presque parallèles entre elles, forment pour ainsi dire une route commune pour des millions, des milliards même de ces astéroïdes infiniment petits et qui, dans des temps à peu près égaux, un espace de 5 à 6 années peut-être, achèvent leur révolution autour du Soleil. Sur cette route commune, ils paraissent encore très inégalement répartis : ici, ils sont serrés en masses épaisses ; là, ils sont répandus loin les uns des autres. Dans

on le voit, du phénomène des averses, en général; mais elle ne résout toujours pas le problème délicat de la détermination des orbites. Il eût fallu, pour cela, connaître avec quelque précision deux élé-

les années 1799 et 1833, peut-être aussi en 1832, l'une de ces masses aura été jetée dans notre atmosphère; durant les années 1831, 1834 et 1836, il est probable que notre globe n'a rencontré que des astéroïdes, étoiles filantes isolées, quoiqu'elles fussent en assez grande quantité. Peut-être que plusieurs de ces masses épaisses se trouvent rapprochées sur leurs routes; peut-être devons-nous attendre jusqu'en 1867 avant de voir se renouveler le phénomène magnifique qui se montra à nos regards en 1799 et en 1833. »

Voici maintenant comment s'exprime Poisson sur l'origine des étoiles filantes. Après avoir parlé des aéroolithes, le célèbre géomètre ajoute : « On peut supposer que les étoiles filantes appartiennent à un groupe encore bien plus nombreux, qui circule autour du Soleil, et vient rencontrer le plan de l'écliptique en un lieu dont la distance au Soleil est égale à celle de la Terre à cet astre, à l'époque où la Terre se trouve en ce même lieu : notre atmosphère traversant ce groupe de corps à cette époque agira sur une partie d'entre eux comme sur les aéroolithes, ce qui produira le phénomène dont il s'agit. Si ce groupe n'occupe pas une longueur très considérable sur la longueur de son orbite, il sera nécessaire, pour que le phénomène ait toujours lieu à la même époque de chaque année, que la vitesse de cette sorte de planète brisée s'écarte peu de celle de la Terre; ce qui n'empêche pas le grand axe et l'excentricité de son orbite de différer beaucoup du grand axe et de l'excentricité de notre orbite; et alors les perturbations du mouvement elliptique ont pu rendre la rencontre du groupe et de la Terre possible depuis quelque temps et pourront la rendre impossible par la suite. Si, au contraire, le groupe que nous supposons forme un anneau continu autour du Soleil, sa vitesse de circulation pourra être très différente de celle de la Terre; et ses déplacements dans le ciel, par suite des actions planétaires, pourront encore rendre possible ou impossible, à différentes époques, le phénomène dont nous parlons. »

Il faut encore mentionner, dans le même ordre d'idées, l'opinion de J. Biot, qui, dès 1836, considérait les averses météoriques, telles que celles du 13 novembre, comme dues à la rencontre de la Terre avec la nébuleuse solaire, dont l'existence se manifeste par les apparences de la lumière zodiacale.

ments. Le premier, la direction des trajectoires ou la tangente à l'orbite au point de rencontre, est bien donné par l'observation directe : cette direction est en effet celle de la ligne qui joint la Terre au point radiant de l'averse météorique; mais le second élément nécessaire, à savoir la vitesse absolue des météores en ce point, exigerait que l'on connût, outre la hauteur des météores aux points où ils apparaissent et disparaissent, la longueur de la trajectoire visible et enfin la durée de l'apparition; déterminations délicates, qui exigent des observations simultanées faites par des observateurs habiles.

Erman tourne la difficulté en déterminant, par des considérations théoriques, la vitesse maximum et minimum des étoiles filantes, et applique ce procédé aux observations de l'essaim du 10 août. Mais il ne peut obtenir ainsi que des limites assez étendues pour les éléments de son orbite. D'après ses calculs, l'anneau de météores auquel appartient cet essaim, en parcourant une orbite elliptique autour du Soleil, arrive à son nœud ascendant vers les premiers jours de février; mais alors, au lieu de rencontrer la Terre, ainsi qu'il arrive vers le 10 août, la masse de l'anneau se trouverait interposée entre notre planète et le Soleil. Cette interposition d'une nuée de corpuscules intercepte une partie de la radiation solaire, et telle est, suivant la théorie du savant berlinois, la cause du refroidissement que nous éprouvons tous les ans vers les premiers jours de février. C'est la théorie bien connue des *offuscations* du Soleil. Au contraire, l'anneau météorique qui donne lieu au phénomène des averses de la première quinzaine de novembre, rencontre le plan de l'orbite terrestre à une distance du Soleil plus grande que la distance de la Terre. Dès lors, soit que la masse nébuleuse nous réfléchisse la chaleur solaire, soit qu'elle serve

d'écran à la planète, et empêche qu'elle se refroidisse par voie de rayonnement, il n'en résulte pas moins que nous devons éprouver, à cette époque, un réchauffement particulier, qui explique la période connue sous le nom d'*été de la Saint-Martin* (vers le 11 novembre). Le même essaim, passant en mai entre le Soleil et la Terre, serait la cause de l'abaissement de température qui caractérise les jours du milieu de ce mois, du 12 au 15, et que les populations du nord et du centre de l'Europe connaissent sous la désignation de *période des Saints de glace*.

Cette théorie ne laissait pas d'être séduisante; malheureusement il paraît aujourd'hui prouvé que les phénomènes météorologiques dont elle donnait l'explication sont purement locaux : dès lors, il n'est pas possible de les attribuer au passage des nuées météoriques, puisque, dans ce cas, ils devraient affecter la température de la Terre tout entière.

La théorie des anneaux fermés resta dans le même état de vogue, en ce qui concerne la détermination des éléments des orbites, jusqu'à l'année 1864, où un professeur de Yale College (États-Unis), M. A. Newton, fixa à 33 années et un quart la période probable des Léonides. Déjà Olbers, en 1837, se basant sur les seuls phénomènes alors connus de la grande averse du 12 au 13 novembre 1799 et 1833, avait soupçonné l'existence d'une période d'environ un tiers de siècle pour le retour de l'essaim : « Peut-être, disait-il, devons-nous attendre jusqu'en 1867 avant de voir se renouveler le phénomène magnifique qui s'offrit à nos regards en 1799 et en 1833. » M. A. Newton fut plus précis, grâce aux recherches qui lui avaient permis d'identifier un certain nombre de flux d'étoiles filantes, rapportés par les anciennes chroniques, avec celui du milieu de novembre. Il annonça le retour pour la nuit du 13 ou du 14 novembre 1866, et l'on

a vu plus haut comment sa prédiction s'accomplit. L'exactitude de la période de révolution trouvée par ce savant pour l'essaim de novembre fut ainsi parfaitement établie, d'où la conséquence que l'orbite décrite autour du Soleil doit être une ellipse très excentrique ou fort allongée, assimilable aux orbites cométaires. Mais, dès l'année suivante (1867) et même dès la fin de 1866, les progrès de l'astronomie météorologique s'accumulèrent au point que l'assimilation dont nous parlons passa du domaine de l'hypothèse dans celui de la science positive. Plusieurs astronomes, parmi lesquels il faut ranger en première ligne Schiaparelli, Le Verrier, Oppolzer, Weiss, d'Arrest, Galle, etc., contribuèrent, par leurs recherches et leurs travaux, à mettre hors de doute le lien qui unit les comètes aux essaims périodiques d'étoiles filantes. Essayons de faire comprendre comment ce problème a pu être résolu.

## CHAPITRE V

### LES ESSAIMS D'ÉTOILES FILANTES ET LES COMÈTES

---

#### I

##### Détermination des orbites des essaims.

Nous avons dit plus haut de quelle importance était la connaissance de la position exacte du radiant d'un essaim pour la détermination de son orbite. Le point dont il s'agit, en effet, nous indique la direction du mouvement : la ligne qui le joint à la Terre est parallèle à l'élément de l'orbite commune des météores de l'averse considérée, à la tangente à la courbe décrite au moment de l'observation. On connaît en outre la distance de l'essaim au Soleil, puisqu'elle n'est autre que la distance même de la Terre au même astre. Un autre élément, avons-nous dit aussi, est nécessaire pour achever de déterminer l'orbite, c'est celle de la vitesse des météores. De cette vitesse dépend la forme de la courbe décrite par eux autour du Soleil, sous l'influence de la force de gravitation qui régit les mouvements de tous les corps célestes.

Le grand Newton a démontré, il y a deux siècles, que, quelle que soit la valeur de cette vitesse, le corps soumis à l'attraction solaire décrit autour du Soleil

une des trois courbes connues sous la dénomination de sections coniques, parce que ce sont celles que donne l'intersection d'un cône par un plan : ellipse, parabole ou hyperbole. Pour une valeur déterminée de la vitesse à une distance donnée du Soleil, l'orbite décrite est une *parabole*, et l'on donne à cette vitesse le nom de *vitesse parabolique*. La vitesse du corps céleste est-elle inférieure à la vitesse parabolique, la courbe décrite est une *ellipse* ; c'est une *hyperbole*, dans le cas où elle lui est supérieure.

La direction du mouvement n'a pas d'influence sur la forme de la courbe. Mais, quand cette direction est perpendiculaire à la ligne qui joint l'astre au Soleil, et que la vitesse, pour la distance actuelle, a une certaine valeur déterminée, le corps décrit une orbite circulaire, dont le Soleil est le centre. Quelques planètes, Vénus par exemple, ont des orbites qui ne diffèrent que très peu du cercle, et l'on peut considérer comme telle l'orbite de la Terre, qui est une ellipse d'une faible excentricité ; il en résulte que la vitesse de notre planète, qui est connue en valeur absolue pour tous les points de l'orbite, peut être sans erreur sensible regardée comme égale à la vitesse circulaire. Or, on démontre que la vitesse parabolique est égale à la vitesse circulaire multipliée par la racine carrée de 2 ou par le nombre 1,41.

Pour connaître la forme de l'orbite de l'essaim de novembre par exemple, il suffirait donc de savoir quelle est, rapportée à la vitesse de notre planète prise pour unité, la vitesse des météores qui composent l'essaim. Si l'on trouvait pour cette dernière vitesse un nombre inférieur à 1,41, l'orbite serait une ellipse ; égal à 1,41, il indiquerait une parabole, et enfin, supérieur à 1,41, il indiquerait une orbite hyperbolique. La valeur exacte ainsi trouvée suffirait d'ailleurs à déterminer l'excentricité, par suite la forme même

de l'orbite, et, de là, on arriverait à calculer tous les autres éléments.

Toute la question, on le voit, se ramène donc à celle de la détermination de la vitesse des météores comparée à la vitesse même de la Terre.

MM. A. Newton en 1865 et Schiaparelli en 1866 ont résolu cette question difficile, en considérant non plus les averses périodiques, mais les étoiles filantes des nuits ordinaires, celles qu'on avait d'abord désignées par la dénomination de sporadiques.

On a vu, dans le chapitre II, que la fréquence de ce genre de météores, pendant les diverses nuits de l'année, est soumise à une loi de variation que Coulvier-Gravier est parvenu à déduire de ses nombreuses et laborieuses observations. Le nombre horaire moyen des étoiles filantes, d'après cette loi, va en progressant depuis les premières heures du soir jusqu'à celles qui précèdent immédiatement le lever du soleil. « A première vue, dit M. Schiaparelli, il semble impossible de concilier ces circonstances avec l'origine céleste : les phénomènes de l'univers n'ont rien de commun avec les heures locales de nos habitations sur la Terre. Malgré toutes ces apparences, j'espère pouvoir démontrer que les variations horaires dans la fréquence des étoiles filantes, loin d'être opposées à la théorie cosmique, en sont la preuve la plus éclatante. »

Prenant en effet pour base de ses raisonnements la théorie cosmique, telle que nous l'avons vue exposée plus haut, voici comment, d'après le savant italien, s'explique la variation horaire trouvée par Coulvier-Gravier. Constatant que les étoiles filantes dites sporadiques arrivent de toutes les parties des espaces célestes, et à peu près avec une fréquence égale de toutes ces parties (si l'on en ôte, comme l'a fait Coulvier-Gravier, celles du 10 août), et faisant abstraction

un instant de la loi de variation avec les saisons de l'année, M. Schiaparelli continue en ces termes :

« Si maintenant, dit-il, nous imaginons la Terre immobile au milieu de cette nuée de projectiles, il est clair que toutes les parties de sa surface en seront également frappées : et il en serait encore de même quand elle tournerait autour de son axe. Il n'y aura donc aucune variation horaire dans la fréquence des chutes. Si, au contraire, nous supposons la Terre animée d'un mouvement incomparablement plus rapide que celui des étoiles tombantes, il est évident qu'elle laissera un vide derrière elle, comme un boulet de canon qui traverserait un essaim de moucheron. Tous les chocs se succéderont sur l'hémisphère antérieur qui a pour axe la direction suivant laquelle la Terre s'avance. Dans cette hypothèse, on devra observer des étoiles tombantes tant que le point du ciel vers lequel la Terre est dirigée se trouve sur l'horizon de l'observateur : passé ce moment, devra cesser immédiatement toute apparition de ces phénomènes. Enfin, en dehors du repos absolu et de la vitesse démesurée, on peut concevoir pour la Terre un état intermédiaire dans lequel elle marchera avec une vitesse comparable à celle avec laquelle se meuvent les atomes de la poussière cosmique. Il en résultera alors un état de choses intermédiaire entre les deux précédents : les étoiles tombantes se montreront avec une fréquence variable durant la journée, et leur nombre dépendra de l'élévation du point du ciel vers lequel se dirige la Terre (point que M. Schiaparelli nomme le *point de mire*). Il est encore facile de se figurer comment la plus grande fréquence doit avoir lieu quand le point de mire a la plus grande hauteur et se trouve au zénith, la plus petite fréquence quand le point de mire est au nadir de l'observateur.

« Maintenant, si nous considérons la Terre dans son

mouvement annuel, nous verrons que son point de mire varie continuellement. Il parcourt en un an tout l'écliptique, en se maintenant à l'occident du Soleil, à une distance de celui-ci presque constante, laquelle oscille entre  $90^\circ$  et  $91^\circ$ . Ce point de mire passe au méridien supérieur aux heures du matin et en moyenne vers 18 heures (6 heures du matin); il passe au méridien inférieur le soir, vers 6 heures; ces époques peuvent varier un peu suivant les saisons. Si donc tout ce que nous avons dit est vrai, la plus grande quantité d'étoiles filantes doit s'observer le matin, la plus petite le soir : ce qui s'accorde parfaitement avec les observations de M. Coulvier-Gravier. »

De ces considérations générales, qui suffisent pour montrer la raison de la loi de variation horaire dans l'hypothèse de l'origine cosmique des étoiles filantes, M. Schiaparelli passe à l'analyse géométrique et algébrique du phénomène. Il arrive ainsi à une relation entre la vitesse des météores, la vitesse de la Terre dans son orbite et la hauteur apparente du point de mire au-dessus d'un horizon quelconque. Cette relation prouve que la fréquence des étoiles filantes est dans la dépendance de cette hauteur <sup>1</sup>. Il en déduit pareillement le rapport qui doit exister entre le nombre horaire moyen absolu, c'est-à-dire le nombre d'étoiles qu'on observe en moyenne pendant une heure quelconque de l'année, et le nombre horaire d'une heure donnée, entre 5 et 6 heures du soir, 7 et 8 heures, 8 heures et 9 heures, etc. Cela lui fournit des équations de condition entre les nombres de la loi de

1. La fréquence des étoiles filantes varie comme l'expression  $1 + \frac{v}{v'} \sin \varphi$ , dans laquelle  $v$  est la vitesse de la Terre,  $v'$  celle des météores, et  $\varphi$  l'angle que fait avec l'horizon la ligne qui aboutit au point de mire. Elle atteint son maximum quand  $\varphi = 90^\circ$ , c'est-à-dire quand le point de mire est au zénith.

M. Coulvier-Gravier et les expressions théoriques, équations qui lui permettent de calculer le rapport des vitesses de la Terre et des météores, tout comme le nombre horaire moyen absolu, et enfin les nombres horaires moyens des heures comprises entre 5 heures du soir et 7 heures du matin pour l'horizon ou la latitude de Paris. Ces résultats concordent, sauf les erreurs inévitables dans cet ordre de recherches, avec ceux que M. Coulvier-Gravier a déduits de ses observations.

Mais le point essentiel pour le but que nous poursuivons en ce moment, est la valeur qui en ressort pour la vitesse des météores. Schiaparelli trouve  $\frac{v}{v'} = 0,691$ , d'où  $v' = 1,447 v$ . La vitesse moyenne des météores, ainsi qu'on l'avait pu conclure déjà de quelques observations isolées, dépasse donc notablement la vitesse de la Terre dans son orbite. Cette vitesse, dit en terminant l'auteur du travail dont nous venons de résumer une partie, s'accorde parfaitement avec les raisonnements que nous avons faits au commencement, et d'après lesquels il est impossible (ou du moins improbable) que la vitesse des météores soit moindre que celle de la Terre. Elle est au contraire près d'une fois et demie la vitesse de la Terre, et se rapproche beaucoup de la vitesse parabolique  $1,414 v$  que possèdent toutes les comètes quand elles traversent l'orbite terrestre. Une pareille coïncidence m'a fait douter si les orbites des étoiles météoriques ne pourraient pas être toutes des paraboles, ou au moins des sections coniques très allongées, comme celles que décrivent les comètes<sup>1</sup>. »

1. Extrait d'une lettre au P. Secchi (du 25 août 1866), *Sur la marche et l'origine probable des étoiles météoriques*, publiée dans *les Mondes* du 13 déc. 1865.

Mais là ne devait point se borner le rapprochement que M. Schiaparelli venait d'établir entre l'orbite d'une comète et l'orbite d'une étoile filante, de ce qu'on peut appeler l'*étoile filante moyenne*. Appliquant ces vues aux météores d'une même chute qui, on l'a vu plus haut, rencontrent la Terre suivant des trajectoires sensiblement parallèles, il en conclut que ces météores, avant de tomber, parcouraient autour du Soleil la même orbite, qu'il en devait être de même de tous ceux qui sont restés invisibles parce qu'ils n'ont pas pénétré dans notre atmosphère, et que tous ces corpuscules faisaient partie d'un même courant météorique, ainsi qu'on l'avait déjà supposé. Il est allé plus loin. « Si l'orbite d'une comète, dit-il, coupe en un point l'orbite de la Terre, et si la comète arrive en ce point avec la même vitesse et dans la même direction qu'un courant météorique, la comète et le courant seront astreints à parcourir la même orbite autour du Soleil et se trouveront associés d'une façon indissoluble; il existera entre eux une relation dépendant du mode de formation de l'un et de l'autre corps.

« Comme exemple, considérons les Léonides, qui se montrent aux environs du 14 novembre de chaque année, en divergeant d'un point du ciel situé dans la tête du Lion. Ces corpuscules forment évidemment un courant météorique dont les éléments parcourent dans l'espace à peu près la même orbite; et cette orbite coupe l'orbite de la Terre dans le lieu où notre planète a coutume de se trouver le 14 novembre. Recherchant maintenant dans le catalogue des comètes, on constate qu'il existe une comète, à savoir la comète I de 1866, découverte par M. Tempel, dont l'orbite rencontre pareillement l'orbite terrestre (ou du moins en passe fort près) au point même où se trouve la Terre le 14 novembre. Connaissant l'orbite

de la comète, il est facile de démontrer que, si la Terre et la comète arrivaient ensemble au point d'in-

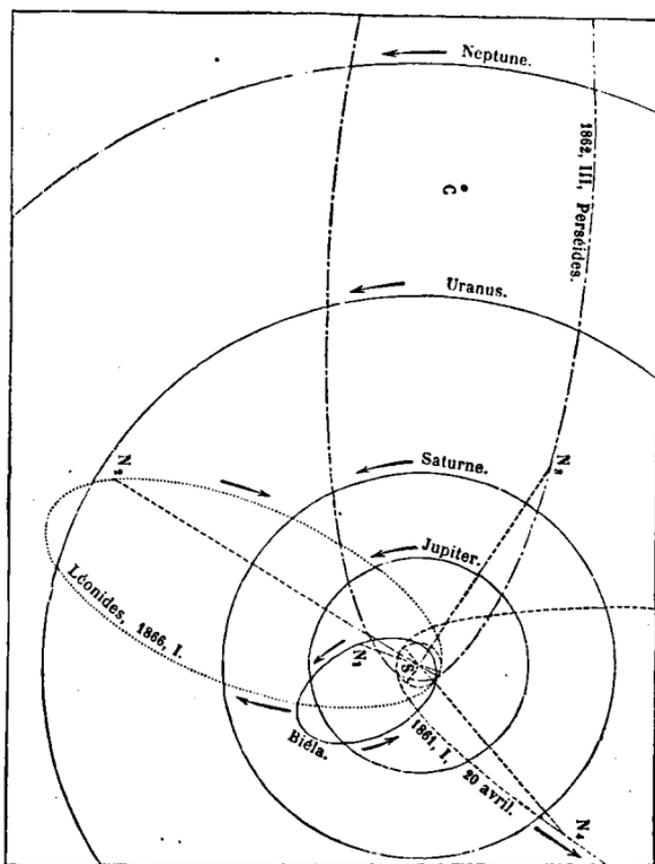


Fig. 13. — Orbites communes aux essaims météoriques des 13-14 novembre, 10 août, 20 avril, 27 novembre et aux comètes 1866 I, 1862 III, 1861 I et de Biéla.

tersection de leurs orbites, la comète tomberait sur la Terre, et les habitants de notre planète la verraient avec épouvante arriver du point de la tête du Lion, comme ferait un quelconque des Léonides! Que si,

à cette coïncidence, nous ajoutons que la période de révolution de la comète de 1866 autour du Soleil est exactement égale à la période du retour des Léonides, c'est-à-dire à 33 ans  $\frac{1}{4}$ , nous aurons en main tout ce qu'il faut pour prononcer, avec une certitude géométrique, que, au point commun à l'orbite de la Terre, à l'orbite des Léonides et à l'orbite de la comète, les Léonides et la comète arrivent *dans la même direction avec la même vitesse*, qu'en conséquence leurs orbites coïncident entièrement dans toute leur étendue; d'où une communauté d'origine entre la comète de 1866 et les Léonides, sinon absolument certaine, du moins fort vraisemblable. « Cette coïncidence, dit à cette occasion sir John Herschel, est telle qu'elle ne peut laisser aucun doute sur la communauté d'origine des météores et de la comète. »

Au reste l'identification des météores du milieu de novembre avec une comète connue ne resta pas longtemps un fait isolé. L'essaim d'août, les Perséides, et la grande comète de 1862, comme le démontra Schiaparelli, parcourent aussi la même orbite et font partie d'un même système. Il en est de même des météores du 20 avril et de la comète I de 1861, ainsi que de la comète de Biéla et de l'essaim qui a donné lieu aux averses des 27 novembre 1872 et 1885. Entrons dans quelques détails sur ces remarquables découvertes, qui sont la consécration décisive de la nature cosmique des étoiles filantes.

## II

### Les Perséides et la grande Comète de 1862.

En s'appuyant sur les observations, M. Schiaparelli calcula les éléments de l'orbite parabolique que décrivent les météores du 10 août. Voici ces éléments

LES ESSAIMS D'ÉTOILES FILANTES ET LES COMÈTES. 97

pour l'année 1866 mis en regard des éléments de l'orbite de la comète III de 1862 :

	Essaim du 10 août.	Comète 1862 III.
Longitude du périhélie.....	343°38'	344°41'
Longitude du nœud ascendant.	138°16'	137°27'
Inclinaison .....	64°03'	66°25'
Distance périhélie (le rayon de l'orbite de la Terre = 1)....	0,9643	0,9626
Sens du mouvement.....	Rétrograde.	Rétrograde.

Peu de temps auparavant, un astronome viennois, Oppolzer, avait calculé les éléments paraboliques de l'orbite de la brillante comète de 1862. En comparant entre eux (comme on peut le faire ci-dessus) les éléments de l'orbite de la comète et ceux de l'orbite de l'essaim d'août, M. Schiaparelli n'hésita point à reconnaître leur quasi-identité et à en conclure que les météores d'août et la comète III de 1862 forment en réalité un même système, circulant autour du Soleil dans la même orbite. Des observations ultérieures ayant permis de donner avec plus de précision les éléments de l'orbite de la comète, on reconnut que cette orbite est en réalité elliptique, et que la période de sa révolution est de 121 à 122 années, 113 d'après les calculs de Staffer. On sait que les Perséides forment un courant continu de météores, mais les apparitions annuelles sont sujettes à des maxima et à des minima qui, sans doute, permettront un jour de déterminer leur périodicité. En discutant d'anciennes observations, M. Schiaparelli a déjà pu reconnaître que leur retour correspondrait à une période de 108 ans, de 103 ans selon A.-S. Herschel, dont la durée se rapproche beaucoup de celle qu'Oppolzer a calculée pour la comète de 1862. L'orbite commune a un grand axe dont la longueur est égale à environ 48 rayons de l'orbite terrestre, de sorte que la comète et les Perséides arrivés à leur aphélie se trouvent à une dis-

tance du Soleil 47 fois aussi grande que celle de la Terre au même astre. Ils s'enfoncent ainsi dans l'espace bien loin au delà de l'orbite de Neptune ; c'est ce dont on peut se rendre compte en jetant les yeux sur

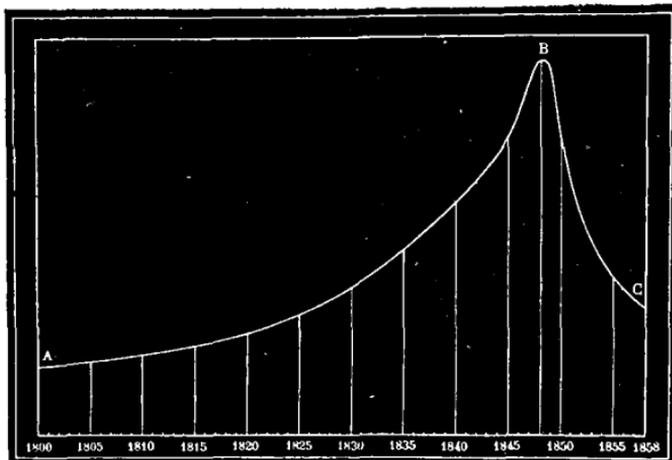


Fig. 19. — Essaim du 10 août : maximum de l'année 1848, d'après les observations de Coulvier-Gravier.

la figure 18, où est tracée l'orbite commune des Perséides et de la comète : le centre C de cette orbite<sup>1</sup> est à peu près à moitié chemin entre les orbites d'Uranus et de Neptune.

### III

#### Les Léonides et la comète de Tempel (1866 I).

Aussitôt que M. Schiaparelli eut signalé la relation qui lie les comètes aux essaims périodiques et identifié

1. La partie la plus courte de la courbe, qui représente l'orbite, à partir du nœud ascendant  $N_3$ , est dans un plan qui, en réalité, doit s'élever au-dessus de celui de la figure, avec laquelle il formerait un angle de 66 degrés.

les météores d'août avec la comète de 1862, les astronomes se livrèrent à des recherches ayant pour objet les autres essaims. L'averse de novembre était la plus remarquable; aussi fut-elle bientôt reconnue identique avec une comète récemment découverte par Tempel en 1866, et dont la période de révolution venait d'être fixée à un peu plus de 33 ans, égale par conséquent à la période des Léonides, que le professeur A. Newton avait antérieurement déterminée. Quatre astronomes, Peters, Schiaparelli, Le Verrier et Oppolzer arrivèrent à la fois à cette même conclusion. Au reste l'identité de l'essaim des Léonides et de la comète de 1866 est complètement établie par la comparaison des éléments de leurs orbites, dont voici le tableau :

	Essaim des Léonides.	Comète 1 de 1866.
	— Ans.	— Ans.
Durée de la révolution.....	33,25	33,18
Demi grand axe.....	10,34	10,32
Excentricité.....	0,904	0,905
Distance périhélie.....	0,989	0,977
Inclinaison de l'orbite.....	48° 03'	17° 18'
Longitude du nœud descendant .....	51° 18'	51° 26'
Longitude du périhélie.....	56° 25'	60° 28'
Sens du mouvement.....	Rétrograde.	Rétrograde.

Le sens rétrograde du mouvement explique, avons-nous vu, la rapidité avec laquelle les météores viennent pénétrer dans notre atmosphère et la longueur apparente de leurs trajectoires. En effet la Terre se mouvant dans son orbite avec une vitesse de 30 kilomètres par seconde, les météores eux-mêmes venant à sa rencontre avec une vitesse supérieure, qui n'est pas moindre de 40 kilomètres (de près de 20 kilomètres encore quand on la projette sur l'écliptique), c'est avec la somme de ces deux vitesses que le choc a lieu.

Le Verrier a envisagé à un autre point de vue le sens du mouvement des Léonides, qui se fait en sens contraire de celui de toutes les planètes et en général de tous les corps qui appartiennent au système solaire. Rappelant la fameuse théorie de Laplace, qui tend à regarder les comètes (à cause de leurs mouvements fréquemment rétrogrades et de leurs fortes inclinaisons) comme des corps étrangers à notre système, comme des nébuleuses errantes de systèmes en systèmes solaires, il se demande si l'essaim des Léonides se trouve dans le même cas. L'illustre astronome incline à penser que, tout au moins au point de vue de sa formation, « il ne saurait appartenir au même ordre que les planètes et qu'il est d'une époque cosmique postérieure. Un ensemble de corps dont les masses sont aussi faibles que celles des astéroïdes aurait été incapable, à l'origine, de refouler le courant général et de marcher en sens inverse de toutes les autres masses planétaires.

« L'essaim pourrait être d'une date cosmique postérieure à celle de notre système planétaire inférieur, et néanmoins s'y trouver depuis des temps extrêmement anciens. Il y a lieu de croire qu'il est beaucoup plus nouveau.

« Aux diverses époques des apparitions constatées depuis l'an 902, la Terre n'était pas rigoureusement à la même distance du Soleil. Le rayon de l'orbite terrestre éprouve des variations en raison de l'action de la Lune et des perturbations planétaires. L'essaim doit donc être fort large. Et comme ses particules sont indépendantes les unes des autres, il n'est pas douteux que des vitesses diverses tendent à les répandre peu à peu le long de l'anneau dont elles n'occupent encore qu'un nombre limité de degrés. Pour peu donc que le phénomène fût ancien, l'essaim se serait complètement étiré en un anneau continu et, s'il n'en est pas

ainsi, il faut que le travail de sa dislocation *ait commencé il y a peu de siècles*. Ajoutons que, s'il y avait eu dès à présent un nombre immense d'apparitions, la Terre, qui à chacune d'elles expulse une partie de la matière du corps de l'essaim, n'aurait rien laissé de régulier à notre époque.

« Par tous ces motifs, nous croyons que l'essaim des astéroïdes de novembre nous est venu des profondeurs de l'espace, et que dans l'intervalle de chacune des périodes il retourne vers les planètes supérieures. Un corps venant de loin, animé d'une grande vitesse, au moment où il atteignait la minime distance de la Terre au Soleil, n'a pas pu être fixé par la faible action des planètes inférieures dans une orbite d'une ou deux années.

« En compulsant les chroniques et les annales chinoises faisant mention de pluies d'étoiles, on rencontre 14 constatations jusqu'à notre époque, dans les années 902, 931, 934, 1002, 1101, 1202, 1366, 1533, 1602, 1698, 1799, 1832, 1833, enfin 1866.

« De ces données, M. Newton, de Newhaven, a conclu avec exactitude que le maximum d'éclat du phénomène revient après une période de 34 ans et l'on en déduit pour l'orbite décrite par l'essaim autour du Soleil un grand axe égal à 20,68 rayons de l'orbite terrestre. Dans ses retours vers les profondeurs du ciel, l'essaim s'éloigne du Soleil jusqu'à une distance égale à 19,69 fois celle de la Terre.

« En combinant la vitesse absolue de l'essaim à son passage en novembre, avec celle de la Terre et avec la connaissance du point radiant dans la constellation du Lion, on conclut encore que l'orbite de l'essaim est située dans un plan incliné de 14° 41' à l'écliptique.

« L'essaim, très nouveau dans le système planétaire, n'a pu être introduit et jeté dans son orbite

actuelle que par une cause perturbatrice énergique, ainsi que cela a eu lieu pour les comètes périodiques, et comme on l'a vu notamment pour la comète apparue en 1770. D'un autre côté, les comètes ainsi troublées jusqu'au point d'acquérir une petite distance périhélie, retournent nécessairement jusqu'à l'astre dont elles ont subi l'action; ainsi la comète de 1770 est retournée jusqu'à Jupiter. Sous tous ces rapports, on ne peut qu'être frappé de cette circonstance, que l'essaim de novembre s'étend jusqu'à l'orbite d'Uranus et fort peu au delà; d'autant plus que ces orbites se coupent, à fort peu près, en un point situé après le passage de l'essaim à son aphélie et au-dessus du plan de l'écliptique.

« Nous sommes donc engagés à rechercher si Uranus et l'essaim ont pu se trouver simultanément en ce point, c'est-à-dire dans le voisinage du nœud de l'orbite. Or, sans entrer dans le détail de cette recherche, nous dirons que rien de pareil n'a pu avoir lieu plus tôt qu'en l'année 126; mais qu'au commencement de cette année, l'essaim a pu s'approcher d'Uranus et que le rapprochement a pu être très étroit. On peut même assigner, au nœud et au périhélie de l'essaim, des positions en harmonie avec les observations les plus exactes et telles qu'en l'an 126 l'essaim serait précisément tombé sur Uranus. Ainsi donc l'approche supposée est possible.

« Mais cela ne suffit pas; il faut encore s'assurer si, l'approche des deux corps étant admise, l'action d'Uranus, dont la masse est la vingt-quatre millième partie de celle du Soleil, est assez puissante pour avoir produit dans la route et dans la constitution de l'essaim les modifications nécessaires pour rendre compte des observations actuelles des astéroïdes de novembre.

« Or le calcul répond affirmativement.

« L'essaim pouvait avoir, avant les grandes perturbations, un diamètre notable, égal par exemple au tiers du diamètre d'Uranus, plus ou moins. Malgré la faiblesse de l'attraction exercée par le total de sa masse sur chacun des corpuscules, l'ensemble affectait une forme sphérique, ainsi qu'on le voit pour les comètes qui ne passent pas dans le voisinage immédiat de quelque grand corps. Il pouvait décrire une hyperbole, une parabole ou même une ellipse. Et, le sens du mouvement pouvant être direct dans une parabole ou dans une ellipse fort étendue, il n'y a rien qui oblige de supposer que l'essaim n'appartint pas primitivement au système solaire.

« L'action d'Uranus aura changé inégalement les vitesses absolues des corpuscules; et, cette action surpassant l'attraction de leur masse totale, l'essaim se sera désagrégé en s'étendant sur la périphérie de l'orbite. Dans un cas que nous avons examiné, le passage principal durerait aujourd'hui pendant un an et demi environ : ce qui suffirait pour expliquer la répartition de la masse sur un arc de l'orbite, et l'apparition du phénomène pendant plusieurs années consécutives, lors même qu'on ne tiendrait pas compte des perturbations ultérieures dues à l'action de la Terre.

« Du moment que la distribution de la matière le long de l'orbite a pu commencer, on devrait s'étonner qu'elle n'embrassât aujourd'hui encore qu'un petit arc, si le phénomène n'était pas tout nouveau. Mais cet arc ira en s'accroissant et l'anneau finira par se fermer.

« Le phénomène apparaîtra donc, dans la suite des temps, pendant un plus grand nombre d'années consécutives, mais en s'affaiblissant en intensité. Cette diminution de l'éclat proviendra non seulement de la répartition de l'ensemble des corpuscules sur un plus

grand arc de l'orbite, mais en outre de ce qu'à chaque apparition la Terre en dévie un très grand nombre.

« On peut se demander si un changement dans la distance périhélie ne pourrait pas faire disparaître tout à fait le phénomène. Mais cela ne semble pas, à cause de l'étendue actuelle de l'essaim. En admettant même qu'il vienne à rencontrer de nouveau Uranus, cette planète n'agira que sur une partie de la matière et ne déviara pas de nouveau le tout, comme Jupiter a pu le faire, en 1770, pour la comète de Lexel.

« Les étoiles périodiques du 10 août, dues à un anneau complet, puisque le phénomène revient chaque année, reçoivent une explication pareille. Seulement le phénomène est relativement plus ancien, l'anneau a eu le temps de se fermer. Nous ne pouvons nous livrer sur cet anneau à une étude du même genre que pour celui de novembre, le retour du phénomène, d'année en année, ne nous permettant pas d'en établir la période avec assez de certitude.

« La destruction progressive des masses d'astéroïdes par l'action de la Terre qui les disperse dans l'espace, donne, avec d'autres phénomènes du même genre, naissance aux étoiles irrégulières qui sillonnent sans cesse le ciel<sup>1</sup>. »

Nous avons dit plus haut que le professeur A. Newton avait trouvé dans les anciennes chroniques la mention de 14 apparitions des météores de novembre. En voici la liste avec les jours et les heures du phénomène et la position correspondante de la Terre en longitude et par suite celle du nœud de l'essaim :

1. Les citations qui précèdent sont empruntées à une note de Le Verrier insérée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences pour 1867*, numéro du 21 janvier, sous ce titre : *Sur les étoiles filantes du 13 novembre et du 10 août*; et à un article *Variétés du Moniteur universel* de la fin du même mois, article portant pour titre : *Sur l'origine des étoiles filantes, lettre à sir John Herschel par U.-J. Le Verrier.*

	Année.	Jour et heure.		Longitude de la Terre.	
N° 1	902	12	octobre.	17 h.	24° 47'
— 2	931	14	—	10	25 57
— 3	934	13	—	17	25 32
— 4	1002	14	—	10	26 45
— 5	1101	16	—	17	30 2
— 6	1202	18	—	14	32 25
— 7	1366	22	—	17	37 48
— 8	1533	24	—	14	41 12
— 9	1602	27	—	10 A. S.	44 19
— 10	1698	8	novembre.	17 N. S.	44 19
— 11	1799	11	—	21	47 21
— 12	1832	12	—	16	50 2
— 13	1833	12	—	22	50 49
— 14	1866	13	—	13	51 28

Ce sont ces dates qui ont permis au savant américain de fixer le cycle des retours de l'essaim à la période de 33 ans  $\frac{1}{4}$ . Comme d'ailleurs on peut attendre une pluie de météores dans chacune des 2 ou 3 années qui terminent chaque période, il en concluait, pour expliquer ce phénomène, que sans doute les corpuscules formant cette agrégation s'étendent en forme de courant le long de l'orbite; que ce courant peut occuper un arc égal au 10° ou au 15° de cette courbe et qu'il met une pareille fraction du temps périodique à défilier par le nœud. Le groupe aurait pu effectuer, chaque année, le nombre de révolutions marqué par les chiffres  $2 \pm \frac{1}{33,25}$ ,  $1 \pm \frac{1}{33,25}$ ,  $\frac{1}{33,25}$ , de sorte que, pour la révolution totale, on aurait à choisir entre les durées suivantes : 180 jours, 185 j. 4, 354 j. 6, 376 j. 6 ou 33 ans 25. C'est la troisième de ces 5 périodes que M. Newton regardait comme la plus probable; mais on vient de voir que la révolution de 33 ans  $\frac{1}{4}$  est unanimement adoptée.

Au reste, d'après les calculs d'un savant géomètre anglais, M. Adams, les quatre premières périodes sont incompatibles avec la rétrogradation des nœuds

qui résultent du tableau qu'on vient de lire. Si, en effet, l'orbite de l'essaim ne dépassait pas une année, ou la dépassait à peine, le mouvement du nœud en longitude, qui est de  $29'$ , tous les 33 ans, ne pourrait s'expliquer par l'action perturbatrice de Jupiter, de Vénus ou de la Terre. L'action de Vénus serait seulement de  $5''$  par an, celle de Jupiter de  $6''$ , celle de la Terre de  $10''$ . En 33 ans la rétrogradation totale due à ces trois planètes serait seulement de  $12'$ . Il en est tout autrement si l'on adopte la période de 33 ans 25. Alors, avec une orbite qui s'éloigne au delà d'Uranus, les trois grosses planètes Jupiter, Saturne et Uranus sont susceptibles d'accroître la longitude du nœud de l'essaim, de  $20'$ , de  $7'$  et de  $1'$ , au total de  $28'$ , qui est à peu de chose près la variation fournie par les observations antérieures. « Cette remarquable coïncidence entre les résultats de la théorie et de l'observation, dit M. Adams, ne permet de conserver aucun doute sur l'exactitude de la période de 33 ans 25<sup>1</sup>. »

#### IV

##### L'essaim du 20 avril et la comète de 1861.

Les résultats obtenus par Le Verrier, Schiaparelli et Peters sur l'identification des orbites des deux essaims les plus remarquables de l'année, les Perséides et les Léonides, avec les orbites de deux comètes, étaient à peine connus, que l'on parvenait à une découverte analogue pour les météores du 20 avril. C'est à MM. Weiss, de Vienne, et Galle, de Breslau, qu'en revient l'honneur. Voici le résumé des recherches du second de ces deux astronomes.

1. Voir *Monthly Notices of the astronomical Society*, t. XXVII, p. 248.

Ayant remarqué que la première comète de 1861, lorsqu'elle passe à son nœud descendant, n'est éloignée du point le plus voisin de l'orbite de la Terre que de la très faible distance 0,0022 (environ 80 000 lieues), et que notre planète arrive aux mêmes régions du ciel à la date du 20 avril, M. Galle compara les points radiants de la comète et de l'essaim qu'on observe à cette même date. D'après les éléments elliptiques calculés par Oppolzer pour la comète, il trouva pour le point radiant de celle-ci la longitude de 267°,2 et la latitude boréale de 57°. Quant au point radiant de l'essaim, déduit des observations de 1864, il a pour longitude 281°,6 et pour latitude 57°,8, les deux résultats s'accordent à 7° près en arc de grand cercle. Si l'on se reporte au tableau des radiants que nous avons donné (pages 74-75) d'après M. Denning, l'essaim du 20 avril aurait une semblable différence. La période commune de révolution serait de 415 ans.

M. Galle fit alors le calcul de l'orbite des météores, en partant du point de radiation observé et de la vitesse tirée de l'orbite cométaire. En voici les éléments mis en parallèle avec ceux de la comète.

	Météores du 20 avril.	Comète 1861 I.
Demi grand axe (supposé)....	5,571	5,571
Distance périhélie.....	0,955	0,921
Excentricité.....	0,9829	0,9835
Longitude du périhélie.....	236°	243°
Longitude du nœud.....	30°	30°
Inclinaison.....	89°	80°

La ressemblance de ces éléments donne une grande probabilité à l'opinion qui voit, dans les météores d'avril et dans la première comète de 1861, les parties d'un même courant de matière, se mouvant autour du Soleil dans des orbites presque identiques.

## V

**Systemes d'essaims et de comètes.**

Un quatrième exemple de la possibilité d'assimiler les essaims d'étoiles filantes et de comètes, a été fourni tout récemment par deux averses météoriques des plus brillantes, qui ont eu lieu à treize ans d'intervalle, à la même date du 27 novembre, en 1872 et en 1885. Il est aujourd'hui parfaitement démontré que l'essaim qui a donné lieu à ces phénomènes n'est autre chose qu'un fragment de la comète de Biéla, ou, ce qui revient à peu près au même, que cette comète et l'essaim sont des parties aujourd'hui séparées d'une comète primitivement unique, divisée par des perturbations extérieures en un nombre indéterminé de fragments.

Nous allons étudier séparément ce cas si intéressant d'astronomie météorique : il mérite une description détaillée.

Auparavant, donnons la liste d'un certain nombre de comètes dont la liaison probable avec des essaims d'étoiles filantes est fournie par la similitude des positions des points radiants et celle des orbites des uns et des autres. Dans cette liste sont comprises les trois comètes déjà assimilées, ainsi que la comète de Biéla, ce qui donne un nombre total de 18 systèmes similaires.

COMÈTES	DATE DU PASSAGE DE LA TERRE PRÈS DU NŒUD DESCENDANT OU ASCENDANT	POINT RADIANT DE LA COMÈTE		POINT RADIANT DE L'ESSAIM		DATE ET DURÉE DE L'averse MÉTÉORIQUE	CONSTELLATION DU POINT RADIANT MÉTÉORIQUE	
		Asc. dr.	Déclin.	Asc. dr.	Déclin.			
1	1792 II	 5 janvier.	191°	+ 25°	187°	40°	1 <sup>er</sup> au 25 janvier.	Chevelure de Bérénice.
2	1810 I	 20 —	128	— 20	105	— 27	Janvier.	Grand Chien.
3	1680	 décembre.	—	—	134	+ 40	21 janvier.	Petit Lion.
4	1092	 5 février.	103	— 34	105	— 15	Février.	Navire.
5	1851 IV	 13 —	301	+ 37	305	+ 37	15 mars-20 avril.	Renard.
6	1862 IV	 16 mars.	219	+ 1	217	— 3	3 au 25 mars.	Ophiucus.
7	1683	 16 —	207	— 48	192	— 38	Mars.	Centaure.
8	1817 I	 avril.	—	—	231	+ 17	15 avril.	Couronne.
9	1748 II	 —	—	—	260	+ 21	25 avril.	Hercule.
10	1861 I	 20 —	267	+ 57	282	+ 58	19 mars-23 avril.	Dragon.
11	1850 I	 21 juin.	312	+ 61	325	+ 60	11 juin-11 juillet.	Céphée.
12	1737 II	 29 juillet.	175	+ 71	172	+ 60	29 juillet-6 septembre.	Grande Ourse.
13	1853 III	 août.	—	—	315	+ 80	5 août.	Céphée.
14	1862 III	 9 —	—	—	44	+ 56	28 juillet-16 août.	Persée ( <i>Perséides</i> ).
15	1862 II	 19 —	—	—	47	+ 18	10 août.	Taureau.
16	1779	 19 octobre.	39	— 28	40	— 35	Octobre.	Phénix.
17	1866 I	 11 novembre.	—	—	149	+ 23	13-15 novembre.	Lion ( <i>Léonides</i> ).
18	Biéla.	 28 —	23	+ 43	21	+ 54	1-15 décembre.	Andromède.

## VI

**La pluie d'étoiles filantes des 27 novembre  
1872 et 1885 et la comète de Biéla.**

Le mois de novembre, déjà fameux dans les annales de l'astronomie météorique par les brillantes apparitions de 1799, 1833 et 1866, a été en 1872 et en 1885,



Fig. 20. — Comète de Biéla ou de Gambard dédoublée,  
d'après les observations de Struve, en février 1846.

à treize ans d'intervalle jour pour jour, le théâtre d'une pluie d'étoiles filantes qui ne le cédait en rien, en nombre et en éclat, aux splendides passages de l'essaim des Léonides. Mais ce qui ajoute à l'intérêt du phénomène, c'est que, grâce aux vues théoriques par lesquelles MM. Schiaparelli, Weiss, d'Arrest ont lié les essaims météoriques aux comètes, on a pu l'annoncer à l'avance, lui assigner une date probable et que le succès a répondu à la hardiesse de cette sorte

de prophétie astronomique. C'est une histoire qui mérite d'être racontée avec quelques détails.

Si l'on cherche, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, la liste des comètes périodiques dont les orbites ont été calculées et dont les retours, plus ou moins nombreux, ont été déjà constatés par l'observation, on en trouve deux qui portent le même nom, celui de Biéla, astronome autrichien qui les découvrit en 1826. Nous venons de dire *les découvrit*, c'est là qu'il fallait dire; à l'époque en effet où Biéla fit son observation, les deux comètes n'en faisaient qu'une, dont la périodicité fut reconnue par Gambard et par Clausen, et dont les éléments furent trouvés semblables à ceux des comètes de 1772 et de 1805. La durée de sa révolution étant d'un peu plus de six ans et demi, les prochains retours de l'astre devaient avoir lieu en 1832, 1839, 1846, 1852, 1859, 1865, 1872, etc. On revit en effet la comète à la première de ces dates ainsi qu'en 1846 et en 1852; mais en 1859 et en 1865, malgré les recherches assidues des astronomes, il fut impossible de la revoir. Un phénomène étrange avait d'ailleurs signalé le retour de 1846 : la comète s'était dédoublée en deux fragments inégaux qui, après leur séparation, s'éloignèrent de plus en plus, formant désormais deux comètes distinctes. En 1846, le jour du passage au périhélie, les deux noyaux cométaires étaient à 49 rayons terrestres de distance, 312 500 kilomètres environ. Quand ils furent revus à leur passage de 1852, ils étaient plus de huit fois plus loin l'un de l'autre, à 412 rayons terrestres ou 2 616 000 kilomètres de distance.

On ne s'étonna point, en 1859, de ne pas retrouver les deux comètes jumelles, parce que les circonstances du retour étaient défavorables. Mais en 1865, où, au contraire, leur proximité de la Terre devait permettre de les observer aisément, les recherches les

plus assidues n'ayant eu aucun succès, les astronomes furent surpris de cette disparition inexpiquée. On se demanda si le phénomène du dédoublement de la comète primitive ne s'était pas reproduit sur chacun des fragments de 1846 et de 1852, et si la comète, peu à peu désagrégée, n'avait pas fini par se réduire en morceaux trop faibles pour être visibles dans les télescopes.

La connexion signalée par M. Schiaparelli entre les comètes de 1862 II et 1866 I, et les essaims d'août et de novembre, l'idée que d'autres comètes avaient sans doute avec les averse météoriques dont le nombre se multipliait de plus en plus, une relation semblable, mit sur la voie d'une dépendance entre les fragments de la comète de Biéla ruinée et les essaims d'étoiles filantes que les catalogues montraient en abondance, vers les derniers jours du mois de novembre et les premiers jours du mois de décembre. Deux astronomes, MM. Weiss et d'Arrest, étudièrent à ce point de vue cette question intéressante, et ils arrivèrent aux mêmes conclusions.

Avant l'apparition de 1832, Olbers avait calculé que la comète de Biéla, à son nœud descendant, ne serait plus éloignée du point le plus voisin de l'orbite de la Terre que d'environ 30 000 kilomètres. Comme les dimensions de la nébulosité atteignaient à peu près le même nombre, le public s'imagina que la Terre pourrait bien alors être rencontrée par la comète, et déjà les imaginations y voyaient la fin du monde. On oubliait que notre planète ne devait arriver au point de son orbite le plus voisin du nœud que vers la fin de novembre, tandis que la comète passait au nœud dès la fin d'octobre, un mois plus tôt. Le danger était donc imaginaire, si toutefois la rencontre supposée recelait un danger.

Dans quelle direction la comète, dans l'hypothèse

de la rencontre, serait-elle venue choquer la Terre? D'après les calculs de Weiss, le point d'émanation, le point radiant cométaire eût été un point du ciel ayant 23° d'ascension droite et 47° de déclinaison boréale. L'éminent astronome chercha, parmi les averses météoriques antérieures, survenues aux alentours de cette date de fin novembre, s'il n'y en avait pas qui aient eu le même point radiant ou un point voisin. Le résultat de cette recherche prouva que ses prévisions étaient fondées, et cinq essaims d'étoiles filantes parurent avoir avec la comète de Biéla une étroite connexion.

Le premier de ces essaims fut observé dans la nuit du 6 au 7 décembre 1798, aux environs de Hambourg, par Brandes, qui ne compta pas moins de 480 météores, par l'une des ouvertures de la diligence qui le conduisait à Brême. Il ne pouvait distinguer qu'une partie du ciel, et il estima que le nombre des étoiles qui parurent cette nuit n'était pas inférieur à 2 000. La seconde apparition fut vue en France par l'abbé RAILLARD, dans la nuit du 7 décembre 1830. Le 6 décembre 1838, une averse météorique fut observée à Toulon, par P. FLAUGERGUES, en Belgique, à Bruxelles, par BOUVY, qui la jugea quatre fois aussi abondante que les apparitions des nuits ordinaires, et aux États-Unis, par HERRICK. Les météores partaient du zénith, des constellations du Bélier et de Pégase, se dirigeant les uns au S.-E., les autres au S.-O. de l'horizon. C'est encore dans la nuit du 6 décembre que le professeur HEIS fut, en 1847, à Aix-la-Chapelle, témoin d'une averse météorique ayant pour point radiant un point voisin de l'étoile  $\gamma$  d'Andromède. Enfin, le 30 novembre 1867, neuf météores en 2 heures furent observés à Bergame, par M. ZEZIOLI, qui leur assigna pour point radiant un point voisin de l'étoile  $\theta$  de Cassiopée.

M. Weiss s'est demandé si ces averses météoro-

riques, émanant toutes à peu de chose près de la même région du ciel, qui est celle d'où vient la comète de Biéla à chacun de ses retours, et qui viennent rencontrer la Terre, soit dans les premiers jours de décembre, soit dans les derniers de novembre, ne seraient pas autant de fragments détachés de cet astre. Ayant en outre remarqué qu'une comète télescopique, observée en 1818, suit à peu de chose près la même orbite que celle de Biéla, il fut conduit à supposer qu'une comète primitive avait successivement donné naissance, par une série de segmentations analogues au dédoublement de 1846, à la comète de Biéla elle-même, à celle de 1818, et aux divers nuages météoriques observés à la fin de novembre et au commencement de décembre. Ces divers astres suivent tous la même orbite, mais à des distances variées, et viennent passer à leur nœud, c'est-à-dire traversent le plan de l'écliptique, à des époques différentes. Ce nœud est d'ailleurs affecté d'un mouvement rétrograde assez rapide, et cela explique comment le passage, qui en 1832 eut lieu pour la comète de Biéla à la fin d'octobre, a fini par être retardé jusqu'à la fin de novembre, et, pour les autres fragments, jusqu'au 6 ou 7 du mois de décembre.

L'occasion de vérifier l'exactitude de ces vues se présenta en 1872, époque d'un des retours attendus de la comète de Biéla. M. A.-S. Herschel publia à ce sujet, dans les *Monthly notices*, une note où, après avoir rappelé les averses météoriques dont nous venons de parler, ainsi que les recherches et les calculs de Weiss, il signale aux observateurs des étoiles filantes l'intérêt qu'il y aurait pour eux à être attentifs à leur poste dans la dernière semaine de novembre et dans la première de décembre, spécialement dans les nuits du 4 au 7.

L'événement prévu se réalisa. Une pluie d'étoiles

filantes, d'une abondance extraordinaire, fut observée dans la nuit du 27 novembre, en un grand nombre de stations. Une fois encore la théorie devança l'observation, mais ici pour un genre de phénomènes qui devaient sembler devoir échapper, par leur imprévu et leur irrégularité, à tout calcul scientifique.

Mais arrivons au fait et laissons la parole aux témoins de la pluie d'étoiles filantes du 27 novembre 1872. Disons d'abord qu'elle a été observée surtout en Europe, depuis les côtes de Norvège jusqu'en Sicile, en Angleterre et en Allemagne, en France et en Italie; mais c'est dans la partie méridionale du continent d'Europe qu'elle semble avoir été la plus brillante, sans doute à cause des conditions plus favorables de pureté et de transparence du ciel : en plusieurs observatoires où des astronomes expérimentés, habitués à ce genre particulier d'observations, étaient à leur poste dans la soirée du 27 novembre, le ciel couvert de nuages ne leur a point permis d'être témoins de la splendide apparition. En Amérique, c'est pendant les premières heures de la soirée qu'avait lieu le maximum; les météores ne furent donc visibles sur l'horizon que jusqu'à 7 heures et demie, 8 heures et demie au plus tard. Malgré cette circonstance défavorable, le professeur Newton, avec l'aide de plusieurs observateurs, comptait 1 000 météores de 6 heures 38 minutes à 7 heures 34 du soir, et 750 dans les cinq quarts d'heure qui suivirent. Le point le plus oriental où le phénomène fut aperçu, est l'île Maurice, où 2 678 météores furent vus entre 9 heures 55 minutes et minuit 55 minutes, en 3 heures par conséquent. En Irlande, lord Rosse estima à près de 8 000 le nombre des étoiles filantes observées. M. Grant, à Glasgow, en compta 10 579 entre 5 heures et demie et 11 heures 50 du soir; M. Lowe, à Higfield House, en compta 14 665.

Citons, parmi les observateurs les plus connus par leurs travaux astronomiques, ceux qui, en divers pays, furent témoins du phénomène : en Norvège, à Christiania, le savant météorologiste Mohn; à Munster, M. Heis; à Breslau, M. Galle; à Vienne, M. Littrow; à Comorn, M. Konkoly; en France, MM. Lespiault et Baudrimont, à Bordeaux; M. Zucher, à Toulon; Ph. Breton, à Grenoble; Rey de Morande, à Bourg; Courtois, à Muges; Lemosy, à Mâcon, etc., etc.; en Italie, MM. de Gasparis, à Naples; P. Secchi, à Rome; Tacchini, à Palerme; Denza, à Moncalieri.

Pour donner une idée de la magnificence de cette pluie de météores, nous allons reproduire la relation qu'en a donnée M. Denza : c'est à cet astronome que l'on doit la plus riche récolte d'étoiles filantes observées. La voici, telle que l'ont reproduite les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, dans la séance où Le Verrier était venu rendre compte des observations adressées à l'Observatoire de Paris.

« Une grande pluie de météores lumineux, jusqu'à présent inouïe dans nos contrées, a été admirée hier au soir, ici à Moncalieri, et je suis bien sûr qu'elle doit avoir été observée aussi en beaucoup d'endroits, vu sa singulière importance.

« Commencée à l'approche de la nuit, la chute des étoiles continua jusqu'à minuit, et elle aura sans doute continué même ensuite, mais le brouillard nous empêcha de suivre plus longuement l'observation.

« Trente-trois mille quatre cents météores furent ici comptés pendant six heures et demie (depuis 6 heures jusqu'à minuit et demi) par quatre observateurs. Cependant ce chiffre ne représente que très incomplètement la vraie affluence météorique; car dans les premières heures du soir, et surtout dans celles du plus grand flux, qui fut vers 8 heures, dans quelques régions du ciel, c'était une véritable pluie de feu,

tout à fait semblable à celles que l'on voit dans les feux d'artifice à l'explosion des *grenules*; celle-ci

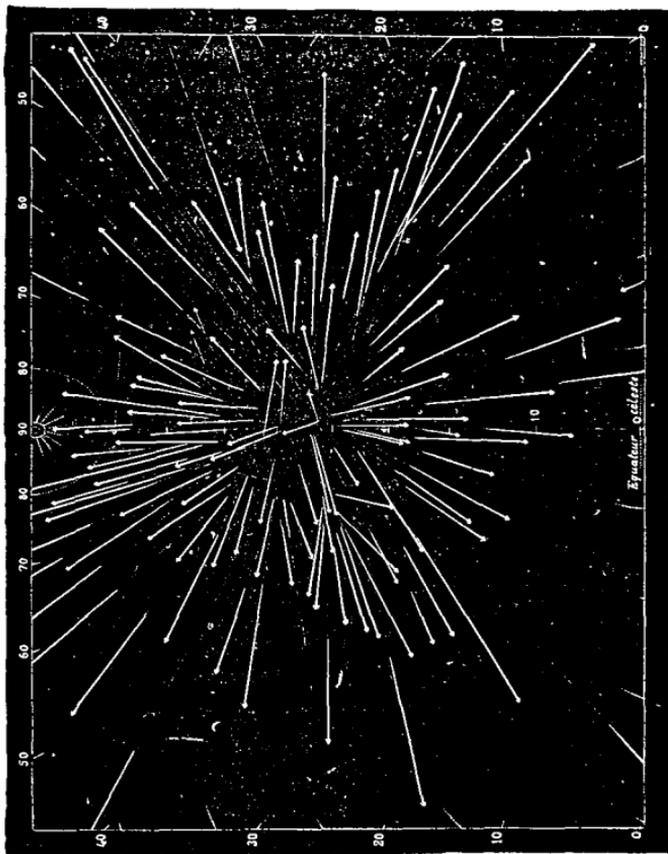


Fig. 21. — Pluie d'étoiles  $\eta$  antes du 27 novembre 1872.  
d'après les observations de Deuza, à l'observatoire de Brera.

pourtant était continuelle, et les lignes de feux tombaient presque verticalement en foule et en ondées, plus minces et plus calmes. Ainsi l'on ne pouvait tenir note que des plus remarquables. Dans ce temps,

nos observateurs comptaient, en moyenne, 400 météores chaque minute et demie.

« Toutes les admirables et gracieuses figures que nous voyons tracées sur la voûte du ciel, lors des grandes pluies météoriques de novembre, toutes vinrent charmer nos regards. De nombreux météores aux couleurs délicates et variées, plusieurs autres suivis de longues et brillantes traînées, un grand nombre de globes d'éblouissante lumière, quelques-uns du diamètre lunaire à peu près; des nuages transparents et luisants, qui çà et là en mille manières se rompant dans l'atmosphère, s'ouvraient en faisceaux de rayons aux formes les plus vagues et bizarres. Quelques-uns de ces nuages s'arrêtaient de temps en temps dans la voûte céleste et se montraient encore pendant quelque temps; et il y en eut un qui, parti à 6 heures 35 minutes, entre Persée et le Cocher, ne se dissipa qu'à 6 heures 56 minutes, c'est-à-dire après 21 minutes.

« Enfin l'aspect général du phénomène était celui d'un nuage cosmique, qui, en rencontrant notre atmosphère, s'est ouvert et dissipé.

« La position du radiant, que je suis en train de déterminer soigneusement et qui se trouve près  $\gamma$  d'Andromède, et l'époque de l'apparition nous portent à croire que le nuage ou courant météorique que nous avons traversé est le même qui se montre chaque année dans ces jours-ci, mais avec une bien moindre intensité. C'est le même qui, vu par Brandes le 7 décembre 1798, et ensuite observé de nouveau le même jour en 1830 par l'abbé Raillard, et ensuite en 1838 par Herrick et Flaugergues, plus tard fut étudié par Heis à Munster, et en 1867 fut reconnu par Zezioli, à Bergamo. Maintenant son point de rencontre avec l'orbite de la Terre aurait lieu le 27-28 novembre.

« Or, par de très probables calculs, il résulte que

ce courant météorique suit la même orbite que la célèbre comète de Biéla, dont on attendait en effet le passage cette année au mois d'octobre, et qui a été jusqu'à présent vainement recherchée par les astronomes. Par conséquent, rien de plus probable que le grand nuage météorique qui nous donna la pluie d'hier ne dérive d'une partie de cet astre troublé et dissous. »

Dans un post-scriptum de sa lettre, Denza donnait des nouvelles des observations du phénomène faites en divers points de l'Italie et de la Sicile. A Naples, de Gasparis avait compté jusqu'à 2 météores par seconde. A Matère, quatre observateurs notaient 38 513 météores de 6 heures à minuit. A Mondovi, le professeur Bruno avait enregistré 30 881 étoiles de 6 heures 18 à 15 heures 2 du matin. Dans toutes les stations, le maximum a été observé entre 8 et 9 heures, et le radiant trouvé dans Andromède.

L'abondance extraordinaire des étoiles filantes qui sont venues, dans la soirée du 27 novembre, se consumer dans l'atmosphère de la Terre, leur point commun de radiation coïncidant d'une façon si précise avec celui qu'aurait dû avoir la comète de Biéla à son nœud, toutes les circonstances enfin du phénomène concouraient à justifier les prévisions des astronomes que nous avons cités plus haut. Il ne paraissait pas douteux que notre planète avait rencontré, sinon l'un des deux noyaux antérieurs de la comète, du moins un fragment qui avait appartenu à l'astre avant son dédoublement.

Frappé de cette idée que sans doute les météores du 27 n'étaient qu'une faible partie peut-être du nuage cosmique en voyage, M. Klinkerfues pensa qu'on devait pouvoir s'assurer de l'exactitude de cette dernière hypothèse. En poursuivant leur route, les autres parties de l'essaim devaient, en s'éloignant de la Terre,

se condenser à mesure que la distance rapprocherait leurs éléments pour la vue, et reprendre dans le ciel l'apparence nébuleuse d'un noyau cométaire. Mais où chercher la nébulosité? Non pas évidemment au point d'où les météores étaient venus en décrivant leurs trajectoires d'apparente divergence, mais bien au point du ciel diamétralement opposé, au point de convergence, que M. Klinkerflues trouva être situé dans la constellation du Centaure. Il se hâta de télégraphier au directeur de l'observatoire de Madras, M. Pogson, pour qui cette région du ciel était visible à cette époque :

*Biela a touché Terre le 27, cherchez aux environs de Thêta du Centaure <sup>1</sup>.*

La dépêche était datée du 30 novembre. Cette nuit et la suivante, M. Pogson ne put rien voir à cause des nuages qui couvraient le ciel. Le 2 décembre, il fut plus heureux. Une courte éclaircie lui permit de voir la comète et, à l'aide d'une étoile voisine, de constater son mouvement, de 2" 5 en 4 minutes. Il la nota en ces termes : « Circulaire, brillante, avec un noyau accusé, mais sans queue, de 45" de diamètre. » Le 3 décembre, à peu près à la même heure (5 heures 25 du matin, t. m. de Madras), M. Pogson observa de nouveau la comète, toujours circulaire avec un noyau brillant; diamètre de 75"; une faible queue, très distincte, de 8" de longueur. Le temps lui manqua pour chercher la seconde comète et les nuages et la pluie survinrent dans la matinée suivante.

La question de savoir si la comète vue par Pogson est bien l'une des deux comètes de Biéla est restée indécise.

1. *Biela touched Earth on 27 th., Search near  $\theta$  Centauri.*

Voici ce qu'en dit l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* :

« On ne peut, sans admettre un retard inexplicable de trois mois dans le passage au périhélie de la comète, accepter son identité avec l'un des deux fragments de la comète de Biéla, observés en 1846 et 1852. Serait-ce donc, suivant l'opinion de quelques astronomes, un troisième fragment inconnu, se mouvant dans une orbite semblable, ou bien, ainsi que le supposent d'autres savants, n'aurait-elle aucune connexion avec l'essaim du 27 novembre et faudrait-il simplement attribuer au hasard sa présence au lieu indiqué par M. Klinkerfues?

« Cet astronome a recueilli des arguments très sérieux en faveur de la première opinion.

« En fouillant dans les chroniques des siècles passés, il a été assez heureux pour trouver des indications sur l'apparition simultanée d'un nombre notable de comètes et de chutes de météores, paraissant avoir une origine commune; et il démontre même, avec assez de probabilité, que la segmentation antérieure d'une comète principale a donné naissance à une famille très curieuse de comètes et d'essaims de météores, à laquelle appartiendraient la comète de Biéla, celles de 1162, de 1818, de 1872 et les étoiles filantes paraissant périodiquement les 27 novembre et les 6 décembre. »

Ces diverses agglomérations nébuleuses se trouvant dans la même orbite, et se succédant à des intervalles de temps inégaux, doivent avoir comme élément commun la durée de leur révolution. Cette durée, qui est celle de la comète de Biéla, est un peu plus grande que 6 ans et demi (6,6). L'essaim du 27 novembre 1872 a repassé par son nœud en 1878 ou 1879; mais à une époque où notre planète était éloignée de ce point sur son orbite. La révolution suivante, au

contraire, devait être accomplie à la même date de la fin de novembre, et l'on pouvait s'attendre encore, le 27 novembre 1885, à une pluie de météores pareille à celle de 1872. L'événement, comme on va le voir, fut tout à fait conforme à une telle prévision, de sorte que la dépendance entre l'essaim et la comète ou les comètes Biéla, de 1818, etc., peut être considérée comme établie sur des preuves irrécusables. En France, en Algérie, en Espagne, en Italie, en Angleterre, le phénomène a été observé en un grand nombre de stations, partout, on peut dire, où le ciel découvert permettait à la lumière des météores de briller aux yeux des observateurs.

Pour rendre plus aisée la comparaison des deux pluies du 27 novembre à treize ans d'intervalle, nous allons reproduire encore la relation donnée par M. Denza, datée de l'observatoire de Moncalieri :

« Des télégrammes et des relations que nous avons reçus, dit cet astronome, il résulte que le phénomène a été remarqué dans toute l'Italie, depuis les Alpes jusqu'à l'extrémité de la Sicile, et qu'il s'est produit partout sous les mêmes formes. Il a commencé à la tombée du jour. A Tarente, à 5 heures du soir, les étoiles filaient en lignes si compactes, qu'elles perçaient de temps en temps l'obscurité déjà avancée de la nuit. A Palerme, quelques-uns de mes amis, élèves ingénieurs, ont compté 4600 météores de 5 heures 15 minutes à 6 heures 30 minutes. A cette heure, la pluie météorique se manifestait en plusieurs autres endroits avec une abondance tout à fait surprenante.

« Dans notre observatoire de Moncalieri, on commença à explorer le ciel à 6 heures du soir (t. m. de Rome). Nous avons suivi la méthode que j'avais employée en 1872; les observations actuelles peuvent, en conséquence, être comparables avec celles d'alors. Comme j'ai eu déjà plusieurs fois l'occasion

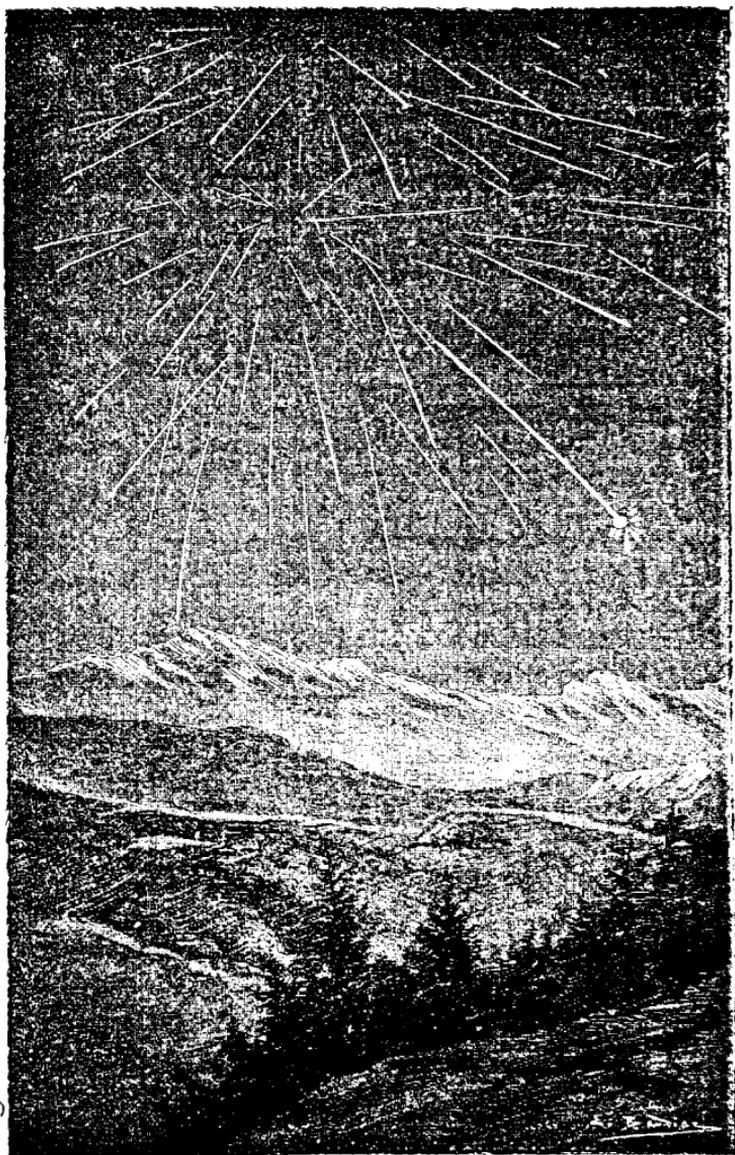


Fig. 22. — Aspect du ciel pendant la nuit du 27 novembre. Pluie d'étoiles filantes et de bolides.

d'exposer cette méthode, je crois à propos de ne pas la décrire ici. Je me bornerai à rapporter les résultats obtenus à Moncalieri de quinze en quinze minutes, et, afin de mieux éclaircir ma relation, je vais donner un tableau dont la seconde colonne indique le nombre des observateurs chaque quart d'heure, et la troisième l'état de l'atmosphère, en dixièmes de ciel libre. La quatrième colonne indique le nombre des météores réellement comptés, et la dernière le nombre supputé des étoiles, c'est-à-dire le nombre qu'on aurait dû avoir si les observateurs eussent été toujours au nom-

DURÉE DE L'OBSERVATION	NOMBRE DES OBSERVA- TEURS	DIXIÈMES DE CIEL DÉCOUVERT	NOMBRE DES MÉTÉORES	
			Observés.	Calculés.
De 6 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> à 6 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	2	10	2 800	5 600
6 15 6 30	2	10	3 400	6 200
6 30 6 45	2 1/5	10	3 400	6 200
6 45 7 00	3	10	4 500	6 000
7 00 7 15	4	10	5 200	6 200
7 15 7 30	4	7	3 500	5 000
7 30 7 45	3 1/2	7	3 400	4 900
7 45 8 00	4	7	2 200	4 600
8 00 8 15	4	7	3 100	4 400
8 15 8 30	4	7	1 700	2 400
8 30 8 45	4	6	1 500	2 500
8 45 9 00	4	5	1 000	2 000
9 00 9 15	4	5	800	1 600
9 15 9 30	4	4	600	1 500
9 30 9 45	4	4	500	1 200
9 45 10 00	3	3	234	1 000
10 00 10 08	4	3	312	1 000
4 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup>			37 546	62 300

bre de quatre et que le ciel eût été toujours serein.

« Le ciel fut obscurci à 10 heures 8 minutes par un épais brouillard, qui le déroba à nos yeux tout le reste de la nuit. Ailleurs aussi de noires vapeurs voilèrent le ciel à la même heure et même avant. Seulement, dans quelques localités de montagne et du midi, où le ciel se conserva serein jusqu'à l'heure la plus

reulée de la nuit, on affirme d'un commun accord qu'à 11 heures le phénomène était presque terminé. Les observations que nous avons faites dans les deux soirées suivantes, du 28 et du 29, nous conduisent à un résultat identique.

« En 1872, nous avons compté 33 000 étoiles dans l'espace de six heures; cette fois, quoique les observateurs ne fussent pas toujours au nombre de quatre comme à cette époque, nous en avons compté 39 000.

« En 1872, l'abondance des étoiles atteignit son maximum entre 7 heures 45 minutes et 8 heures 15 minutes; cette année, au contraire, le maximum avait déjà commencé quand le phénomène put apparaître, ainsi que le prouvent les nombres calculés à Moncalieri dans les deux heures, nombres qui sont presque constants. Beaucoup ont assuré que, dès la nuit du 26 au 27, on vit une grande foule de météores sillonner les airs; ici, le ciel était chargé. Les observations des régions orientales répandront plus de lumière sur ce sujet.

« En 1872, nous étions toujours au nombre de quatre observateurs, et nous comptâmes 18 600 étoiles filantes pendant les deux heures voisines du maximum, tandis que cette fois, dans le même temps et presque toujours au nombre de deux ou trois, nous sommes parvenus au chiffre imposant de 29 800. Nous nous hâtons cependant de dire que tous ces chiffres ne donnent qu'une idée approximative de l'apparition, puisque, pendant ces deux heures, on ne comptait guère chaque météore, mais les groupes d'étoiles seulement (et pas même tous), qui se succédaient presque sans interruption.

« Par conséquent, les résultats obtenus pendant ce temps ne représentent que la cinquième ou la sixième partie, et peut-être sont-ils inférieurs à la réalité. Je crois donc ne pas m'abuser en affirmant que le

nombre des étoiles apparues dans la durée de nos observations n'a pas été au-dessous de 150 000 à 160 000.

« Le spectacle qui s'offrit à nos yeux pendant les deux premières heures du maximum était surprenant, et tel qu'on arriverait difficilement à le décrire. De toutes les parties du ciel, il pleuvait des masses d'étoiles semblables à des nuages cosmiques qui se fondaient. Elles étaient suivies de traces lumineuses; et beaucoup de ces étoiles surpassaient celles de première grandeur; quelques-unes même étaient de véritables bolides. La marche était généralement lente, et la couleur prédominante était le rouge, produit par les nombreuses vapeurs répandues dans l'atmosphère. Les météores les plus voisins des régions radiantes étaient très courts; plusieurs n'étaient que des points brillants, par la loi de perspective.

« La plus grande partie jaillissait de la région même d'où elles irradiaient en 1872, entre Persée, Cassiopée et Andromède. On ne distinguait aucun centre secondaire, comme dans les soirées ordinaires de plus grande affluence.

« J'ai mis tous mes soins à déterminer exclusivement la position du radiant, ce qui ne présentait aucune difficulté. Voici de quelle manière : j'en fixai attentivement la position approximative, et ensuite je traçai sur le papier la trajectoire de quelques-uns de ces météores qui se détachaient autour de ce point. J'achevai de cette façon presque 190 trajectoires, dont chacune en représente une infinité d'autres, qui suivaient le même chemin. En partageant ces trajectoires en trois groupes, j'ai obtenu les trois positions suivantes :

		Radiant.
A 7 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> .....	$\alpha = 22^\circ$	$\delta = + 44^\circ$
A 8 20 .....	$\alpha = 26$	$\delta = + 43$
A 9 8 .....	$\alpha = 28$	$\delta = + 42$

« Ces points sont compris entre  $\varphi$  et  $\gamma$  d'Andromède, et le troisième point est tout près de cette dernière étoile.

« Mon savant collègue, M. Schiaparelli, a obtenu pour résultat :

A 6 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> .....	$\alpha = 15^{\circ}$	$\delta = + 45$
A 7 12 .....	$\alpha = 18^{\circ},5$	$\delta = + 44$
A 8 7 .....	$\alpha = 23$	$\delta = + 42$

« En résumé, l'abondance des météores observés cette fois est la même que l'on avait constatée en 1859 et en 1872; elle se présente avec un intervalle de treize ans, qui correspond à la double période de la comète Biéla-Gambart, avec laquelle cet essaim météorique a des relations immédiates. »

Au reste, cette dernière opinion a été générale, on peut le dire, parmi les astronomes. L'époque de l'apparition, la ressemblance de la physionomie du phénomène en 1872 et en 1885, et surtout l'identité des points radiants constatée par nombre d'observateurs compétents, parmi lesquels nous citerons encore : en France, les astronomes Perrotin, à Nice; Rayet et André, à Bordeaux et à Lyon, Stephan, à Marseille; en Angleterre, Denning, à Bristol; en Suède, H. Hildebrand Hildebrandson, à Upsal, tout démontre avec évidence la dépendance entre la comète et les essaims du 27 novembre.

Dans une note insérée aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, MM. H. Hildebrand Hildebrandson, directeur de l'observatoire météorologique d'Upsal, et Charlier, astronome à l'observatoire astronomique, ont donné les éléments elliptiques de l'orbite de l'essaim qu'ils supposent avoir effectué deux révolutions de 1872 à 1885. D'après le directeur de l'observatoire d'Athènes, M. J. Schmidt, le moment du maximum de fréquence de l'averse météorique

avait été, en 1872, le 27 novembre à 8 heures 20 minutes 6 (t. m. d'Upsala), et eux-mêmes ont trouvé pour l'essaim de 1885, le 27 novembre à 7 heures 29 minutes 8 s. D'où, pour la durée de la révolution, 2373 j. 96 ou presque exactement 6 ans et demi.

En combinant cette valeur avec les coordonnées du point de radiation et avec la position de la Terre dans son orbite, ces savants ont trouvé les éléments suivants de l'orbite de l'essaim, en regard desquels ils mettent ceux de la comète de Biéla, calculés par M. Hubbard en 1852 :

	Essaim.	Biéla.
$\alpha$ Moyenne distance au Soleil .....	3,482	»
$i$ Inclinaison de l'orbite.	43°50'	42°33'49"
$\Omega$ Longitude du nœud ascendant .....	245°,71	245°51'28"
$\pi$ Longitude du périhélie .....	108°,71	109° 8' 16"
$e$ Excentricité .....	0, 7494	0, 735865
$q$ Distance périhélie....	0, 8732	0, 860622
Époque du passage au périhélie .....	1885 déc.26,6 1852 sept. 22, 22 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .	

« On voit, ajoutent avec raison les auteurs de la note, que les éléments de l'essaim en question et ceux de la comète de Biéla sont presque identiques. »

Revenons maintenant à l'essaim et aux circonstances particulières de son passage en 1885.

La plupart des relations s'accordent sur l'abondance extrême des météores, sur la durée relativement faible, qui a été presque partout de 5 à 6 heures, et sur le moment du maximum. Contrairement à ce qui se passe dans les nuits ordinaires ou même dans les nuits caractérisées par plusieurs averses périodiques, c'est à une heure peu avancée de la soirée que les étoiles se sont montrées en plus grand nombre. Cela prouve que la loi de variation horaire souffre des

exceptions; et cela se comprend, si l'on veut bien se rappeler que l'explication de cette loi par Schiaparelli suppose que l'on a affaire à des météores venant rencontrer la Terre dans toutes les directions possibles. Pour un essaim tel que celui du 27 novembre dont les météores suivent une même direction commune, tout dépend évidemment de la relation qui existe entre les positions et les mouvements de la Terre, d'une part, et de la portion la plus dense de la nuée météorique, qui va pénétrer dans notre atmosphère. A deux reprises différentes séparées par l'intervalle d'une double révolution, c'est à peu de chose près à la même heure que cette pénétration a eu lieu. Mais cela veut-il dire que ce soient, non pas bien entendu les mêmes météores, puisque ceux que nous voyons sont à jamais perdus pour l'essaim, mais les mêmes parties du nuage que nous avons rencontrées? Il y a toute probabilité que non. Nous ignorons quelle est l'étendue, quelle est la forme de l'agglomération de corpuscules dont le passage nous est révélé par la chute et l'inflammation de ceux qui sont assez voisins pour heurter la Terre. Néanmoins les observations tendent à prouver qu'elle n'était ni très épaisse, ni très allongée, mais en revanche d'une densité assez grande. C'est l'opinion formulée par le directeur de l'observatoire de Marseille, M. Stephan, et elle nous paraît fondée.

La densité de l'essaim météorique est prouvée par les nombres considérables de météores qui tombaient au moment du maximum surtout. On a vu plus haut ce qu'en a dit M. Denza. Voici quelques autres témoignages à l'appui.

« C'est entre 6 heures et 7 heures, dit M. Stephan, que l'abondance des météores nous paraît avoir atteint son maximum : pendant cette période, il était impossible d'en évaluer le nombre autrement que

d'une manière approximative; *il en jaillissait des gerbes de 10 à 20 à la fois*. Nous partageant les régions du ciel, MM. Borelli, Coggia et moi, nous avons trouvé, à plusieurs reprises, des nombres *dépassant assurément 600 par minute.* »

A l'observatoire d'Upsala, MM. H. Hildebrand Hildebrandson et Charlier ont compté 40 844 météores, en 6 heures, de 5 heures 0 minute à 11 heures 0 minute du soir.

En voici la répartition par quarts d'heure, prouvant que le moment du maximum a eu lieu entre 7 heures un quart et 7 heures et demie (7 heures 29 minutes).

De 6 <sup>h</sup> 00 à 6 <sup>h</sup> 15.....	2 545	De 8 <sup>h</sup> 30 à 8 <sup>h</sup> 45....	2 295
— 6 15 6 30.....	2 287	— 8 45 9 00....	4 999
— 6 30 6 45.....	2 906	— 9 00 9 15....	4 336
— 6 45 7 00.....	3 382	— 9 15 9 30....	4 344
— 7 00 7 15. ...	4 213	— 9 30 9 45....	799
— 7 15 7 30.....	4 422	— 9 45 10 00....	585
— 7 30 7 45.....	3 330	— 10 00 10 15....	502
— 7 45 8 00.....	3 383	— 10 15 10 30....	375
— 8 00 8 15.....	2 497	— 10 30 10 45....	307
— 8 15 8 30.....	2 072	— 10 45 11 00....	268

« M. Lephy, lieutenant de vaisseau à bord de *la Vénus*, écrivait du Pirée (Grèce), le 28 novembre :

« A 6 heures, la quantité d'étoiles filantes visibles était déjà très considérable, bien que le ciel fût à moitié couvert. Vers 7 heures, les derniers nuages s'étant dissipés, le phénomène apparut dans toute sa splendeur, et nous eûmes alors jusqu'au lever de la Lune, vers 11 heures, le magnifique spectacle d'un véritable bombardement de notre globe par une quantité innombrable d'astéroïdes, dont plusieurs étaient de véritables bolides.

« Je ne crains pas d'exagérer en disant que, pendant les cinq heures comprises entre 6 heures et

11 heures du soir, plus d'un *million* d'astéroïdes ont laissé leur trace lumineuse sur la partie du ciel visible au-dessus de notre horizon. En effet, plusieurs observateurs étant réunis, nous avons constaté que, dans l'espace d'une *seconde*, on comptait en moyenne au *minimum* quarante à cinquante étoiles filantes au-dessus de l'horizon, soit 180 000 environ par heure. Et, d'après le témoignage de plusieurs officiers qui l'ont étudié avec moi, ce remarquable phénomène s'est continué avec la même intensité pendant cinq heures. A certains instants, il jaillissait littéralement, sur un espace de quelques degrés du ciel, des fusées ou gerbes de six, sept ou même dix étoiles filantes. »

M. M. Odet, qui observait à Adelia (Algérie), donne une appréciation pareille à celle que nous venons de citer, car il dit : « Je ne crois pas m'écarter de la vérité en portant leur nombre, en moyenne, à *40 ou 50 par seconde*. Il a dû atteindre parfois le *chiffre de 100 et plus*. »

Ainsi la grande densité du nuage météorique n'est pas douteuse et sa faible épaisseur relative résulte de ce fait d'observation que l'averse a eu une durée assez limitée. C'est à peu près partout à la même heure (entre 6 et 8 heures du soir) que le maximum s'est manifesté; à 11 heures ou minuit au plus, l'averse était sinon complètement passée, du moins tout à fait sur son déclin. En ramenant au même méridien les heures d'observation, on voit que, pour la Terre entière, la durée du phénomène a été de huit heures au plus. Pendant ce temps, à raison de 30 kilomètres par seconde, la Terre s'est déplacée de 864 000 kilomètres. Telle serait à peu près l'épaisseur du nuage météorique dans la partie qui s'est trouvée en collision avec notre atmosphère; le noyau

le plus dense a été traversé en deux ou trois heures, et aurait eu ainsi un diamètre compris entre 200 000 et 300 000 kilomètres. Toutefois, on a remarqué que, tandis qu'en 1872 la pluie météorique du 27 novembre avait été limitée à une seule nuit, celle de 1885 a été annoncée par une certaine recrudescence de météores dans la nuit du 26, et suivie le 28 de quelques étoiles filantes en retard. C'était, peut-on dire, l'avant-garde et les traînards de ces bataillons lumineux. Voici, en effet, les chiffres qu'a notés à Rio-de-Janeiro le directeur de l'observatoire astronomique, M. Cruls :

	De 7 h. à 8 h.	De 8 h. à 9 h.	De 9 h. à 10 h.	De 10 h. à 11 h.	Total.
Le 26 novembre.	112	188	160	68	528
Le 27	—	503	360	76	1145
Le 28	—	50	50	»	119
Le 29	—	4	—	»	4

A Bristol, M. Denning aperçut le 26 novembre, entre 8 heures 20 minutes et 8 heures 45 minutes, 62 météores, dont la majeure partie avaient pour radiant celui de l'essaim du 27. Il fit une observation semblable le 28 et le 30; mais, comme il le remarque lui-même, l'averse en ces derniers jours « était dépouillée de son imposante physionomie ».

Dans beaucoup d'autres stations, on ne vit rien le lendemain de la grande pluie; à Greenwich, pendant deux heures d'observation, on n'aperçut que 4 météores dépendant de l'essaim.

Au nombre des particularités qui ont caractérisé les météores de la grande pluie du 27, il importe de signaler celle qui a trait à leur vitesse apparente. La plupart des observateurs font cette remarque qu'elle était, pour tous, très faible. « En général, dit M. Stephan, les étoiles étaient petites et avaient une faible vitesse, comme en 1872. » M. Denza, on l'a vu, dit que la marche des météores était lente. Même remarque

de M. Rayer, des observateurs de Greenwich, du capitaine Tupman. Les trajectoires étaient très courtes, surtout, dit ce dernier observateur, dans le voisinage du point radiant. Quelques météores ne faisaient pour ainsi dire qu'apparaître et disparaître.

Tout cela s'accorde parfaitement avec ce qu'on sait de l'origine et du mouvement de l'essaim. Comme celui de la comète de Biéla, ce mouvement est direct; il a lieu dans le même sens que les mouvements de translation et de rotation de la Terre. Bien que la vitesse réelle des météores dans leur orbite dépasse d'environ un tiers la vitesse de translation de notre planète, la pénétration dans l'atmosphère n'a dû s'effectuer qu'avec une vitesse égale à la différence des vitesses de la Terre et de l'essaim. De là, la lenteur du mouvement observé. Quant à la faible étendue des trajectoires, c'est un effet de perspective, comme le prouve la remarque faite plus haut qu'elle était surtout petite pour les météores les plus voisins du point radiant. Mais peut-être faut-il en attribuer en partie la cause à ce fait constaté également par la majorité des témoins, à savoir que l'averse était composée surtout d'un grand nombre de météores très faibles. On comprend alors que leur trajet dans notre atmosphère ait été relativement court, en raison d'une combustion plus rapide.

Du faible éclat du plus grand nombre des météores, on serait porté à conclure que l'essaim du 27 novembre avait une certaine homogénéité de composition; mais, peut-être, cela n'est-il vrai que pour une partie de l'agglomération. Tandis que certains observateurs n'ont vu aucun météore qui surpassât ou même atteignît la 1<sup>re</sup> grandeur, d'autres en ont aperçu quelques-uns qui avaient l'éclat de Jupiter et de Vénus. A Moncalieri, M. Denza signale beaucoup d'étoiles surpassant la première grandeur et même quelques

holides. M. Grant, à Glasgow, fait une observation toute semblable. Ces différences tiennent-elles aux conditions inégales de transparence du ciel dans les diverses stations, ou bien à ce que, dans une averse aussi abondante, les particularités échappent aisément, ou enfin à ce que les observateurs n'ont pu voir les mêmes météores, soit en raison de la distance des stations, soit à cause de la différence des heures où le phénomène a été observé?

## CHAPITRE VI

### ÉTUDE PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES ÉTOILES FILANTES

---

#### I

#### **Étoiles filantes et bolides. Question de l'identité des deux espèces de météores.**

En posant en tête de ce paragraphe la question qu'on vient de lire, après tout ce qui a été déjà dit des météores connus sous ces deux dénominations d'*étoiles filantes* et de *bolides*, nous ne croyons pas trop nous avancer en affirmant que la science n'en peut donner encore aucune solution complète. C'est que, si ces deux genres de météores entrent bien en contact avec notre globe, puisque leur inflammation et leur combustion s'effectuent au sein de son enveloppe aérienne, il n'en est pas de même de la troisième catégorie de météores cosmiques, que nous allons bientôt décrire : les aérolithes ou météorites, après avoir annoncé leur arrivée par des phénomènes lumineux comme les étoiles filantes, ou par une explosion et une détonation comme certains bolides, viennent frapper le sol lui-même, où fréquemment on a pu ramasser des fragments de leur propre substance.

On a pu toucher ces corps venus des profondeurs de l'espace, étudier leur structure, analyser leur composition chimique, satisfaire ainsi cette curiosité qui n'est jamais si vive que quand elle a pour objet ce que nous croyions hors de notre portée. Humboldt, dans le premier volume de son *Cosmos*, exprime cette satisfaction d'une façon si saisissante que nous ne pouvons résister au désir de reproduire ce paragraphe de son ouvrage :

« Isolés, dit-il, sur notre planète, de toutes les parties de la création que ne comprennent pas les limites de notre atmosphère, nous ne sommes en communication avec les corps célestes que par l'intermédiaire des rayons si intimement unis de la lumière et de la chaleur, et par cette mystérieuse attraction que les masses éloignées exercent, en raison de leur masse, sur notre globe, sur nos mers et même sur les couches d'air qui nous environnent. Mais si les aérolithes et les étoiles filantes sont réellement des astéroïdes planétaires, le mode de communication change de nature, il devient plus direct, il se matérialise en quelque sorte. En effet, il ne s'agit plus ici de ces corps éloignés dont l'action sur la Terre se borne à y faire naître les vibrations lumineuses et calorifiques, ou bien encore à produire des mouvements suivant les lois d'une gravitation réciproque; il s'agit de corps matériels qui, abandonnant les espaces célestes, traversent notre atmosphère, et viennent heurter la Terre, dont elles font partie désormais. Tel est le seul événement cosmique qui puisse mettre notre planète en contact avec les autres parties de l'univers. Accoutumés que nous sommes à ne connaître les corps placés hors de notre globe que par la voie des mesures, du calcul et du raisonnement, nous nous étonnons de pouvoir maintenant les toucher, les peser, les analyser. C'est ainsi que la science met

en jeu dans notre âme les secrets ressorts de l'imagination et les forces vives de l'esprit, alors que le vulgaire ne voit dans ces phénomènes que des étincelles qui s'allument et s'éteignent, et dans ces pierres noirâtres, tombées avec fracas du sein des nues, que le produit grossier d'une convulsion de la nature. »

Il y a bientôt cinquante ans qu'Humboldt écrivait ces lignes. Alors il n'était pas complètement démontré que les étoiles filantes et les aérolithes eussent une origine cosmique, ou, du moins, cette origine était encore une hypothèse que n'admettaient pas tous les savants. Mais alors, comme aujourd'hui, si l'on avait pu *toucher* des aérolithes, les étoiles filantes et les bolides étaient restés inaccessibles, et ce n'est que par analogie qu'on était porté à les identifier physiquement <sup>1</sup>. A l'époque actuelle, la tendance est plutôt à la distinction qu'à l'identification. Le comité britannique

1. Dans le même tome 1<sup>er</sup> du *Cosmos*. Humboldt, qui vient de dire que tout porte à croire que les étoiles filantes, les bolides et les pierres météoriques sont des corps circulant les uns et les autres autour du Soleil, et soumis aux lois générales de la gravitation, ajoute : « Une analyse minutieuse des observations qu'on a pu recueillir à certaines époques où les étoiles filantes apparaissent périodiquement (à Cumana en 1799, et dans l'Amérique du Nord en 1833 et en 1834), n'a pas permis de considérer les bolides et les étoiles filantes comme deux ordres de phénomènes distincts; non seulement les étoiles filantes sont souvent entremêlées de bolides, mais encore leurs disques apparents, leurs traînées lumineuses et leurs vitesses réelles n'offrent que des différences de grandeur, et non des différences essentielles. Tandis qu'on voit d'énormes bolides, accompagnés de fumée et de détonations, éclairer le ciel d'une lumière assez vive pour être sensible, même en plein jour, sous l'ardent soleil des tropiques, on voit aussi des étoiles filantes si petites, qu'elles apparaissent comme autant de points traçant sur la voûte céleste d'innombrables lignes phosphorescentes; mais ces corps brillants qui sillonnent le firmament d'étincelles stellaires, sont-ils tous d'une seule et même nature? C'est une question qu'il faut laisser actuellement sans réponse. »

des météores lumineux donnait en 1878, dans ses Instructions pratiques pour l'observation des météores lumineux, une classification des phénomènes en cinq genres. Dans la 1<sup>re</sup> et la 2<sup>e</sup> classe, il rangeait les étoiles filantes proprement dites, selon qu'elles sont visibles à la vue simple ou qu'elles sont trop faibles pour être observées sans télescopes. La 3<sup>e</sup> classe comprend les bolides ou globes de feu, ainsi définis : « météores très lumineux, comparables en éclat aux planètes Jupiter et Vénus, et aux différentes phases de la Lune, et quelquefois même rivalisant avec le Soleil, en laissant voir en plein jour une lumière éclatante ». Le nom de *bolides* se donne ordinairement aux plus petits des météores de cette classe; celui de *globes de feu* (*fire-balls*) aux plus gros. Dans la 4<sup>e</sup> classe viennent se ranger les *météores détonants* ou *aérolithiques*; ce sont les globes de feu dont l'explosion est accompagnée d'un bruit pareil à une canonnade lointaine, au grondement du tonnerre ou encore à une secousse de tremblement de terre. Enfin les *météorites*, pierres ou fers tombés du ciel, forment la 5<sup>e</sup> et dernière classe, dont il sera question dans la seconde partie de l'ouvrage.

Cette classification n'est autre chose, comme on voit, que l'expression pure et simple des faits d'observation et, à ce titre, elle est la seule à adopter pour qui se propose en effet d'observer. Mais, en vue de la question qui nous occupe, elle ne résout rien. Elle laisse supposer qu'il y a en réalité deux sortes bien tranchées de météores : les étoiles filantes et les météorites, c'est-à-dire les météores qui ne font que pénétrer dans l'atmosphère, s'y enflamment et s'y consomment sans arriver jusqu'au sol, et les météores qui effectuent un trajet complet entre les hautes régions de l'air et le sol même. Les bolides appartiennent tantôt au premier groupe, et alors, comme le

disait Humboldt dans la note précédente, ils ne diffèrent des étoiles filantes que par leur éclat, leur grosseur; tantôt ils font partie du second groupe, lorsqu'ils détonent et se brisent en fragments, que la pesanteur doit attirer jusqu'au sol, mais qu'on ne parvient pas à retrouver. Si l'on a vu fréquemment des bolides mêlés aux étoiles filantes des averses périodiques, cependant il ne semble pas que jamais ils aient pris les caractères des chutes de météorites, et, jusqu'à preuve du contraire, on peut admettre une différence spécifique entre les deux genres de météores.

Si les essaims météoriques sont des masses nébuleuses détachées des comètes, des fragments de comètes désagrégées, on ne peut s'étonner de voir des différences, soit entre les étoiles filantes composantes d'un même essaim, soit entre celles qui constituent des essaims différents. Une comète n'est pas un tout homogène; il en est bien qui semblent formées d'une nébulosité sans condensation; mais le plus grand nombre est formé d'un noyau qu'entourent des enveloppes plus ou moins denses et plus ou moins lumineuses qui semblent, par leur expansion, former les appendices ordinairement très rares auxquels on réserve le nom de *queues*.

Lorsqu'une comète, probablement sous l'influence des perturbations qu'elle vient à subir en passant dans le voisinage d'une masse planétaire, se dédouble, puis se désagrège peu à peu et se réduit finalement à un certain nombre d'agglomérations corpusculaires, ces fragments peuvent différer beaucoup physiquement les uns des autres. Il est possible que les uns soient composés de particules appartenant seulement à la queue, tandis que d'autres ont été constitués par les parties plus denses des enveloppes vaporeuses, que d'autres encore soient des parties du noyau pri-

mitif. Nous ignorons comment se fait le partage des éléments de la comète ainsi réduite en morceaux ou, plutôt, nous n'arrivons à en savoir quelque chose que si, dans leur mouvement de translation ou de circulation autour du Soleil, ces morceaux viennent à rencontrer la Terre en un point quelconque de son

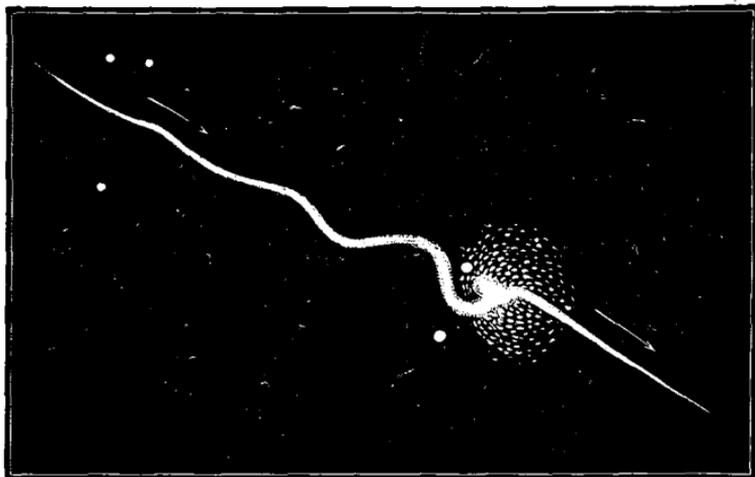


Fig. 23. — Explosion d'un bolide.  
Observation de J. Silbermann, du 11 novembre 1869.

orbite. En étudiant ce que sont les météores d'une averse d'étoiles filantes, nous faisons en réalité l'étude de la constitution physique des comètes ou tout au moins d'une de leurs parties.

Déjà, nous pouvons dire que les nébulosités cométaires, ainsi que les essaims météoriques, ne sont pas à proprement parler des masses gazeuses ou vaporeuses, mais des agrégations de corpuscules relativement éloignés les uns des autres. Ces corpuscules sont-ils eux-mêmes des substances à l'état gazeux, ou petits corps solides ou liquides, il est difficile de le

savoir. Tout ce qu'on sait, c'est qu'ils ne sont pas lumineux par eux-mêmes, et c'est seulement par leur pénétration dans notre atmosphère qu'ils le deviennent, d'ailleurs pour un temps très court, celui de leur combustion complète.

## II

### **Incandescence des étoiles filantes et des bolides. — Ses causes.**

Comment se fait cette combustion et quelle est la cause de l'incandescence spontanée des étoiles filantes et des bolides? Diverses explications du phénomène ont été proposées. Passons-les successivement en revue.

On a d'abord attribué l'inflammation des météores au frottement de la matière dont ils sont formés contre l'air qu'ils traversent. Ce frottement déterminerait une élévation de température suffisante pour amener la combinaison chimique de l'oxygène atmosphérique avec la matière des météores et le dégagement de lumière qui accompagne cette combinaison. La vitesse énorme avec laquelle les météores pénètrent dans les hautes couches de l'atmosphère paraissait justifier amplement cette hypothèse, et c'est elle qu'Helmholtz admettait pour rendre compte de l'incandescence des aérolithes et de la haute température qu'ils possèdent encore au moment de leur chute <sup>1</sup>.

1. Pour les météores dont le mouvement est contraire à celui de la Terre, les vitesses s'ajoutent et la vitesse de pénétration devient énorme, pouvant atteindre et dépasser le double de celle de notre planète, c'est-à-dire 60 kilomètres par seconde. Quand le mouvement est dans le même sens, c'est seulement la différence des vitesses qu'il faut prendre. Même alors, on obtient un nombre élevé. Ainsi les météores du

« Une vitesse d'environ 1 000 mètres par seconde, dit-il, suffisait pour porter à une température de 1 000 degrés le fer météorique et le rendre lumineux, s'il absorbait seul toute la chaleur due au frottement. » (*Exposé élémentaire de la transformation des forces naturelles.*) Mais les météorites dont parle ici le savant professeur d'Heidelberg traversent l'atmosphère dans toute son épaisseur et surtout les couches basses, qui, étant les plus denses, offrent une plus grande résistance au mouvement et donnent lieu à un plus fort dégagement de chaleur. Les étoiles filantes s'enflamment à une hauteur considérable, on l'a vu, là où, selon toute probabilité, l'air atmosphérique est d'une rareté extrême; et cette grande hauteur parut, dès l'origine, une objection sérieuse contre l'explication de l'incandescence des météores par le frottement.

Le célèbre Poisson proposa une autre explication, en faisant intervenir l'électricité. Dans ses *Recherches sur la probabilité des jugements*, il s'exprime en ces termes à ce sujet :

« A une distance de la Terre où la densité de l'atmosphère est tout à fait insensible, il serait difficile d'attribuer, comme on le fait, l'incandescence des aérolithes à un frottement contre les molécules de l'air. Ne pourrait-on pas supposer que le fluide électrique, à l'état neutre, forme une sorte d'atmosphère qui s'étend beaucoup au delà de la masse d'air, qui est soumise à l'attraction de la Terre, quoique physiquement impondérable, et qui suit, en conséquence, notre globe dans ses mouvements? Dans cette hypothèse, les corps dont il s'agit, en entrant dans cette atmosphère impondérable, décomposeraient le fluide neutre par leur action inégale sur les deux électri-

27 novembre (comète de Biéla) entrent dans l'atmosphère avec une vitesse d'au moins 10 kilomètres par seconde, vingt fois celle d'un obus.

cités, et ce serait en s'électrisant qu'ils s'échaufferaient et deviendraient incandescents. »

Un savant anglais du commencement de ce siècle,

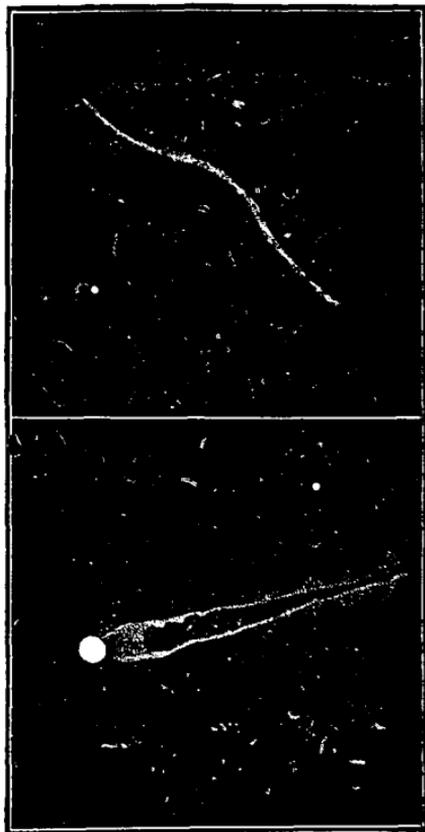


Fig. 21. — Bolide du 14 novembre 1868.

Noyau blanc plus brillant que Vénus; double trainée bleuâtre, d'après Gilman.

Singer, attribue même aux étoiles filantes une origine électrique, et il compare leur lumière à celle des traits de feu qu'on observe entre deux conducteurs. Pour lui, les étoiles filantes et les bolides seraient dès lors

de simples météores atmosphériques; il n'y a donc pas lieu de s'arrêter à son explication; toutefois, si l'on admettait que le frottement est la cause déterminante de l'élévation de température, il semble que l'électricité développée par la même action mécanique devrait aussi jouer un rôle dans le phénomène.

Mais les expériences de Regnault sur les gaz <sup>1</sup> ont prouvé que, « lorsqu'un gaz coule, même avec une très grande vitesse, suivant des parois très étendues, il n'y a pas de dégagement sensible de chaleur que l'on puisse attribuer au frottement des molécules gazeuses sur ces parois ». En formulant cette conclusion, l'illustre physicien ne se dissimulait pas qu'elle était en contradiction avec les idées alors généralement admises, « et l'on peut, ajoute-t-il, citer beaucoup de faits qui semblent la contredire ». Et il cite notamment le fait d'un projectile qui, en traversant l'air avec une grande vitesse, s'échauffe beaucoup. On attribue d'ordinaire cet accroissement de température à la chaleur qui serait dégagée par le frottement du projectile contre les molécules de l'air qu'il traverse. Les bolides ne sont autre chose que des projectiles traversant l'air avec une extrême vitesse; ils s'échauffent, pendant leur trajet, jusqu'à l'incandescence, jusqu'à la fusion, soit complète, soit superficielle. C'est encore à la chaleur dégagée par la friction contre les molécules gazeuses qu'on attribue cet effet. « Je crois, dit Regnault, que, dans les deux cas, le dégagement de chaleur provient d'une autre cause, et qu'il est dû uniquement à la chaleur dégagée par la compression de l'air. » Voici en quels termes l'éminent physicien rend compte de la façon dont les choses se passent :

« Lorsqu'un mobile traverse l'air avec une vitesse

1. Voir les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* pour 1869, t. II.

plus grande que celle du son, l'élasticité de l'air est annulée dans ses effets, et la compression produite par le mobile n'a pas le temps de gagner les couches contiguës avant que celles-ci soient comprimées à leur tour par le mobile. Par suite de cette inertie, l'air se trouve comprimé comme il le serait dans un briquet à air. La chaleur provenant de cette compression passera, en grande partie, dans le mobile, dont elle élè-



Fig. 25. — Trainée d'un bolide observé le 14 novembre 1868.  
Nuage ovale au point de disparition du météore.

vera la température. Le mobile ne sera d'ailleurs pas influencé par la détente de l'air, qui produit du froid, car cette détente ne se fera que quand il aura passé. Ainsi, suivant moi, le mobile, marchant avec la même vitesse, recueillera toujours la chaleur qu'il dégage en comprimant l'air, et il ne subira pas le refroidissement produit par la détente subséquente des couches d'air qu'il vient de traverser.

« Il est évident d'ailleurs que la compression de l'air sera d'autant plus énergique que le mobile sera doué d'une plus grande vitesse; la température du mobile s'élèvera donc successivement jusqu'à ce qu'elle soit égale à celle que prend une couche d'air

qui subit instantanément la même compression dans un briquet à air. On s'explique ainsi très bien la très haute température que prend un bolide qui traverse notre atmosphère avec une vitesse beaucoup plus considérable que la vitesse de propagation du son. »

En appliquant cette théorie aux météorites, nous verrons plus loin que la compression de l'air ne rend pas compte seulement de l'incandescence des météores : la rupture des fragments des pierres tombant du ciel et diverses particularités de leur structure sont des conséquences du même phénomène, comme l'a démontré expérimentalement M. Daubrée.

### III

#### Lumière et couleur des météores.

##### Analyse spectrale.

La théorie de Regnault est aujourd'hui généralement admise. Elle rend compte du phénomène lumineux qui constitue l'apparition de l'étoile filante ou du bolide; elle ne nous renseigne ni sur l'état physique ni sur la composition chimique du météore lui-même, qui, avant sa pénétration dans l'atmosphère, pouvait être soit une masse solide, soit un corps liquide, soit même une substance gazeuse. On a vu que les météores s'éteignent généralement à une hauteur qui reste considérable, même en la comparant à celle du point d'apparition. En ce moment, la combustion doit être complète et le corps est dissous, réduit en vapeur ou volatilisé. Les résidus de la combustion, s'il était possible de les recueillir, auraient pu nous renseigner sur la nature de la substance consommée. Mais, à moins de considérer certaines poussières atmosphériques comme étant le produit des météores

réduits, ce qui est peut-être vrai, mais ce qui est difficile à démontrer, on n'a jamais eu entre les mains d'échantillon authentique de la matière des bolides ou des étoiles filantes. Pour arriver à avoir quelques données sur cette matière, il a donc fallu procéder indirectement, par exemple étudier la lumière des météores, ou encore celle des traînées persistantes que quelques-uns laissent après leur disparition.



Fig. 26. — Météore du 14 novembre 1868.  
Double traînée vaporeuse blanc verdâtre, d'après Gilman.

Les couleurs de la lumière peuvent fournir quelques indices. Or, ces couleurs sont très variées, bien que les étoiles à lumière blanche prédominent, ainsi qu'il résulte des tableaux d'ensemble publiés par divers observateurs. M. Coulvier-Gravier, dans ses *Recherches sur les météores*, constate que la couleur blanche de la lumière est surtout celle des étoiles filantes les plus brillantes et des bolides; la rouge se rencontre plus fréquemment dans les petites, et la couleur bleue est plus rare. Les changements de couleur s'observent dans les météores qui du point de départ s'abaissent vers l'horizon. D'après Heis, sur 4 000 météores, observés dans un intervalle de neuf années, dont la couleur

a été notée, les 2/3 étaient blancs, 1/7 jaunes, 1/17 jaune rouge, et 1/37 seulement avaient présenté une teinte verte. Dans les catalogues de bolides recueillis par le « Comité des météores lumineux <sup>1</sup> », nous relevons 195 météores dont la couleur est indiquée. En voici la répartition :

Blancs .....	106
Jaunes.....	49
Orangés .....	7
Rouges .....	15
Bleus, blanc bleuâtre.....	36
Verts, bleu verdâtre.....	6
A couleurs changeantes.....	6

Ici, après la couleur blanche dont la proportion dépasse la moitié, c'est le bleu et le vert qui prédominent; viennent ensuite le jaune et le rouge. Ces différences de couleur tiennent-elles uniquement à la variété de composition chimique des météores, ou la plus ou moins haute température n'intervient-elle pas aussi dans le phénomène? Au reste, ces deux causes sont généralement liées.

Dans les récits d'observations des averses périodiques, on a vu que des couleurs différentes se trouvent souvent dans les étoiles d'un même essaim; mais il arrive aussi qu'un essaim est caractérisé par une couleur prédominante. C'est ainsi que l'essaim du 27 novembre, aussi bien en 1872 qu'en 1885, a paru principalement formé d'étoiles blanches. Les météores du 9 au 11 août, pendant plusieurs années consécutives, étaient blancs en grande majorité. Les

1. Dans le courant des années 1867 à 1881. Parmi les savants qui se sont occupés avec le plus de zèle des questions relatives aux étoiles filantes, aux bolides et aux météorites, citons les noms de MM. James Glaisher, de Robert Greg, de W. Flight et d'Alexandre S. Herschel, fils et petit-fils des deux célèbres astronomes du même nom.

nombre suivants, relevés pendant les quatre années 1841 à 1844, témoignent de cette prédominance :

	1841	1842	1843	1844
Nombre total.....	283	295	373	482
Étoiles blanches.....	203	264	282	352
— jaunes.....	34	5	26	86
— orangé rouge.....	30	21	46	17
— bleues ou verdâtres.	16	5	19	27

En 1868, d'après M. Griffith, sur 32 météores, 27 étaient blancs, 3 bleus et 2 rouges. A la même date, d'après M. Love, ils étaient tous bleus. En 1869, le même essaim, observé à Velletri, fut composé d'étoiles rouges, violacées ou verdâtres. Enfin, dans la brillante apparition d'août 1874, on les dépeint comme uniformément jaunes ou jaune orangé.

La couleur des météores des averses périodiques du 12 au 14 novembre était blanche en 1833, d'après les observations américaines. En 1866, Piazzi Smyth décrit les météores de cet essaim comme ayant une couleur d'un jaune brillant et laissant après eux des traînées bleuâtres. Pour M. Grant, la couleur blanche prédominait, et les traînées étaient d'un vert d'émeraude. M. Silberman, à Paris, signale la couleur d'un blanc jaunâtre des étoiles filantes de cette averse. D'après Warren de la Rue, les météores étaient bleus ou verdâtres en majorité; quelques-uns seulement étaient de couleur orangée. En 1867, d'après M. Wolf observant à Paris, les météores affectaient diverses teintes, le blanc, le jaune, le bleu, le vert. La diversité d'appréciation des couleurs, qu'on remarque ainsi chez les observateurs d'une même chute, vient-elle de ce que, en des stations éloignées les unes des autres, ce ne sont pas les mêmes météores qui ont été vus, ce qui, en tous cas, tendrait à prouver que les composantes d'un même essaim ne sont pas homogènes? Ou bien serait-elle due, soit à des conditions

différentes de l'atmosphère, c'est-à-dire des couches d'air interposées entre les objets observés et les yeux des observateurs, soit à une façon différente chez ces derniers de voir les couleurs? On sait aujourd'hui que le daltonisme est une affection de la vue bien plus répandue qu'on ne croyait.

Quoi qu'il en soit, la simple mention des couleurs des étoiles filantes et de leur diversité, si elle permet de soupçonner une variété correspondante dans la nature chimique de leur substance, ne nous fournit aucune donnée positive sur cette substance même. L'analyse spectrale, bien qu'elle soit d'une application difficile pour des lumières si fugitives et qui apparaissent en des points du ciel qu'on ne peut connaître à l'avance, pouvait seule suppléer à cette lacune. Voici quelques-uns des résultats obtenus dans cette voie.

En étudiant au spectroscope la lumière des étoiles filantes des 9 et 10 août 1866, M. A.-S. Herschel a trouvé que les traînées et quelques noyaux de météores étaient constitués par une matière gazeuse incandescente renfermant notamment de la vapeur de sodium. Comme la présence du sodium dans l'atmosphère, à une telle hauteur, n'est pas probable, le savant anglais en conclut que ce corps simple appartenait bien aux étoiles analysées. D'autres spectres ont indiqué, pour la composition des météores, des particules solides incandescentes. En novembre 1868, dans la nuit du 13 au 14, le Père Secchi, observant l'averse des Léonides, put faire l'analyse spectroscopique de deux ou trois météores et de leurs traînées qui laissèrent des traces persistantes pendant quelques minutes. « Une de ces traînées, dit-il, allumée près de Régulus, a duré quinze minutes; au commencement elle était si brillante, que j'en ai pu examiner le spectre à mon aise : le spectre était *discontinu* (indiquant par conséquent un gaz lumineux); les

bandes et les raies lumineuses principales étaient rouges, jaunes, vertes et bleues; les raies étaient très

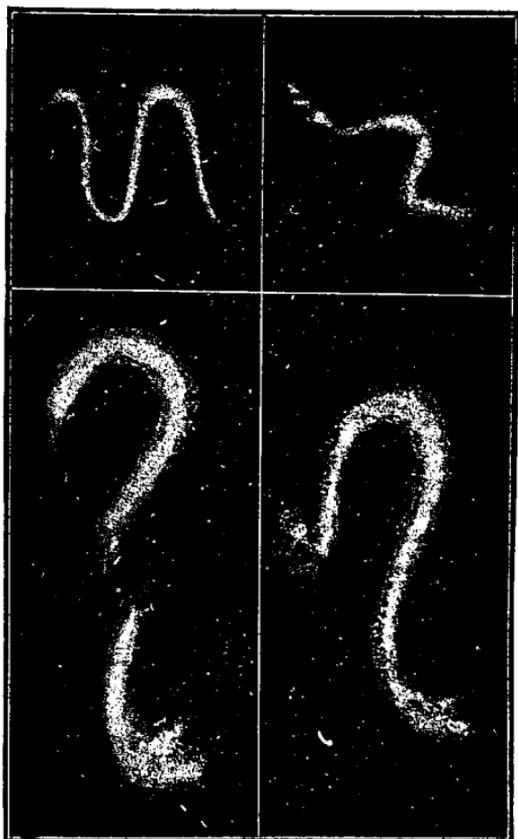


Fig. 27. — Métamorphoses d'une traînée météorique, effectuées dans un intervalle de 14 minutes.

vives. Dans les autres traînées, je n'ai pu voir que des traces de bandes peu accusées.

« J'ai été assez heureux pour voir deux belles étoiles filantes dans le spectroscope; la raie du magnésium était superbe; il y avait aussi du rouge. Du

reste, les météores, bien souvent, étaient eux-mêmes irisés. L'un d'eux a présenté, dans le Corbeau, toutes les couleurs de l'iris successivement ; il était superbe : sa traînée est restée suspendue dans l'air comme une immense goutte, rouge en bas et irisée dans tout le reste de son étendue. »

En juillet et en août 1872, un astronome hongrois, M. de Konkoly, examina au spectroscopie les traînées de trois météores : toutes décelaient la présence du sodium ; l'un des spectres renfermait en outre une ligne du magnésium. Le 13 octobre 1873, le même observateur put analyser de la même manière la traînée d'un bolide, dont le spectre, outre les lignes brillantes du sodium et du magnésium, contenait deux lignes rouges et deux lignes vertes. Les quatre dernières lignes coïncidaient absolument avec celles du spectre du gaz d'éclairage contenu dans un tube de Geissler (carbure d'hydrogène). En août 1874, M. Arcimis, à Cadix, put observer les spectres de 50 étoiles du groupe des Perséides : 27 avaient un spectre continu où le violet faisait généralement défaut ; la raie du sodium se voyait dans presque tous.

Lors de la brillante apparition des météores de Biéla, le 27 novembre 1885, M. Thollon, à l'observatoire de Nice, put observer les spectres d'un grand nombre d'étoiles filantes. « Tous, dit le directeur de l'observatoire, M. Perrotin, offraient le même caractère. On voyait, dans le jaune, le vert et l'orangé, des bandes brillantes qui semblaient être des faisceaux de raies lumineuses. Si une étoile brillante avait passé dans le champ de l'instrument, il est probable que ces faisceaux se seraient résolus en raies. Malheureusement, M. Thollon n'en a pu observer aucune. Néanmoins, en regardant le ciel à travers le prisme seul séparé de la lunette, il a pu voir une étoile assez brillante lui donner un très beau spectre, dans lequel

une bande jaune très intense indiquait sans doute la présence du sodium. »

Ces résultats, quelque incomplets qu'ils soient, offrent déjà un grand intérêt, en ce qu'ils prouvent que les étoiles filantes et les bolides ont pour éléments constituants des corps simples connus : le sodium et le magnésium se trouvent dans le Soleil et dans un grand nombre d'autres étoiles; dans le spectre des comètes, on a trouvé des composés du carbone, notamment un carbone d'hydrogène, et c'est un semblable composé que M. de Konkoly a reconnu dans le bolide du 13 octobre 1873; comme les étoiles filantes ci-dessus analysées, les deux premières comètes de 1882 présentaient dans leur spectre la raie caractéristique du sodium. Dans les profondeurs de l'univers sidéral, comme dans les régions de l'espace où circulent les corps du monde solaire, ce sont partout les mêmes corps simples qu'on rencontre, partout où la matière s'est agglomérée. Les corpuscules des essaims météoriques sont un nouveau témoignage de cette unité de composition, dont nous verrons bientôt les météorites fournir un éclatant exemple.

# PAGE BLANCHE



## DEUXIÈME PARTIE

### LES PIERRES QUI TOMBENT DU CIEL

---

#### CHAPITRE I

##### HISTOIRE DES ANCIENNES CHUTES

---

###### I

###### **Chutes de pierres de Laigle, de Lucé, de Barbotan. Rapport de Biot.**

Comme les étoiles filantes et les bolides, les météores dont nous allons parler maintenant ont été longtemps considérés par les savants comme des phénomènes atmosphériques, ou, en tous cas, ayant une origine terrestre. De toute antiquité, on avait vu des pierres tomber du ciel : mais ces chutes semblaient une chose si extraordinaire, que l'on avait peine à croire à leur réalité, à moins d'avoir été témoin du fait lui-même. Les ignorants, qui se trouvaient dans ce cas, y voyaient un miracle; les gens éclairés faisaient maintes hypothèses avant de se résoudre à croire que ces masses solides provenaient des espaces célestes. Avant de passer en revue les anciennes chutes de pierres, racontons en détail celle qui a fait enfin ouvrir les yeux aux incrédules.

« Le mardi 6 floréal an XI (26 avril 1803), vers une heure de l'après-midi, le temps étant serein, on aperçut de Caen, de Pont-Audemer et des environs d'Alençon, de Falaise et de Verneuil, un globe enflammé, d'un éclat très brillant, et qui se mouvait dans l'atmosphère avec beaucoup de rapidité.

« Quelques instants après, on entendit à Laigle et autour de cette ville, dans un arrondissement de plus de trente lieues de rayon, une explosion violente qui dura cinq ou six minutes.

« Ce furent d'abord trois ou quatre coups semblables à des coups de canon, suivis d'une espèce de décharge qui ressemblait à une fusillade, après quoi on entendit comme un épouvantable roulement de tambours. L'air était tranquille et le ciel serein, à l'exception de quelques nuages comme on en voit fréquemment.

« Ce bruit partait d'un petit nuage qui avait la forme d'un rectangle, et dont le plus grand côté était dirigé est-ouest. Il parut immobile pendant tout le temps que dura le phénomène; seulement les vapeurs qui le composaient s'écartaient momentanément de différents côtés par l'effet des explosions successives. Ce nuage se trouva à peu près à une demi-lieue au nord-nord-ouest de la ville de Laigle; il était très élevé dans l'atmosphère, car les habitants de la Vassolerie et de Boislaville, hameaux situés à plus d'une lieue de distance l'un de l'autre, l'observèrent en même temps au-dessus de leurs têtes. Dans tout le canton sur lequel ce nuage planait, on entendit des sifflements semblables à ceux d'une pierre lancée par une fronde, et l'on vit en même temps tomber une multitude de masses solides, exactement semblables à celles que l'on a désignées sous le nom de pierres météoriques.

« L'arrondissement dans lequel ces pierres ont été lancées a pour limites le château du Fontenil, le

hameau de la Vassolerie et les villages de Saint-Pierre le Sommaire, Gloss, Gouvain, Ganville et Saint-Michel de Sommaire.

« C'est une étendue elliptique d'environ deux lieues et demie de long sur à peu près une de large, la plus grande dimension étant dirigée du sud-est au nord-ouest, par une déclinaison d'environ 22 degrés : c'est la direction actuelle (1803) du méridien magnétique à Laigle.

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 paraissaient être tombées les premières.

« La plus grosse de toutes celles que l'on a trouvées pesait 8 kil. 5 (17 livres et demie), au moment où elle tomba; la plus petite que j'ai vue et que j'ai rapportée avec moi, ne pèse que 7 ou 8 grammes (environ 2 gros); cette dernière est donc environ mille fois plus petite que la précédente. Le nombre de toutes celles qui sont tombées peut être évalué à deux ou trois mille. »

Le récit qu'on vient de lire est emprunté au rapport d'un de nos plus éminents physiciens, J.-B. Biot, rapport lu par ce savant à la classe des sciences de l'Institut, le 26 messidor an XI, trois mois environ après l'événement qu'il constate.

C'est une date mémorable dans l'histoire de la science et particulièrement de celle des météores, que cette constatation pour ainsi dire officielle d'un phénomène auquel les esprits les plus éclairés, les savants les plus compétents n'ajoutaient auparavant aucune créance. N'avait-on pas vu, treize ans auparavant, notre immortel Lavoisier lui-même, refuser le caractère de l'authenticité à une chute du même genre

que celle de Laigle, arrivée le 24 juillet 1790, à Barbotan, hameau d'une petite commune du département du Gers? Je reviendrai tout à l'heure sur le côté historique de la question que Biot avait mise en pleine lumière et dont la solution, admise aujourd'hui comme incontestablement démontrée, se résume en une seule ligne :

De temps à autre, il tombe des pierres du ciel,

et puis je reviens au récit de notre académicien, qui contient quelques particularités fort curieuses.

Parmi les nombreux témoins qui ont donné à Biot des renseignements sur le météore de Laigle, les uns avaient seulement entendu la détonation, les autres avaient en outre vu la lumière du globe enflammé avant son explosion, d'autres enfin avaient vu tomber les pierres et les avaient touchées ou ramassées. L'explosion avait été si violente que beaucoup de personnes en furent effrayées. La frayeur passée fit place à un étonnement non moindre, lorsque, jetant leurs regards dans l'air, elles s'aperçurent que le ciel était serein. Les animaux mêmes eurent peur. C'est ainsi qu'à Merlerant, dont la distance à Laigle est cependant de 7 lieues, des chevaux qui étaient dans une cour, revenant des champs et encore attelés, sautèrent tout effrayés par-dessus une haie et s'enfuirent dans la rue.

Il y a 150 kilomètres, à vol d'oiseau, d'Avranches à Laigle, c'est-à-dire au point où se fit entendre l'explosion. Or, on entendit le bruit aux environs de la première de ces villes. « Un petit chaudronnier de dix à douze ans, dit Biot, qui faisait route avec sa tôle et ses outils sur le dos, écoutait une femme du pays à qui je demandais des détails de l'explosion. « Oh! « monsieur, me dit-il, on l'a entendue beaucoup plus

« loin ; on l'a entendue à trois lieues d'Avranches. — « Vous avez ouï dire cela ? — Monsieur, je le sais « mieux que par ouï-dire, parce que j'y étais. » On voit par ce fait quelle dut être l'intensité du bruit pour qu'il parvint à une telle distance. Sa durée n'est pas moins extraordinaire : divers témoins l'ont évaluée à cinq ou six minutes, et l'un d'entre eux méritait une confiance particulière. C'était un confrère de Biot, un académicien, M. Leblond, en qui, dit Biot, je fus heureux de trouver les lumières d'un savant et la bienveillance d'un ami. Selon lui, le bruit du météore était comme un roulement de tonnerre, qui dura sans interruption pendant environ cinq minutes, et qui était accompagné d'explosions fréquentes semblables à des décharges de mousqueterie. Dans le premier moment, il l'avait pris pour le bruit d'une voiture qui passait en roulant sur le pavé, et pour celui que produit un feu violent dans une cheminée.

Le météore, quelque extraordinaire qu'aient été sa violence, sa durée, l'étendue de l'espace où il fut vu ou entendu, aurait peut-être passé pour un coup de foudre exceptionnel, sans cette circonstance tout à fait surprenante, de la pluie de pierres dont fut couverte la contrée qui avoisine Laigle. C'est cette chute de masses pesantes venant du ciel, des hauteurs de l'atmosphère, et sans doute, comme il est aujourd'hui reconnu, de l'espace céleste lui-même, qui a fait l'originalité du phénomène et lui a donné toute son importance. Voyons donc, toujours d'après les témoignages recueillis, quelles furent les circonstances de cette chute.

Une des pierres, la plus grosse de toutes, tomba dans le voisinage d'une habitation de la Vassolerie, à une lieue au nord de Laigle. Biot interrogea les propriétaires de cette habitation, entendit les témoignages des enfants qui étaient restés dans la maison

quand la masse tomba à vingt pas d'eux, et voici les renseignements qu'il en reçut.

Le père de ces enfants revenait de Laigle avec sa femme et sa belle-fille; ils entendirent tout à coup dans l'air un bruit de tonnerre extraordinaire, accompagné d'un roulement semblable à celui d'un grand feu dans une cheminée. Il n'y avait presque point de nuages dans l'air, si ce n'est un petit nuage noir, et quelques autres comme on en voit fréquemment; mais point d'apparence d'orage. Ce bruit semblait partir du petit nuage, et s'éloignait devant eux en soufflant et bourdonnant toujours. Ils étaient tous trois extrêmement effrayés. La jeune femme se trouva mal et le père n'osait parler. Ce bruit effrayant ne dura que quelques minutes. En arrivant chez eux, ils virent tous leurs voisins rassemblés et crurent qu'il était arrivé quelque malheur pendant leur absence; ils s'approchèrent, et on leur montra la masse que l'on venait de déterrer. Le père la pesa aussitôt : son poids était de dix-sept livres et demie.

Le fils, de retour des champs, donna à Biot des détails encore plus précis : c'étaient lui et ses frères qui étaient accourus les premiers au bruit de la chute de la pierre et qui l'avaient déterrée.

Il dinait avec ses frères et sœurs sous un noyer; tout à coup ils entendirent au-dessus de leur tête un bruit de tonnerre effroyable, accompagné d'un roulement si continu, qu'ils se crurent prêts à périr. Le jeune homme dit à ses frères de se coucher par terre, de peur d'être emportés. Alors ils entendirent dans le pré voisin un terrible coup, qu'ils comparent à celui d'un tonneau plein qui tomberait de haut. Ils coururent à cet endroit, dont ils étaient séparés par une haie; ils virent cette pierre, qui était enfoncée si profondément, qu'elle avait fait sourdre l'eau.

En d'autres endroits, les pierres que virent tomber

et que ramassèrent divers témoins de la chute, étaient encore brûlantes au moment où ils les touchaient. Tous s'accordaient à dire qu'elles fumaient sur la place où elles venaient de tomber. Portées dans les maisons, elles exhalaient une odeur de soufre si désagréable qu'on fut obligé de les mettre dehors. Circonstance curieuse : elles se cassaient et s'effritaient aisément pendant les premiers jours après leur chute; plus tard, elles acquirent une dureté qui ne permettait plus de les briser sans effort.

Toutes les pierres ramassées sur le terrain de forme elliptique que couvrit la chute, bien que très différentes en grosseur, on l'a vu plus haut, avaient le même aspect, absolument différent de celui des pierres connues dans le pays. Le sol y est d'ailleurs composé de bonne terre franche; au-dessous de la terre végétale, on trouve des cailloux qui n'ont avec les pierres tombées aucune ressemblance. Analysées par l'illustre chimiste Thénard, les pierres météoriques de Laigle fournirent des quantités à peu près égales, 42 et 41 pour 100 de silice et d'oxyde de fer, environ 10 pour 100 de magnésie, 2 de nickel et 5 de soufre.

On verra plus loin les diverses compositions des pierres tombées du ciel, que les savants distinguent en diverses classes.

Tous les faits qu'on vient de résumer justifient les conclusions du savant rapporteur que le ministre de l'Intérieur avait, sur l'invitation de la classe des sciences de l'Institut, envoyé faire une enquête dans le département de l'Orne. Le météore de Laigle démontra l'authenticité d'un phénomène que les savants s'obstinaient à nier, envers et contre tous. De plus, on connut, dans tous leurs détails, les circonstances d'une chute si extraordinaire, détails qui s'accordaient, en outre, avec ceux qu'avaient fournis plusieurs chutes antérieures.

Trente-cinq ans auparavant, des pierres étaient en effet tombées du ciel en France même, en trois endroits différents : à Lucé dans le Maine, à Aire en Artois, et en Normandie, à Coutances. En 1790, un petit hameau du Gers, Barbotan, qui est connu pour ses eaux minérales, fut témoin d'un météore analogue à celui que les environs de Laigle virent treize ans plus tard; et enfin, en décembre 1798, une chute semblable eut encore lieu dans l'Inde, à Bénarès. C'est sans doute à cette accumulation de témoignages que se rendirent les savants officiels, lorsqu'ils réclamèrent du ministre une enquête sérieuse. On ne pouvait choisir, pour la mener à bonne fin, un juge plus éclairé, plus sévère, plus compétent que notre illustre compatriote, Biot, bien qu'il n'eût alors que vingt-neuf ans, et qu'il eût été membre de l'Institut depuis moins d'une année.

Mais, pour que le lecteur se rende bien compte de la similitude de ces phénomènes, je vais encore mettre sous ses yeux les récits de quelques-uns des témoins oculaires. Les faits sont plus éloquents que toutes les dissertations.

Voici le résumé présenté à l'Académie des sciences, en 1769, par l'abbé Bachelay, des dépositions que lui firent les témoins de la chute de Lucé :

« Le 13 septembre 1768, sur les quatre heures et demie du soir, il parut du côté du château de la Chevalerie, près de Lucé, petite ville du Maine, un nuage orageux dans lequel se fit entendre un coup de tonnerre fort et sec, à peu près semblable à un coup de canon; on entendit à la suite, dans un espace d'à peu près deux lieues et demie, sans apercevoir aucun feu, un sifflement considérable dans l'air, et qui imitait si bien le mugissement d'un bœuf, que plusieurs personnes y furent trompées. Enfin plusieurs particuliers qui travaillaient à la récolte dans la paroisse de

Périgné, à trois lieues environ de Lucé, ayant entendu le même bruit, regardèrent en haut et virent un corps opaque qui décrivait une ligne 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 la moitié environ 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. Cette pierre pesait sept livres et demie; elle était de forme triangulaire, c'est-à-dire qu'elle présentait trois espèces de cornes arrondies, dont une dans le moment de la chute était entrée dans le gazon. Toute la partie qui était entrée dans la terre était de couleur grise ou cendrée, tandis que le reste qui était exposé à l'air était extrêmement noir. »

N'admettant pas qu'il puisse exister ce qu'on nommait alors des *pierres de tonnerre*, la commission de l'Académie conclut, de ce récit et de l'examen d'un fragment de la pierre de Lucé, qu'*il n'est point vrai qu'il tombe des pierres du ciel*. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet, et l'on verra que ce fut un des plus grands génies scientifiques des temps modernes, le créateur de la chimie, Lavoisier, en un mot, qui prononça la sentence. A Barbotan, le globe lumineux, son explosion, le tonnerre des détonations, les pierres recueillies, dont les plus grosses pesaient de 25 à 30 livres, tout concourait à frapper l'esprit et l'imagination.

C'est le 24 juillet 1790, entre 9 et 10 heures du soir, par un temps calme, un ciel d'une sérénité parfaite et un superbe clair de lune, qu'apparut le météore.

De Mont-de-Marsan, d'Agen, de Dax, on vit un globe de feu sillonner la nue en laissant derrière lui une longue traînée de lumière; à la suite, une explosion d'une extrême violence, et enfin, sur un espace de deux lieues de rayon, la chute d'un nombre considérable de pierres, dans les communes de Caraubon (Barbotan), Créon, Saint-Julien, Lagrange-de-Juillac, accompagna l'explosion. « Nous fûmes surpris, écrivit un témoin du nom de Baudin, qui se trouvait au moment de l'apparition dans la cour du château de Mormès, de nous voir tout à coup comme environnés d'une lumière blanchâtre, vive; levant la tête, nous vîmes passer près de notre zénith un globe de feu dont le diamètre apparent était plus grand que celui de la Lune. Il traînait après lui une queue dont la longueur me parut égaler cinq à six fois son diamètre. A peine y avait-il deux secondes que nous le regardions, qu'il se sépara en plusieurs parties considérables que nous vîmes tomber dans différentes directions. Environ trois minutes après, nous entendîmes un coup de tonnerre terrible, ou plutôt une explosion pareille à celle qu'aurait pu faire une décharge de grosse artillerie. Le bruit de l'écho paraissait retentir dans les montagnes des Pyrénées et dura bien quatre minutes. »

En admettant que la température de l'air fût, au moment de l'explosion, de 20 à 25 degrés, et que 3 minutes se soient écoulées entre la vue du météore et l'audition du son, on en conclut que la distance du météore n'était pas, à cet instant, inférieure à 60 kilomètres. Il ne s'agissait pas là, comme on voit, d'un phénomène de foudre comme en donnent les nuages orageux dont la hauteur dépasse rarement quelques kilomètres.

Quant aux pierres qui furent ramassées en grand nombre, elles étaient d'un gris d'ardoise foncé, géné-

ralement de forme ovale et aplatie, très dures et très pesantes. On cite à cet égard un fait curieux et qui témoigne bien de l'incrédulité des gens éclairés de l'époque, pour des faits qu'ils considéraient comme impossibles, et dont les témoins, la plupart du temps ignorants, leur semblaient victimes de quelque illusion : les paysans n'ayant eu rien de plus pressé que de montrer et d'offrir aux personnes instruites du pays les pierres qu'ils avaient recueillies, se virent refuser avec dédain ; on se moqua d'eux, ce qui, vingt ans après, fit dire à Vauquelin : « Ils pourraient, aujourd'hui, avec plus de raison, se moquer des savants qu'ils trouvèrent si incrédules. »

## II

### Chutes de pierres dans l'antiquité et au moyen âge.

Dès qu'il fut bien établi que des pierres tombaient du ciel, à des intervalles plus fréquents qu'on n'aurait pu le croire, et surtout dès que les hommes de science se convinquirent de la réalité des récits populaires, on se mit à rechercher, dans les anciens historiens et les vieilles chroniques, toutes les mentions de phénomènes pareils. On se décida à ne plus traiter de fables des faits que les auteurs présentaient, il est vrai, le plus souvent comme des prodiges. On dressa des catalogues de toutes les anciennes chutes.

Voici un extrait du catalogue de Chladni <sup>1</sup>, relatif

1. Ce catalogue a été publié en France, dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* (année 1826), sous ce titre : *Nouveau catalogue des chutes de pierres ou de fer ; de poussières ou de substances molles ; sèches ou humides, suivant l'ordre chronologique, par E. F.-F. Chladni*. Arago le fait précéder de la

aux chutes de pierres ou de fer dont la date est antérieure au commencement de notre ère.

(?) 1478 ans avant notre ère, en Crète; la pierre de foudre dont Malchus parle, probablement regardée comme symbole de Cybèle. *Chronique de Paros*, lignes 18 et 19. (La pluie de pierres dont parle Josué n'était peut-être que de la grêle.)

1200. Pierres conservées à Orchoménos. *Pausanias*.

(?) 1068. Une masse de fer sur le mont Ida, en Crète. *Chronique de Paros*, l. 22.

(?) 705 ou 704. L'Ancyle, probablement une masse de fer, à peu près de la même forme que celle du Cap et d'Agram. *Plutarque*.

654. Pierres sur le mont Alban. Liv. I, 30.

644. En Chine. *De Guignes*.

465. A Égypte. *Plutarque, Pline et autres*. Une pierre près de Thèbes. *Scholiaste de Pindare*.

211. En Chine. *De Guignes et Histoire générale de la Chine*.

De 205 à 206. Pierres ignées. *Plutarque, Fab. Max.*, c. 2.

192. En Chine. *De Guignes*.

176. Une pierre dans le lac de Mars. Liv. XLI, 3.

90 ou 89. *Lateribus coctis pluit*<sup>1</sup>. *Pline et Jul.*

*Obs.*

89. En Chine. *De Guignes*.

56 ou 52. FER SPONGIEUX en Lucanie. *Pline*.

(?) 46. Pierres à Acilla. *César*.

note suivante : « Dans ce catalogue rectifié et complété que M. Chladni a bien voulu m'adresser, le signe (?) indique les chutes que cet habile physicien ne considère pas comme parfaitement constatées. » Chaque chute est rapportée, soit à l'historien qui la mentionne dans ses écrits, soit à l'auteur qui a découvert cette mention dans les annales chinoises ou autres.

1. Il pleut des briques cuites.

38, 29, 22, 19, 12, 9, 6. *Chutes de pierres* en Chine.  
*De Guignes.*

*Pierres tombées à des époques qu'on ne peut déterminer.*

La mère des Dieux, tombée à Pessinonte.

L'Elagabal, à Emisa, en Syrie.

La pierre conservée à Abydos et celle de Cassandria. *Pline.*

(?) La pierre noire et encore une autre qui se trouve dans la Caaba de la Mecque. (La pierre conservée dans le siège de couronnement des rois d'Angleterre, n'est pas, comme on l'avait pensé, une pierre météorique.)

La liste de Chladni s'est accrue depuis des chutes suivantes :

1460. « Dieu envoya de grandes pierres du ciel. »  
Lycosthène.

570 ou 520. Pierres en Crète. *Grog.*

Quant au doute de Chladni sur le fait relatif à Josué, il s'explique par les termes mêmes qu'emploie la Bible pour décrire le phénomène céleste qui aida Josué à exterminer l'armée des cinq rois amorrhéens. Voici le texte de la Vulgate : « Pendant qu'ils fuyaient les fils d'Israël et qu'ils se trouvaient à descendre vers Bethhoron, le Seigneur envoya sur eux de grandes pierres du ciel jusqu'à Azeca : et un plus grand nombre moururent sous les coups des pierres de grêle que sous le glaive des fils d'Israël <sup>1</sup>. » Ce serait la plus ancienne des chutes de pierres historiques, puisqu'elle remonterait à l'an 1600 environ avant notre ère.

Jusqu'à la fin du xv<sup>e</sup> siècle, les phénomènes du

1. Josué, cap. x, 11. Le texte porte *lapidibus grandinis*, pierres de grêle (ou grêle de pierres).

même genre, relevés dans les chroniques européennes ou chinoises, au nombre de 55, dont 12 en Chine, au Japon, à Java, n'eurent pour témoignage de leur authenticité que la mention dont nous parlons. Dans ce nombre, nous citerons quatre chutes de masses de fer, en 1009 dans le Djordjan, en 1112 près d'Aquileja, en Misnie et en 1368 dans le pays d'Oldenbourg. Deux fois, en 837 et en 1057, les pierres étaient mêlées à de la grêle, ce qui est peut-être la reproduction du phénomène de la Bible (dans Josué); deux autres fois, en 1194 et 1197, c'est avec la pluie que tombèrent les pierres. En 648, à Constantinople, est mentionnée la chute d'une pierre ignée; s'agissait-il de l'incandescence qui se produit souvent avant l'explosion et la chute du bolide, ou bien d'une pierre encore en feu quand elle fut trouvée sur le sol? Nous parlerons plus loin d'incendies causés par les météorites, qui rendent vraisemblable cette seconde hypothèse. Enfin le 4 avril 1093, selon le catalogue de Chasles : « On vit, au lever de l'aurore, un grand nombre d'étoiles tomber du ciel sur la Terre, et même une très grande d'entre elles fut trouvée sur le sol. » Cette dernière mérite d'être citée, parce qu'elle montre qu'en certains cas, une averse d'étoiles filantes peut être accompagnée d'une chute de météorites.

### III

#### Chute d'Ensisheim. — Fer météorique de Hradschina.

Nous arrivons à la première chute historique de pierres qui porte avec elle le témoignage irrécusable de son authenticité, à savoir l'existence matérielle de ce qu'on peut appeler le *corps du délit*. La pierre

tombée le 7 novembre 1492, à Ensisheim, est sans contredit la plus ancienne masse météorique qui ait été conservée, parmi celles qui ont eu des témoins. Voici le récit qu'en a donné le professeur Butenschœn dans le *Moniteur* du 2 nivôse an XI (23 décembre 1802) : « Le 7 novembre 1492, dit une chronique de ces temps, entre les onze heures et midi, on entendit, dans les environs de la ville d'Ensisheim,

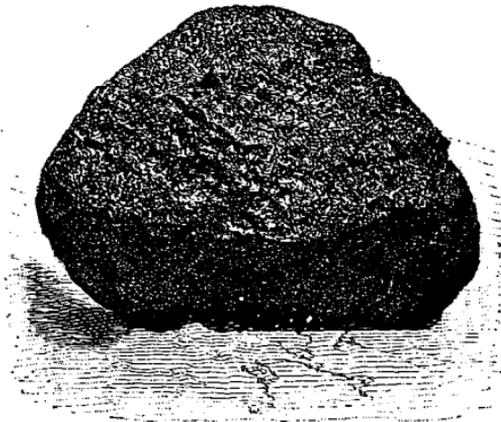


Fig. 28. — Météorite d'Ensisheim.

un terrible coup de tonnerre, et un enfant vit tomber, dans un champ ensemencé de froment, une énorme pierre qui entra dans la terre jusqu'à la profondeur de trois pieds environ. On l'en retira pour l'exposer aux regards du public devant la porte principale de l'église du lieu. Elle pesait alors 276 livres et Son Excellence Maximilien, après en avoir pris deux morceaux, l'un pour lui-même, l'autre pour l'archiduc Sigismond d'Autriche, ordonna qu'on la suspendit dans la paroisse d'Ensisheim. » Elle y resta jusqu'à l'époque de la Révolution, où on la transporta à Colmar. Aujourd'hui elle ne pèse plus que 55 kilogrammes; des fragments importants en ont été dis-

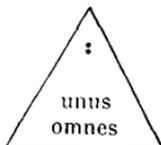
tribués à divers musées <sup>1</sup>; d'ailleurs, depuis sa chute, nombre de hauts personnages en ont emporté des morceaux, depuis l'empereur Charles-Quint jusqu'aux chefs des armées des alliés, lors de l'invasion de 1815. Une inscription en allemand, dans l'ancienne église d'Ensisheim, conserve en ces termes le souvenir de cette chute mémorable. En voici la traduction :

« L'an 1492, le 7 novembre, on entendit la nouvelle qu'en plein jour, près de la ville, d'un coup de tonnerre une grosse pierre était tombée des nues, pesant trois quintaux et demi, couleur de fer : on alla la chercher en procession et on enleva beaucoup de morceaux <sup>2</sup>. »

1. L'échantillon que possède le Muséum, à Paris, pèse 9 086 grammes.

2. Citons encore, d'après une notice de M. Charles Grad, insérée dans le tome LI du *Tour du Monde*, deux autres inscriptions qui existaient jadis dans le chœur de l'église, aujourd'hui démolie. L'une en latin, l'autre en français, sont propres à nous renseigner sur l'impression qu'un tel événement causait aux populations d'autrefois :

*De hoc lapide multi multa, omnes aliquid, nemo satis.*



Hæc nobis geminus — fecit miracula mensis :  
Præ grandi hoc saxo fuit, alter, in Iride trinos  
Exhibuit soles alter, Quiq' signa — furoris  
Quid commune ferunt placide — cum fœdere pacis?  
Discite quando graves Deus — exardescit in iros  
Tunc ipsi in primis clementia — mente recurrit.

7<sup>a</sup> novembris 1492.

En deux mois on a vu	C'est ainsi que le ciel aux mortels
Deux prodiges divers :	Favorable,
Dans l'un tomba du ciel cette	Par un penchant secret, dans sa juste
Pierre effroyable;	Fureur,
Et l'on vit au suivant trois soleils	Se plait à nous montrer les traits
Dans les airs.	De sa douceur.

A mesure qu'on approche de l'époque actuelle, les catalogues de chutes de pierres deviennent plus riches. C'est ainsi qu'entre l'année 1492 et l'année 1803, date du remarquable bombardement des environs de Laigle, on connaît 112 cas, parmi lesquels il y a lieu de noter 7 météorites de fer : celle qui tomba vers 1540 dans la forêt de Neuhof; une autre en Piémont à la même époque; celles de 1618 en Bohême, de 1620 à Lahore, de 1751 à Hradschina près d'Agram, de 1780 à Kinddale (États-Unis) et à Lahore. La masse métallique d'Agram mérite une mention; c'est en effet une des rares chutes de fer qui a eu des témoins. Les musées possèdent d'assez nombreux échantillons de masses pareilles, dont l'analyse ne laisse aucun doute, nous le verrons plus loin, sur leur nature météorique; mais celle de Hradschina a été ramassée au moment où elle venait de tomber du ciel, et il faut venir jusqu'en 1847 pour trouver une pareille occurrence. Voici le récit de cette chute emprunté à Chladni : « Le 26 mai 1751, à six heures du soir, on aperçut dans le ciel un globe de feu qui se divisa en deux fragments semblables à des chaînes de feu entrelacées, où l'on aperçut une fumée d'abord noire et ensuite diversement colorée, et qui tombèrent avec un bruit épouvantable et avec une telle force, que l'ébranlement fut pareil à celui d'un tremblement de terre. L'un de ces fragments, qui pesait 71 livres, tomba dans un champ labouré peu de temps auparavant, où il s'enfonça de trois toises dans la terre et occasionna une fente de deux pieds de large, autour de laquelle la terre était verdâtre, et semblait avoir subi l'action du feu. L'autre de ces morceaux, du poids de 16 livres, tomba dans une prairie à une distance de 2000 pas du premier, et donna lieu à une autre fente large de 4 pieds. Un grand nombre de personnes ont entendu, dans divers

cantons de la même province, l'explosion de ce globe; elles ont remarqué qu'il tombait du ciel quelque chose d'enflammé, sans pouvoir déterminer dans quel endroit, à cause de l'éloignement. » Procès-verbal de l'événement fut dressé d'ailleurs par les soins du consistoire d'Agram; ce procès est déposé, avec la plus grosse des deux masses métalliques, au musée de Vienne, où ils se trouvent encore l'un et l'autre.

Au nombre des 112 chutes mentionnées dans les catalogues et qui eurent lieu pendant les xvi<sup>e</sup>, xvii<sup>e</sup> et xviii<sup>e</sup> siècles, celles qui eurent le plus de retentissement sont les pierres de Lucé, d'Aire et de Coutances, et celles de Barbotan et de Juliac, parce qu'elles furent l'objet de communications faites aux sociétés savantes et de rapports qui mettaient en doute sinon la réalité, du moins l'origine des phénomènes. Les faits paraissant indéniables, les physiciens, astronomes, chimistes s'efforçaient d'en donner une interprétation qui pût cadrer avec les idées reçues ou, si l'on veut, avec les préjugés de la science d'alors, chose difficile. Ces idées étaient vraiment parfois singulières. Citons à l'appui de notre dire quelques faits qui, d'ailleurs, aideront à compléter ce que nous avons dit déjà du phénomène lui-même. En voici un que de Lalande raconta en ces termes dans les *Etrennes historiques de la province de Bresse, pour l'année bissextile 1756*.

« Je crois devoir placer ici, dit-il (il venait de parler des mines), un phénomène remarquable qui causa, l'année dernière, dans la Bresse, une surprise générale : comme il a donné lieu à un grand nombre de conjectures, de raisonnements et de fables, il ne sera pas inutile de rapporter ce que des recherches faites sur les lieux et l'examen d'un habile chimiste m'ont fait connaître.

« Au mois de septembre 1753, environ à une heure après midi, le temps étant fort chaud et fort serein, sans aucune apparence de nuages, on entendit un grand bruit semblable à celui de deux ou trois coups de canon, qui dura fort peu, mais qui fut assez fort pour retentir à 6 lieues à la ronde.

« Ce fut aux environs de Pont-de-Vesle que le bruit fut le plus considérable; on entendit même à Liponas, village à trois lieues de Pont-de-Vesle et à quatre lieues de Bourg, un sifflement semblable à celui d'une fusée; et, le même soir, on trouva à Liponas, et à Pin, village près de Pont-de-Vesle, et qui est à trois lieues de Liponas, deux masses noirâtres d'une figure presque ronde, mais fort inégale, qui étaient tombées dans des terres labourées, où elles s'étaient enfoncées, par leur propre poids, d'un demi-pied en terre; l'une des deux pesait environ 20 livres. Elles furent cassées, et il n'est point de curieux qui n'en ait vu des fragments <sup>1</sup>.

« Plusieurs personnes m'ayant fait l'honneur de me consulter là-dessus, je jugeai d'abord qu'elles ne pouvaient provenir que d'une éruption souterraine, semblable à celle d'un volcan, parce qu'il ne paraissait pas qu'il eût pu tonner par un temps aussi serein et sans aucun nuage apparent. »

Après avoir émis cette curieuse opinion, basée sur un argument tout négatif, le célèbre astronome donne l'analyse de la pierre recueillie, telle, dit-il, « que les fourneaux l'ont appris », puis il ajoute : « Il paraît que ces pierres ont souffert un feu très violent, et qui en a fondu la première surface, ce qui a produit la noirceur extérieure qu'on y remarque; et cela ne serait point surprenant, le fer ayant la propriété

1. L'échantillon de cette chute que possède la collection du Muséum, à Paris, pèse 66 grammes.

d'accélérer la fusion des terres et des pierres. Cette noirceur et cette fusion auraient pu être l'effet de la foudre qui y serait tombée, mais comme on en a trouvé en deux endroits différents, et même en trois, et que ces pierres fondues ne se trouvent jamais que dans les volcans, il ne paraît pas douteux qu'elles n'en soient provenues.

« Il est vrai qu'on ne connaît, dans la Bresse, aucun vestige de volcan, et que Liponas est à plus de trois lieues des montagnes du Maconnais, où il aurait pu s'en former; mais on sait quelle est la force et la rapidité de ces sortes d'explosions : d'ailleurs on a vu le tonnerre enlever des pointes de clocher, des girouettes, etc., et les transporter à plusieurs lieues. Ainsi il importe peu de quelle manière ces pierres sont parvenues dans les lieux où on les a trouvées, dès que l'on sait la manière dont elles ont pu y parvenir. »

Cette opinion du célèbre astronome qui, ne pouvant attribuer au tonnerre le phénomène en question, va en imaginer l'origine volcanique dans une contrée si éloignée de tout volcan, nous paraît aujourd'hui vraiment bien singulière. Le fait est que les savants, à cette époque, n'étaient pas moins embarrassés que les ignorants en présence de pareils faits. L'idée que des corps solides pouvaient tomber des espaces célestes leur semblait ridicule et bonne pour des esprits ignares ou superstitieux. La pensée d'attribuer leur formation à la foudre, ainsi que le public tendait à le croire, sans doute à cause des bruits qui accompagnaient la chute, leur paraissait incompatible avec les effets connus de l'électricité : la dénomination de *pierres de tonnerre* ne leur semblait pas plus fondée que celle de *pierres tombées du ciel*; c'est à peine si l'on commençait à considérer, après Dalibard et Franklin, le tonnerre comme produit par l'électricité

atmosphérique. Et précisément, les chutes se multipliaient. En rapportant les trois chutes de Lucé, d'Aire et de Coutances, l'historien de l'Académie des sciences pour 1769 fait observer que les trois pierres qui en provenaient, comparées entre elles, n'offraient à l'œil aucune différence, ayant à peu près même couleur et même grain ; mais que l'Académie est bien loin de conclure de cette ressemblance qu'elles aient été apportées par le tonnerre. « Cependant, ajoute-t-il, la ressemblance des faits arrivés en trois endroits si éloignés, la parfaite conformité entre ces pierres et les caractères qui les distinguent des autres pierres, lui ont paru des motifs suffisants pour publier cette observation et pour inviter les physiciens à en faire de nouvelles sur ce sujet. Peut-être pourraient-elles jeter de nouvelles lumières sur la matière électrique et sur son action dans le tonnerre. »

Trois ans après, un rapport détaillé sur la pierre de Lucé fut, comme nous l'avons dit plus haut, présenté à l'Académie au nom des trois commissaires, Fougereux, Cadet et Lavoisier ; les caractères physiques et chimiques y sont indiqués avec soin, ainsi qu'on pouvait attendre d'une commission qui comprenait parmi ses membres l'immortel fondateur de la chimie moderne. Mais les conclusions du rapport sont, sur certains points, le reflet des préjugés scientifiques de l'époque, ainsi qu'on en va juger par une courte citation. « Nous croyons donc devoir conclure, d'après la seule analyse et indépendamment d'un grand nombre d'autres raisons qu'il serait inutile de détailler, que la pierre présentée par M. Bachelay ne doit point son origine au tonnerre, qu'elle n'est point tombée du ciel, qu'elle n'a pas été formée non plus par des matières minérales mises en fusion par le feu du tonnerre, comme on aurait pu le présumer, que cette

pierre n'est autre qu'une espèce de grès pyriteux qui n'a rien de particulier, si ce n'est l'odeur hépathique qui s'en exhale pendant la dissolution par l'acide marin; ce phénomène en effet n'a pas lieu dans la dissolution des pyrites ordinaires. L'opinion qui nous paraît la plus probable, celle qui cadre le mieux avec les principes reçus en physique, avec les faits rapportés par M. l'abbé Bachelay 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 chaleur aura été assez grande pour fondre la superficie de la partie frappée, mais elle n'aura pas été assez longtemps continuée pour pénétrer dans l'intérieur : c'est ce qui fait que la pierre n'a point été décomposée. La quantité considérable de matières métalliques qu'elle contenait, en opposant moins de résistance qu'un autre corps au courant de matière électrique, aura pu contribuer même à déterminer la direction de la foudre; on observe, en effet, qu'elle se porte plus volontiers vers les corps qui sont les plus électrisables par communication. » Quant à la ressemblance de la pierre de Coutances, avec celle de Lucé, Lavoisier n'en conclut rien autre chose, sinon que le tonnerre tombe de préférence sur les substances métalliques, et peut-être encore plus sur les matières pyriteuses. « Au reste, quelque fabuleux que puissent paraître ces sortes de faits, ajouta-t-il, comme, en les rapprochant des expériences et des réflexions que nous venons de rapporter, ils peuvent contribuer à éclairer l'histoire des pierres de tonnerre, nous pensons qu'il sera à propos d'en faire mention dans l'histoire de l'Académie. »

A mesure que les faits se multipliaient, il devenait plus difficile d'en expliquer les circonstances caracté-

ristiques. Les témoins de plus en plus nets dans leurs affirmations, les relations et procès-verbaux authentiques signés des noms de témoins les plus dignes de foi ne laissent plus de place à la négation pure et simple. On disait bien encore, comme Gronberg en 1772, que ces témoins oculaires avaient été trompés, ou que, mauvais observateurs, ils avaient été séduits par les apparences. D'autre part, les sciences physiques, de plus en plus précises, ne pouvaient plus se contenter des hypothèses, au moins singulières, à l'aide desquelles on rendait compte du mode de formation des pierres recueillies. « Les uns, disait le savant que nous venons de citer, veulent que ce soit des pierres minérales enlevées jusqu'aux nues par les vents, les orages, les tempêtes, etc. ; qu'elles retombent ensuite avec la foudre. Telle était l'opinion de Barthol. D'autres prétendent que ces pierres se forment dans l'air et dans les nuages, par le mélange des matières onctueuses, sulfureuses et terrestres. Ils sont très peu d'accord sur la manière dont la formation se fait, et encore moins sur le fourneau qui sert à leur fusion. Descartes pensait qu'il pouvait se faire une fonte soudaine et momentanée, de la même manière que la terre qui reste au fond des vaisseaux après l'évaporation de l'eau, mêlée avec le nitre et le soufre auxquels on a mis le feu, donne une pierre d'une substance très dure.

« Quelques-uns ont pensé que la chaleur de l'air suffisait pour la génération de ces pierres, et qu'elles devaient se produire à peu près comme les graviers ou les pierres dans la vessie ou dans les reins ; c'est-à-dire par l'agglutination d'une couche sur une autre. Lesser l'attribue aux rayons du soleil qui, répercutés et rassemblés en un foyer dans le nuage, y forment un hémisphère concave, capable de fondre, dans un moment, les parties terrestres de l'air, ou renfermées

dans l'espace de ce foyer. D'autres soutiennent affirmativement que l'on cherche vainement l'origine de la pierre de foudre dans l'air ou dans les nuages, mais qu'on doit la trouver dans la terre, où le feu du ciel met subitement en fusion le sable et la terre dans l'endroit où il a frappé, d'où il résulte une espèce de pierre ou plutôt une vraie scorie. C'était l'opinion d'Agricola. Nous n'en finissons pas, s'il fallait rapporter toutes les rêveries débitées à ce sujet. »

Quelques années encore devaient s'écouler avant que les rêveries en question fissent place à l'opinion, aujourd'hui parfaitement prouvée, de l'origine cosmique des météorites. Pendant cet intervalle, diverses chutes parfaitement constatées entretenaient la curiosité des hommes de science aussi bien que celle du public. Citons encore quelques-unes des plus remarquées.

Le 19 février 1785, eut lieu celle d'Eichstädt, en Bohême. « Pendant l'hiver, dit Chladni, lorsque la terre était couverte de plus d'un pied de neige, un ouvrier briquetier la vit tomber immédiatement après un violent coup de tonnerre. Cet homme accourut promptement pour la retirer de la neige, mais sa chaleur l'obligea d'attendre qu'elle fût refroidie. Cette pierre avait environ un demi-pied de diamètre et était revêtue en entier d'une croûte noire de fer d'environ 2 lignes d'épaisseur. »

On a lu plus haut les détails relatifs à la chute de Barbotan, arrivée en juillet 1790. A cette occasion, il est bon de constater que l'un des savants qui se montra le plus incrédule, Saint-Amand, professeur d'histoire naturelle à Agen, ne tarda point à reconnaître son erreur, dans une lettre qu'il adressait à Pictet, l'un des rédacteurs de la *Bibliothèque britannique*. Il avoue qu'il regardait la relation qu'un de ses compatriotes lui avait adressée du météore



même sort, parce que nous regardions le fait attesté comme évidemment faux et *physiquement impossible*.

« Depuis cette époque, citoyen, tout cela s'était entièrement effacé de ma mémoire. J'avais oublié le météore, les pierres et le procès-verbal, lorsque la lecture de votre lettre me rappela ce phénomène, qui me parut alors digne d'une attention plus sérieuse. En lisant la description des pierres qu'on vous a dit être tombées des nuages, je me souvins qu'on avait joint au procès-verbal un échantillon des pierres dont il constatait la chute. Je courus à mon cabinet où j'avais par hasard conservé cet échantillon. Quelle fut ma surprise, j'ose dire mon ravissement, quand je reconnus, dans cet échantillon, une identité frappante avec ceux que vous décrivez. Surface brûlée, cassure grenue, apparence métallique dans l'intérieur, il est impossible de n'être pas étonné d'une pareille ressemblance.

« Cette nouvelle observation d'un fait qui semble concourir avec beaucoup d'autres à changer les idées reçues sur ce phénomène, m'a paru digne de vous être communiquée. Si elle ne produit pas chez moi la conviction, il me paraît au moins très remarquable que toutes les pierres auxquelles on attribue, dans différents pays, la même origine, présentent exactement les mêmes caractères, et je demeure convaincu que, quelque absurde que paraisse l'allégation d'un fait en physique, il faut suspendre son jugement, et ne point se hâter de regarder ce fait comme impossible. »

Cette dernière réflexion, pour être ou sembler banale aujourd'hui, est d'une sagesse qu'on ne saurait trop louer, comme la tendance où l'on est souvent de rejeter ce qu'on ne peut expliquer doit être combattue par tous les amis du progrès scientifique. Il faut, en pareil cas, recueillir les faits avec un soin scrupuleux et ne présenter qu'avec réserve une théorie capable

d'en donner la raison. Le rapport de Biot, dont on a lu le résumé au début de ce chapitre, est un exemple de l'application de cette méthode, que nous avons vu adopter avec tant de succès aux phénomènes des étoiles filantes et des bolides. Avant la chute de Laigle, plusieurs autres phénomènes du même genre contribuèrent à préparer les esprits à l'idée qu'il ne s'agit là ni de contes populaires, ni de manifestations miraculeuses, mais d'un fait naturel, et que, en réalité, il est impossible de nier qu'à des intervalles irréguliers, mais assez rapprochés, il tombe des pierres du ciel. Il en tomba à Sienne, en Toscane, le 16 juin 1794; à Wold-Cottage (Yorkshire), le 13 décembre 1796; à Salles, près de Villefranche (Rhône), le 17 mars 1798; à Krak-Hut, près de Bénarès (Inde), le 19 décembre de cette même année; etc.

#### IV

##### Démonstration de la réalité des chutes.

##### Opinion de Chladni sur l'origine des pierres.

C'est vers la même époque, on se le rappelle, que deux jeunes physiciens allemands inauguraient des observations méthodiques des étoiles filantes et des bolides, et qu'un savant allemand connu par ses travaux en acoustique, le professeur Chladni, conçut la théorie cosmique de ces météores, qu'il ne sépare point des pierres tombant du ciel. Plus tard, il rendit compte, dans la préface de son *Traité d'acoustique*, des circonstances qui l'avaient décidé à publier le mémoire traitant de ces questions en faisant modestement remonter à Lichtenberg, professeur à l'université de Göttingue, la première pensée de l'origine cosmique des météores. Voici un extrait de cette

préface, où il raconte la conversation qu'il eut avec lui sur ce sujet :

« Ce fut Lichtenberg, aussi intéressant par ses idées ingénieuses que par ses travaux pour la physique, qui donna une seconde fois l'impulsion à la marche de mes idées. Étant en 1792 à Göttingue, je lui demandai son opinion sur la nature des météores ignés qu'on appelle *bolides*, dont les phénomènes, comme la flamme, la fumée, l'explosion, etc., étaient très peu conformes aux phénomènes électriques, avec lesquels on les avait confondus. Il répondit que la meilleure manière d'expliquer ces phénomènes serait d'attribuer à ces météores une origine plutôt *cosmique* que *tellurique*, c'est-à-dire de supposer que c'était quelque chose d'étranger qui arrivait du dehors dans notre atmosphère, à peu près comme Sénèque avait bien expliqué la nature des comètes, qu'on a pourtant regardées, pendant beaucoup de siècles, comme des météores atmosphériques, jusqu'à ce que Dorfel, pasteur saxon, eût montré que Sénèque avait raison. Frappé de cette assertion de Lichtenberg, j'ai consulté les ouvrages et les mémoires qui contenaient des relations de semblables météores et des pierres ou masses de fer qu'on avait vues tomber quelquefois à la suite d'un pareil météore, et enfin j'ai publié les résultats de mes recherches dans un Mémoire qui a paru à Leipzig en 1794. J'ai démontré dans ce Mémoire : 1° que les relations qu'on avait données de pierres ou de masses de fer tombées avec beaucoup de fracas, à la suite d'un météore igné, n'étaient pas des fictions ou des illusions, mais des observations d'un phénomène réel; 2° que ces masses et ces météores sont quelque chose d'étranger à notre globe, qui arrive du dehors. Au commencement, on ne fut pas d'accord avec moi; quelques critiques d'Allemagne supposèrent même que je n'avais pas avancé

cela sérieusement, mais dans l'intention un peu maligne de voir quel parti les physiciens prendraient, et jusqu'à quel point la crédulité de quelques personnes pourrait aller. En France, M. Pictet fut le premier à appeler l'attention des physiciens sur ce que mon Mémoire contient; mais on ne croyait pas même à la possibilité d'une chute de pierres, jusqu'à ce qu'en 1802, le Mémoire de Howard, et, en 1803, la chute de pierres arrivée à Laigle, et constatée par M. Biot, prouvèrent que je ne m'étais pas livré à des écarts d'imagination, ce qui depuis ce temps s'est constaté davantage par les météores nombreux qu'on a observés, et par les recherches qu'on a faites. »

C'est la masse de fer découverte par Pallas, dans un de ses voyages en Sibérie, qui fournit à Chladni des arguments pour sa thèse.

« Elle est, dit-il, à beaucoup d'égards si ressemblante aux masses décrites par Bucholz, Rubin de Célis, le D<sup>r</sup> Robert, Namseck et d'autres, qu'il y a de grandes raisons de croire que ces diverses masses ont une origine semblable. Cette conclusion paraît être jusqu'à un certain point confirmée par une circonstance dont Pallas fait mention, lorsqu'il dit que les Tartares considèrent la masse qu'il décrit comme une relique sacrée tombée du ciel, à une époque qui se perd dans la nuit des temps.

« Cette masse, dont l'origine est si problématique, a été trouvée entre Krasnojarsk et Abekansk, sur de hautes montagnes d'ardoise tout à fait à découvert : elle pesait 16 quintaux; sa figure était irrégulière et comme un peu comprimée; elle ressemblait à un granit grossier : on voyait à l'extérieur une sorte de croûte ferrugineuse, au-dessous de laquelle se trouvait du fer malléable cassant à chaud, poreux comme une éponge grossière, et dont les cavités étaient remplies d'une substance fragile, dure et vitrifiée,

de couleur jaune d'ambre. On retrouvait cette texture et la substance vitrifiée uniformément dans l'épaisseur de la masse, et sans aucune trace de laitier ni de feu artificiel aux environs. »

Considérant qu'il est impossible que cette masse ait été produite par voie humide, ni, comme on l'avait supposé, fondue à l'état de minerai par la combustion d'une forêt qu'aurait incendiée la foudre, qu'elle ne peut être attribuée à une éruption volcanique, Chladni fut conduit à l'assimiler aux météores nommés *bolides*, *dragons volants*, et il lui paraît certain : « 1° qu'une matière aussi dense, existant à une aussi grande hauteur, ne peut provenir de particules qui flotteraient dans notre atmosphère, ou qu'elle ne peut être lancée à la fois en grandes masses par aucune des forces qui nous sont connues ; 2° qu'aucune des forces que nous connaissons ne peut donner à de tels corps une vitesse de progression aussi grande dans une direction presque parallèle à l'horizon ; 3° que cette matière ne s'élève point de la Terre, mais qu'elle provient des régions célestes, et qu'elle est tombée de ces régions sur notre globe. »

Il pense que d'autres corps planétaires ont une composition analogue à celle de ce dernier, où le fer, dit-il, est de beaucoup le plus abondant des métaux. « Il se pourrait aussi qu'il existât dans l'espace quelques petites accumulations de matières denses, indépendantes des grands corps planétaires, et qui, mises en mouvement par quelque force de projection ou par quelque attraction, continuent à se mouvoir en ligne droite, jusqu'à ce qu'elles arrivent dans le voisinage de la Terre ou de quelque autre corps qui, par son attraction supérieure, décide leur chute à sa surface. Par leur vitesse excessive, qu'augmente encore l'attraction de la Terre, et par le frottement violent que ces masses éprouvent de la part de l'atmosphère

qu'elles traversent, il doit naître beaucoup d'électricité et beaucoup de chaleur, et elles ne tardent pas à devenir incandescentes; elles se fondent : il s'en



Fig. 29. — Météorite ou fer de Pallas, tombé à Krasnojarsk (Sibérie), découvert par Pallas en 1776.

dégage beaucoup de vapeurs et diverses sortes de gaz, qui font boursoufler la masse jusqu'à un volume considérable, et finissent quelquefois par la faire voler en éclats et avec explosion. »

Dans l'opinion de Chladni, les étoiles filantes ne diffèrent des bolides et des masses tombées du ciel auxquelles il les assimile, que par l'extrême vitesse et la distance où elles passent de la Terre; soustraites ainsi à l'attraction décisive de notre globe, elles ne s'emflamment que pour un instant, et ne tardent pas à s'éteindre, dès qu'en s'éloignant elles atteignent de nouveau des régions où l'air est trop rare pour permettre la combustion.

Quant à l'origine commune de ces météores, à la cause qui a pu amener leur isolement dans l'espace, on peut former à cet égard diverses hypothèses, ainsi que pour l'origine de tous les autres corps célestes. Celle qui lui semble le plus probable, c'est que « la nature agissant sur la matière créée, possède la faculté de créer des mondes et des systèmes entiers; de les détruire et d'en former de nouveaux avec les débris des premiers ». Il donne à l'appui de cette opinion le fait que plusieurs étoiles nouvelles ont paru et que d'autres ont disparu, et aussi les étoiles variables. « Si nous admettons, dit-il, que les corps planétaires ont commencé tout à coup d'exister, nous ne pouvons imaginer qu'un pareil événement ait eu lieu autrement qu'en supposant, ou que les particules de matière, préalablement dispersées, et à l'état de chaos dans l'espace infini, se sont réunies en masses isolées en vertu de la loi d'attraction; ou que de nouveaux corps planétaires ont été formés par des fragments d'autres planètes plus considérables réduits en éclats, soit par un choc extérieur, soit par l'effet d'une explosion interne. »

Sous beaucoup de rapports, et réserves faites de divers points de détail, la théorie que nous venons de résumer dans ses traits essentiels a fini par triompher. L'origine cosmique des météorites est généralement, on pourrait dire unanimement admise, mais

Chladni n'avait guère fait que des hypothèses, et les raisons qu'il invoque à l'appui n'ont pas toutes paru décisives, et ce n'est que peu à peu, lentement, à la lumière d'observations nouvelles, qu'on est parvenu à rassembler des témoignages probants en faveur de l'origine cosmique des météorites, des bolides et des étoiles filantes. On a déjà vu quelles sont les preuves relatives à ces derniers météores. Il nous reste à exposer celles qui concernent plus particulièrement les pierres tombées du ciel.

## CHAPITRE II

### ORIGINE COSMIQUE OU EXTRA-TERRESTRE DES MÉTÉORITES

---

#### I

#### Phénomènes précédant et accompagnant la chute. — Exemples historiques.

Les phénomènes qui précèdent et accompagnent la chute des météorites sont les mêmes que ceux des bolides auxquels on donne le nom de *détonants*, et il est fort probable qu'il n'y a, entre ces deux genres de météores, d'autre différence que celle de la découverte des corps qui sont tombés à la surface de la Terre dans le premier cas, et de l'impossibilité de trouver leurs débris dans le cas des bolides; cela soit dit sous toutes réserves de la confusion qu'on serait tenté de faire des bolides détonants et des bolides simples. Nous avons déjà décrit les phénomènes en question dans la première partie de cet ouvrage. Nous allons, par quelques exemples, montrer que, en général, ils sont de même nature dans les chutes de météorites.

Le plus souvent, cette chute est précédée de l'apparition d'un globe lumineux, d'une lumière plus ou moins éclatante, toujours plus vive la nuit, mais qui

se montre parfois même en plein jour. Après avoir décrit sur la surface du ciel une trajectoire d'une certaine étendue, dont l'inclinaison à l'horizon et la direction sont variables, et laissé derrière lui une



Fig. 30. — Météore observé à Hurworth (comté de Durham).  
en octobre 1854.

trainée plus ou moins persistante, le bolide fait explosion, se divise en plusieurs fragments ou fait jaillir des étincelles et peu après s'éteint. Un intervalle de temps parfois considérable s'écoule entre l'explosion et la détonation, indiquant de la sorte la distance à laquelle l'observateur se trouve du météore, au moment où il se divise et où des fragments

vont se précipiter sur le sol. Il est rare que cette détonation soit unique; deux, trois et parfois un plus grand nombre de coups se succèdent à intervalles tantôt rapprochés, tantôt séparés les uns des autres. Le bruit qui se fait ainsi ressemble au grondement ou au roulement du tonnerre; quelquefois, c'est comme la détonation d'une pièce d'artillerie, ou encore la crépitation d'une fusillade. L'intensité du bruit dépend d'ailleurs de la distance à laquelle on se trouve de l'explosion. Si l'apparition du météore a lieu pendant la nuit, les phénomènes lumineux qu'on vient de décrire peuvent s'apercevoir à la fois sur une grande étendue de pays qui s'accroît d'ailleurs en raison de la trajectoire parcourue par le bolide. Dans ce cas, la distance des régions où il se montre à son arrivée dans l'atmosphère, peut être considérable si on la mesure du point où il fait explosion, et alors le bruit de la détonation ne parvient point jusqu'aux oreilles des observateurs les plus éloignés, qui souvent cependant voient le bolide se diviser en fragments, puis s'éteindre silencieusement, tandis que la détonation gronde au-dessus des observateurs témoins et voisins de la chute. Ces derniers, peu après le grondement sourd de la détonation, entendent encore un sifflement, produit par les fragments du météore fendant l'air avec rapidité. Les Chinois comparaient ce sifflement au bruissement des ailes des oies sauvages, ou encore à celui d'une pièce d'étoffe qu'on déchire brusquement.

Telle est la succession ordinaire des phénomènes qui précèdent la chute ou qui l'accompagnent. Les pierres tombées à Laigle en 1803 nous en ont fourni un premier exemple. En voici quelques autres qui achèveront de donner au lecteur une idée de ces phénomènes et montreront, en même temps, sous quelles apparences variées ils se présentent aux spectateurs.

« Dans la nuit du 13 au 14 mai 1831 <sup>1</sup>, un globe lumineux fut aperçu tout à coup de la ville de Poitiers, dans la région de l'est de l'atmosphère; il marchait du sud au nord. Son éclat ressemblait à la lueur d'un vaste incendie. Trois détonations violentes, aussi fortes que l'explosion d'une pièce d'artillerie, furent entendues à des distances considérables, et notamment à Rochefort, qui est éloigné de Vouillé de plus de 90 kilomètres. La dernière détonation fut suivie d'un bruit sourd et lointain, mais très puissant, et ressemblant au roulement d'une voiture emportée rapidement sur un pavé inégal. Ce bruit se prolongea fort longtemps. L'auteur du récit, qui l'écouta avec la plus grande attention, observe qu'il n'offrait pas les nuances de décroissement et de renforcement, effets ordinaires des échos du tonnerre, mais qu'il était uniforme et rappelait celui du froissement produit par un corps solide se mouvant dans l'air avec une grande rapidité.

« Le lendemain, 14 mai, un cultivateur du village de Vouillé, qui est situé à environ 20 kilomètres au sud-ouest de Poitiers, se rendant dans sa vigne, y trouva un corps étranger qu'il était certain de n'y avoir jamais vu, quoiqu'il y eût travaillé la veille. Surpris de cette rencontre, il appela ses voisins les plus proches. Tous ensemble remarquèrent dans le sol une excavation récente, d'un diamètre d'environ 66 centimètres et d'une profondeur de 40 centimètres. La terre avait été jetée hors d'un trou dans la direction du nord-est. La *cosse*, ainsi qu'on nomme dans le pays la pierre qui forme le sous-sol, avait été brisée et triturée à 25 centimètres de profondeur; ses débris avaient aussi été rejetés sur les parois de

1. *Bulletin de la Société d'agriculture, belles-lettres et sciences de Poitiers*, 1831.

l'excavation, et dans la même direction que la terre. Le projectile, cause évidente de ces effets, était sorti lui-même du trou qu'il avait produit et gisait à quelque distance. »

Une météorite tomba, le 31 janvier 1836, à 1 heure après midi, sous les yeux de deux chasseurs, dans les landes du village de Mascombes (Corrèze). « La chute de la pierre fut précédée de deux détonations semblables à celle d'un tonnerre lointain, puis d'un violent sifflement qui leur parut venir du nord. Le temps était très couvert et pluvieux ; c'est ce qui explique sans doute pourquoi ils n'aperçurent pas de dégagement de lumière. Quand, après un premier moment de frayeur, ils allèrent extraire la pierre qui s'était enfoncée dans un terrain humide, jusqu'à une profondeur d'environ 65 centimètres, elle ne présentait plus de chaleur sensible. Elle atteignait à peine la grosseur du poing ; son poids était d'environ 1 kilogramme. »

Dans la soirée du 14 mai 1864, vers 8 heures, il tomba dans le sud-ouest de Montauban un groupe de pierres météoriques qui furent dispersées sur le territoire de diverses communes de Tarn-et-Garonne, Montbéqui, Grisolles, Campsac, La Bastide-Saint-Pierre, Nohic et Orgueil. C'est dans cette dernière localité que la chute fut la plus abondante ; aussi les pierres recueillies sont-elles désignées sous le nom de *météorites d'Orgueil*. Nous reviendrons plus loin sur leur composition minéralogique, qui les distingue du plus grand nombre des météorites connues.

Le phénomène de la chute fut précédé de l'apparition d'une vive lumière, qui fut aperçue dans tout l'ouest et le sud-ouest de la France, depuis Vannes et le Mans, Gisors dans l'Eure, jusqu'à Bordeaux, Nérac, Agen, Montauban. Le bolide, se mouvant de l'ouest à l'est, avec une légère inclinaison vers le sud, fut

également vu en Espagne, à Santander, point le plus occidental de son apparition, et à Paris, point le plus oriental. De nombreuses descriptions du météore furent adressées aux corps savants, et notamment insérées aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. En voici quelques extraits relatifs aux phénomènes acoustiques et lumineux.

M. Lespialt, qui observait à Nérac, dit en parlant du bolide : « Son aspect était celui d'une énorme fusée. La traînée lumineuse qu'il laissait derrière lui est comparée à celle que laisse une allumette phosphorescente frottée sur un mur. Un nuage d'un blanc cendré s'est formé entre le zénith et le point où le bolide a fait explosion et a persisté pendant huit ou dix minutes. Sa grandeur apparente était de 12 degrés de long sur 2 degrés de large ; il s'est divisé en deux, s'est aggloméré de nouveau, puis a disparu. L'intervalle de temps écoulé entre l'explosion et le bruit perçu de la détonation a été évalué à trois minutes exactement. Ce bruit est comparé à celui d'un coup de canon suivi d'un roulement prolongé pendant deux ou trois minutes. »

« Hier au soir, à 8 heures, dit M. Bourrières, un météore lumineux d'une très grande puissance a passé au-dessus de la ville d'Agen. Nous avons été éblouis par une vive lumière, et nous avons vu un globe de feu d'une couleur blanche légèrement teintée de jaune, traversant le ciel, et ayant une marche que je comparerai à celle d'une fusée de moyenne vitesse, l'intensité de clarté allant en augmentant jusqu'au moment où, arrivé à l'extrémité de sa course, il a produit une vive flamme blanche légèrement bleuâtre, semblable à la lumière électrique. Ce globe de feu s'est divisé en trois globes plus petits, qui ont brillé quelques instants, comme les étoiles lancées par une fusée, et tout a disparu. Cependant nous avons

remarqué encore longtemps la petite traînée blanche, comme de petits nuages cotonneux, sur tout le parcours du météore.

« J'étais surpris de ne pas entendre d'explosion, lorsque, environ deux ou trois minutes après la disparition du météore, nous avons entendu un grondement de tonnerre assez violent qui a duré l'espace de trente secondes environ. Ce phénomène s'est produit par un temps et un ciel très clairs; il n'existait pas de nuages dans le ciel. »

Au Mans, à Vannes, à Gisors, à Santander, à Paris, c'est-à-dire dans tous les endroits les plus éloignés du point où s'est faite la chute, on n'a entendu aucun bruit, ce qui s'explique aisément, l'intensité du son diminuant en proportion du carré de la distance. A Tulle, on n'a rien entendu, mais on a pu constater la division du bolide en trois fragments, qui s'abaissèrent en divergeant sur l'horizon. Quant à l'intervalle entre l'explosion finale et la perception du bruit de la détonation, il varie naturellement, et les chiffres donnés s'accordent assez bien avec les distances. Ils indiquent une hauteur considérable du point d'explosion dans l'atmosphère. D'après le relevé géométrique que M. Laussedat a effectué en utilisant les données les plus précises des observations recueillies, ce point, situé verticalement au-dessus des villages de Nohic et d'Orgueil, était à 20 kilomètres environ au-dessus de la surface de la terre. Lorsque le bolide passa au-dessus de Nérac, sa hauteur verticale n'aurait pas été moindre de 100 kilomètres. D'après M. Lespiault, cette dernière hauteur serait exacte, mais il porte à 40 kilomètres celle du point d'explosion. Dans tous les cas, ainsi que l'a fait observer M. Daubrée, le phénomène s'est passé à une hauteur où l'air est excessivement raréfié. « Or, pour qu'une explosion produite dans des couches d'air

aussi raréfié ait donné lieu, à la surface de la Terre, à un bruit d'une pareille intensité, et sur une étendue horizontale si considérable, il faut admettre que sa violence dans les hautes régions dépasse tout ce que nous connaissons. »

Les météorites d'Aumale (Algérie), tombées le 25 août 1865 en deux points distants de 5 kilomètres environ, ont eu pour témoins des indigènes de la tribu des Senhadja. Voici en quels termes l'un d'eux rend compte des circonstances de l'une des chutes dont il fut témoin, à moins de vingt pas de distance, près de la Mechta nommée Gouamar, dans la tribu des Ouled-Sidi-Sahem : « Il était à peu près la moitié du jour ; je revenais de la forêt, lorsque, tout à coup, j'entendis une forte détonation, semblable à celle de plusieurs pièces de canon. Je fus surpris et regardai de tous côtés. Ce ne pouvait être le tonnerre, car un instant auparavant le ciel était très pur. Presque au même instant, j'entendis un ronflement dans l'air. Je regardai au-dessus de moi : je vis un nuage et quelque chose de noir qui se précipitait sur ma tête. Je m'affaissai et recommandai mon âme à Dieu, en pensant devoir être écrasé sous l'objet qui descendait du ciel ; mais à l'instant cet objet tomba près de moi et fit jaillir un tourbillon de poussière. Je courus en cet endroit, tout surpris de ne pas être mort. Je vis alors une pierre. En voulant l'extraire du trou qu'elle avait produit, je fus obligé de retirer immédiatement la main, car je sentis une chaleur excessive. J'attendis quelque temps ; puis j'allai chercher d'autres personnes avec des pioches, et, dans la soirée, nous retirâmes la pierre, qui avait perdu presque toute sa chaleur. Nous en brisâmes des fragments pour les conserver précieusement, afin de nous garantir des Chitanes ; puis nous la portâmes au caïd <sup>1</sup>. »

1. Ces pierres, au dire des marabouts, sont lancées contre

La seconde météorite, tombée le même jour et à la même heure, fut ramassée par un indigène de la tribu des Senhadja. Le bruit qui se fit entendre dans cette localité parut semblable à un coup de tonnerre suivi de nombreuses petites explosions, qui paraissaient provenir de trois canons tirant ensemble et dont les boulets éclateraient dans tous les sens. Il n'est question dans l'une et l'autre chute d'aucun phénomène lumineux, ce qui tient peut-être à l'intensité de la lumière du jour par un temps parfaitement clair.

Terminons par le récit de la chute des météorites qui tombèrent le 30 mai 1866, sur le territoire de Saint-Mesmin, commune du département de l'Aube. C'est le matin, vers 4 heures moins un quart, par un temps calme et un ciel que chargeaient seulement quelques nuages, qu'on vit une masse lumineuse parcourir l'espace avec une rapidité extrême répandant au loin une vive clarté. Cette lumière fut aperçue sur une étendue de pays mesurant plus de 85 kilomètres. Elle n'était pas blanche comme celle d'un éclair, mais rougeâtre. Plusieurs témoins constatèrent l'apparition d'un nuage blanc qui descendait à la suite du globe lumineux et qui se dissipa quelques secondes après les premières détonations. Celles-ci, au nombre de trois, pareilles au bruit du canon, se succédèrent à quelques secondes d'intervalle, en décroissant d'intensité. Elles furent suivies de plusieurs autres plus faibles, pareilles à des coups de fusil se succédant irrégulièrement, ainsi qu'il arrive dans un feu de deux rangs. Outre ces détonations qui se rapprochèrent de plus en plus, on entendit un

les Chitanes insubordonnés et par conséquent émanent d'une source divine; aussi les marabouts de la tribu des Ouled-Sidi-Sahem les recherchèrent-ils avec empressement pour les porter en amulettes et s'en servir de talisman contre toute divinité infernale.

sourd grondement pareil au roulement du tonnerre.

Aussitôt après l'explosion, on vit une *langue de feu*, une *pluie de feu* — ce sont les expressions de divers témoins — se précipiter vers la terre; puis un sifflement pareil à celui d'une fusée, mais très violent, qui dura environ douze secondes. Un ouvrier du chemin de fer que la première détonation avait fait sortir de sa guérite, rapporte que le sifflement avait « une telle intensité qu'il lui occasionna, à part une grande frayeur, un frisson qui dura quatre minutes et un bourdonnement dans les oreilles pendant près d'une heure ». Un garde-poseur de la voie « déclara avoir entendu au-dessus de sa tête un bruit qui ressemblait à celui produit quand on ouvre les robinets purgeurs d'une machine ». Un autre témoin évalua la durée du sifflement à dix secondes et ce n'est qu'ensuite qu'il entendit les fortes détonations de l'explosion. Cette interversion apparente des bruits s'explique par ce fait que le témoin se trouvait à 3 kilomètres du théâtre de l'explosion. Enfin, d'après plusieurs témoins, les premières détonations occasionnèrent des secousses dans les murs des habitations. Certains ont cru qu'on frappait à leur porte ou à leurs contrevents et se sont levés pour ouvrir. Un autre affirme « qu'avant qu'il eût entendu aucun bruit, la guérite dans laquelle il se trouvait a éprouvé une telle secousse qu'il a pensé qu'elle allait être renversée. Il s'est levé précipitamment pour sortir, et c'est quand il franchissait le seuil de la porte qu'il a entendu la première détonation ».

On trouva trois météorites sur le territoire de Saint-Mesmin, à des distances respectives de 660, 1 432 et 1 850 mètres.

## II

**Origine extra-terrestre des météorites.**

On pourrait multiplier les exemples qui permettraient de rassembler les traits caractéristiques des chutes de pierres authentiquement constatées. On les retrouverait, à des détails près, presque tous les mêmes que ceux qui ressortent des descriptions qu'on vient de lire. Ils témoignent d'une communauté d'origine incontestable, au moins en ce sens général qu'il est impossible d'admettre l'opinion des savants du dernier siècle, les uns croyant que la formation de ces pierres a lieu dans les hauteurs de l'atmosphère, les autres qu'elles proviennent des volcans terrestres, d'autres enfin que la foudre seule a calciné leur surface, leur chute étant une illusion de témoins ignorants.

Depuis longtemps la science a prononcé : les témoignages recueillis de toutes parts ont démontré la réalité des chutes; la hauteur considérable à laquelle se produisent l'inflammation, puis l'explosion finale, l'étendue souvent énorme des régions au-dessus desquelles voyagent les météores, mais surtout la vitesse extrême avec laquelle ils parcourent leurs trajectoires, vitesse qui est du même ordre que celle des corps célestes, ne peuvent laisser aucun doute sur l'origine des météorites. Au même titre que les étoiles filantes et les bolides, ce sont des corps étrangers à la Terre, qui, avant et quelquefois même après leur chute, se mouvaient indépendamment dans les profondeurs des régions interplanétaires ou interstellaires, et qui ont rencontré notre globe accidentellement, ou, si l'on préfère, grâce à l'intersection de leurs orbites respectives.

Quand on parle de la vitesse des météorites, il faut

bien comprendre qu'il s'agit de celle qui les anime lorsqu'elles parcourent leur trajectoire dans les hautes régions de l'atmosphère, avant le phénomène de l'explosion et de la chute. C'est ainsi que la météorite d'Orgueil, d'après les observations nombreuses du bolide qui a manifesté son trajet dans l'air, se mouvait avec une vitesse de 20 kilomètres à la seconde; d'autres cas ont donné des vitesses de 30 kilomètres; nous avons cité des bolides détonants dont la vitesse surpassait la vitesse cométaire.

Aussi, en présence de ces chiffres, s'étonne-t-on de la faible profondeur à laquelle les fragments précipités sur le sol pénètrent dans les couches terrestres. C'est qu'on ne fait pas alors une distinction essentielle. A partir de l'explosion, la météorite qui a épuisé sa vitesse planétaire, dont la force vive a été employée à vaincre la résistance de l'air et à le comprimer, en développant une haute température, tombe sur la terre à peu près comme un corps pesant abandonné à l'action de la pesanteur; sa vitesse désormais est réduite à celle qu'un tel corps prend dans sa chute. De plus, les couches d'air qu'il traverse successivement étant de plus en plus denses à mesure qu'il s'approche davantage du sol, la vitesse de chute est ainsi considérablement ralentie par la résistance de ces couches.

Toutes les météorites, en rencontrant notre globe, et en subissant l'action qui les entraîne à sa surface, ne possèdent pas, au moment de leur entrée dans notre atmosphère, la même vitesse relative, celle-ci ne dépendant pas uniquement de leur vitesse propre, qui se compose avec les déplacements dus aux deux mouvements de rotation et de translation de la Terre. Nous avons déjà fait cette remarque en parlant de la vitesse des essaims d'étoiles filantes; nous n'insisterons donc pas.

## III

**Nombre, poids, volume des pierres  
d'une même chute.**

Le nombre des météorites appartenant à une même chute est extrêmement variable. Beaucoup sont isolées, ou, du moins, on ne trouve souvent qu'une seule masse, mais la difficulté de découvrir des fragments dont le volume peut être fort petit, sur une étendue de terrain qui embrasse parfois plusieurs lieues, ne permet guère d'affirmer que la météorite tombée soit vraiment unique. Fréquemment aussi la chute paraît formée de deux ou trois morceaux distincts : la chute d'Aumale a fourni deux pierres, celle de Saint-Mesmin en a donné trois. Nous avons vu qu'à Laigle, Biot évaluait à 2 000 ou 3 000 le nombre des pierres ramassées sous un espace elliptique de deux lieues et demie de long sur une lieue de large; la chute d'Orgueil a donné des pierres en une soixantaine d'endroits différents, compris aussi dans un espace ovale dont le grand axe ne mesurait pas moins de 20 kilomètres et le petit axe 4 kilomètres environ. La chute de Knyahinia, du 9 juin 1867, fut aussi nombreuse que celle de Laigle, et celle de Pulstuck, du 30 janvier 1868, a été encore plus remarquable, aussi bien par le nombre des pierres recueillies que par l'étendue de la région sur laquelle elles ont été trouvées.

Quant au volume et au poids des masses météoriques, ils ne sont pas moins variables que leur nombre. Mais il est à remarquer que les plus volumineuses se trouvent parmi les fers météoriques, qui ont aussi la plus forte densité. La masse de fer trouvée en France en 1828, à Caille (département des Alpes-Maritimes), et qui figure entière dans la

collection du Muséum, ne pèse pas moins de 625 kilogrammes; le fer de Charcas (Mexique) pèse 780 kilogrammes. On a trouvé au Brésil, à Sainte-Catherine, en 1875, des blocs de fer dont le poids total atteignait 25 000 kilogrammes; un des blocs ne pèse pas moins de 7 000 kilogrammes : c'est la plus pesante des masses météoriques connues; son volume toutefois n'est pas d'un mètre cube. C'est au Brésil également, à Bendego, qu'a été recueilli un fer météorique du poids de 5 600 kilogrammes. Cette masse trouvée, dès 1784, au milieu d'une forêt vierge, n'avait pu être transportée sur un chariot trainé par 140 bœufs, qu'à cent cinquante pas du lieu où elle gisait. C'est seulement un siècle plus tard, en 1888, que l'empereur du Brésil a pu la faire transporter à Rio-de-Janeiro, grâce à l'établissement de la voie ferrée de Bahia à San-Francisco. Ce transport, qui a exigé quatre mois et demi, n'a pas coûté moins de cent mille francs. D'autres fers de même origine, sans atteindre des poids aussi considérables, méritent encore d'être cités : tel est celui qui est tombé en 1810 à Santa-Rosa dans la Nouvelle-Grenade, sur le chemin de Pamplona à Bogota, dont le volume est d'un dixième de mètre cube environ et le poids de 750 kilogrammes; divers fragments de même composition ont été trouvés, par Boussingault et Mariano de Rivero, non loin de la masse principale. Le fer de Juncal (Chili) pèse 104 kilogrammes; il mesure 48 centimètres de longueur et son diamètre 19 centimètres. Le fer d'Atacama ou mieux d'Imilac se compose de plusieurs grandes masses de 30 à 40 kilogrammes et d'un millier de fragments dont le poids varie de 2 à 3 décigrammes. La collection du Muséum possède un échantillon de 12 kilogrammes provenant des fers météoriques de la Sierra de Chaco, trouvé dans le même désert d'Atacama; d'autres fragments

isolés de la même chute pèsent 25 kilogrammes, et on en a recueilli en tout plus de 2 quintaux métriques. Ces derniers exemples prouvent que les chutes de fer peuvent, comme celles des pierres, fournir de nombreuses météorites, tombées à la fois au même lieu.

Les pierres proprement dites donnent, en général, des poids moins forts que les fers. « Celles de 300 kilogrammes, dit M. Daubrée, comme il en est tombé une à New-Concord, le 1<sup>er</sup> mai 1860, sont une rare exception, et le poids de 50 kilogrammes n'a pas été souvent dépassé. » Le plus gros échantillon du Muséum, celui de Vouillé, pèse 42 kilogrammes. Nous avons vu que la plus grosse des pierres de la chute de Laigle pesait 8 kilogr. 56. A Pulstuck, sur des milliers de pierres, la plus lourde avait un poids de 7 kilogrammes, bien qu'on eût évalué à 600 kilogrammes le poids total des échantillons ramassés ; l'une des météorites d'Aumale pesait 6 kilogr. 728 ; à Orgueil, le poids maximum était 2 kilogrammes. Et encore ne mentionnons-nous ici que les plus volumineuses des météorites pierreuses. Pour le plus grand nombre des échantillons, le poids est beaucoup plus petit. M. Daubrée nous apprend que « la collection du Muséum n'a pas reçu moins de 950 échantillons de la chute de Pulstuck, complets, c'est-à-dire entièrement recouverts de leur croûte. Leur diamètre atteint rarement celui d'un œuf de poule, et leur poids moyen est de 67 grammes. Cent vingt d'entre eux, dont le diamètre moyen est seulement de 3 à 4 centimètres, pèsent en moyenne 30 grammes. Enfin, pour cent autres, le diamètre descend à 2 centimètres et demi, c'est-à-dire à celui d'une noisette, et leur poids moyen n'est que de 12 grammes. On en a trouvé dans cette chute dont le poids était seulement de 1 gramme. Lors de la

chute survenue le 1<sup>er</sup> janvier 1869 à Hessle, près d'Upsal, en Suède, on en a recueilli de plus petites encore, et l'on peut en voir au Muséum de Paris deux qui pèsent 0 gr. 60 et 0 gr. 17, et au musée de Stockholm une qui descend à 0 gr. 06. Si, jusqu'à présent, on n'en avait pas encore signalé d'aussi petites dimensions, cela s'explique par la difficulté d'apercevoir de si petits grains au milieu des terrains meubles qui composent en général la surface du sol. »

Le plus souvent les pierres d'une même chute, comme celles de Pulstuck dont vient de parler l'éminent géologue, sont autant de météorites complètes, puisqu'elles arrivent au sol recouvertes du vernis de fusion, ou de leur croûte noirâtre. Mais il reste à savoir si elles étaient déjà séparées avant leur entrée dans l'atmosphère, auquel cas leur ensemble pourrait être assimilé à un essaim, ou bien si c'est seulement après l'explosion qu'une météorite plus grosse s'est rompue, divisée en fragments d'inégale grosseur, soumis individuellement après la rupture à une chaleur assez intense pour vitrifier leur surface.

Pour résoudre cette question, on a considéré le mode de répartition des pierres dans les chutes multiples. On a constaté que, dans un grand nombre de cas, par exemple dans les chutes de pierres d'Orgueil, de Stannern, de Hessle, de Pulstuck, la région recouverte avait la forme d'un ovale dont le grand axe marque la direction du mouvement du bolide et que les plus grosses pierres se trouvaient à l'avant de l'ellipse, les plus petites à l'arrière. C'est l'air, disait-on avec raison, qui, par la résistance dont l'effet est plus grand pour de petites masses, opère cette sorte de triage. Cela suppose que, lors de l'entrée dans l'atmosphère, les fragments de la chute étaient déjà séparés. Si la séparation, ajoutait-on, était le fait

d'une explosion, les morceaux projetés au hasard seraient tombés sans ordre sur la région qu'ils auraient recouverte.

Il est vrai qu'à Laigle, c'est, d'après le rapport de Biot, le contraire qui s'est présenté : les plus grosses pierres ont été trouvées au sud-est de l'ovale, c'est-à-dire à l'arrière du mouvement du bolide; même fait a eu lieu dans la chute de Knyahinya.

D'ailleurs, l'argument présenté ci-dessus en faveur d'une séparation antérieure, c'est-à-dire de l'existence d'essaims météoriques, ne serait valable que si l'explosion était, comme on le croyait d'abord, comparable à celle d'une masse se brisant sous l'effort d'une compression interne, sous l'expansion d'un gaz. Mais on a vu que ce que l'on appelait d'abord improprement une explosion, n'est en réalité qu'une rupture produite par l'énorme pression qu'engendre le mouvement rapide du bolide. Les morceaux, en se séparant, continuent à se mouvoir dans des trajectoires peu différentes; suivant leur grosseur et leur masse, ils éprouveront des résistances très inégales, les petits perdront, toutes choses égales, plus que les gros et ce sont ces derniers qui iront tomber le plus loin. Il n'est donc pas prouvé, comme l'admettait Haidinger et après lui notre savant géologue Stanislas Meunier, que « les météorites entrent dans notre atmosphère sous forme de fragments distincts les uns des autres <sup>1</sup> ».

M. Daubrée, que ses remarquables expériences sur les effets mécaniques des gaz ont conduit à expliquer par la pression de l'air la rupture des bolides auparavant regardée comme due à une explosion, est arrivé à conclure, ainsi que le faisait M. Hirn d'après d'autres considérations, que les météorites, « lors même

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, pour 1883, t. II.

que la chute en apporte des centaines, ne sont pas séparées les unes des autres et isolées, lorsqu'elles entrent dans l'atmosphère terrestre <sup>1</sup> ».

Pour en revenir au volume des météorites, on ne peut s'empêcher de constater combien il paraît faible en comparaison des masses terrestres, des blocs de roches de nos montagnes, de nos montagnes elles-mêmes. On s'étonne que, pour des milliers de pierres tombées du ciel, venant des espaces célestes, il n'en soit pas arrivé d'infiniment plus volumineuses et plus pesantes. Parmi les bolides qui déterminent ces chutes, il en est beaucoup dont la lumière intense faisait présager une grosseur bien plus considérable. Nous en avons cité dont le diamètre apparent égalait ou même surpassait celui du disque de la Lune. Humboldt, faisant observer (*Cosmos*, I) que les diamètres réels déduits de la grosseur apparente des plus grands bolides seraient de 160 et de 850 mètres, met en regard de ces chiffres les dimensions des plus volumineuses météorites connues, de celles de Bahia au Brésil, d'Otumpa dans le Chaco, qui mesurent 2 mètres et 2 mètres 50 de longueur, de la pierre d'Ægos-Potamos, que les anciennes chroniques de Paros faisaient grosse comme une double meule de moulin, de l'aérolithe colossal qui, tombé dans la rivière de Narni pendant le x<sup>e</sup> siècle, dépassait d'une aune le niveau des eaux. Il y a loin de ces dimensions, quelque fortes qu'elles soient, à celles qu'on aurait été en droit d'attendre des bolides à lumière si éclatante, de ces globes lumineux comparables au disque lunaire. On a invoqué, pour expliquer cette anomalie, le phénomène d'irradiation qui augmente toujours la surface d'un objet très lumineux. Mais cette raison nous paraît insuffisante. Ce

1. *Cours de géologie comparée*, par St. Meunier.

qui est plus probable, c'est que la partie solide de la météorite est enveloppée par les parcelles détachées de la masse, que le choc de l'air comprimé réduit en poussière impalpable, et qui s'enflamment au contact du gaz et de son excessive température. Cette sorte d'enveloppe lumineuse ne peut-elle pas augmenter considérablement le diamètre apparent du météore? Il y a lieu aussi de considérer que tous les bolides ne se précipitent pas en entier sur le sol : il en est, et le bolide d'Orgueil paraît avoir été de ce nombre, qui, après avoir laissé échapper une partie de la matière dont ils sont formés, traversent l'atmosphère de part en part et continuent leur course en s'éloignant de la Terre. Pour tous ceux qui se trouvent dans ce cas, on ne peut rien conclure de la petitesse relative des fragments recueillis, à celle du volume total : il est possible, il est probable même que ces fragments ne sont qu'une faible fraction de la météorite entière.

#### IV

##### Les poussières météoriques.

L'extrême petitesse des météorites qui tombent parfois, innombrables comme dans la chute de Pulstuck, pareilles, selon la juste expression de M. Daubrée, à une sorte de *gravois cosmique*, nous amène à dire quelques mots d'un phénomène qui se rattache probablement par le lien le plus direct, à celui des chutes météoriques. Nous voulons parler des chutes ou *pluies de poussières*, depuis longtemps signalées dans la science.

Chladni, après avoir donné le catalogue des chutes de pierres et de fer connues de son temps, y joint la liste d'une série de *chutes de poussières et de sub-*

*stances molles sèches ou humides.* Voici les lignes qui précèdent cette liste dans l'*Annuaire* de 1826; elles indiquent ce qu'on pensait alors de ces phénomènes :

« Tout ce qu'on a observé dans ces chutes, nous fait présumer qu'elles ne diffèrent pas essentiellement des chutes de pierres. Quelquefois, elles ont été accompagnées de chutes de pierres, comme aussi d'un météore de feu. Les poussières paraissent contenir à peu près les mêmes substances que les pierres météoriques. Il semble qu'il n'y a d'autre différence que dans la rapidité avec laquelle ces amas de matière chaotique dispersée dans l'univers arrivent dans notre atmosphère; mais, dès lors, ces substances doivent subir de plus ou moins grands changements suivant l'intensité de la chaleur que la compression développe dans l'air. Probablement, dans la poussière rouge et noire, l'oxyde de fer est la principale matière colorante. Dans la poussière noire on trouvera sans doute aussi du carbone. Je regarde les pierres noires et très friables tombées à Alais en 1806, comme faisant le passage de la poussière noire aux météorolithes ordinaires, la chaleur n'ayant pas été suffisante. »

Le catalogue des chutes de poussières de Chladni commence par celle qui eut lieu le 5 ou 6 novembre de l'an 472 de notre ère; cette poussière, très abondante, était noire et « le ciel semblait brûler ». Puis vient la poussière rouge tombée à Constantinople en 652, et cinquante-neuf autres cas jusqu'à la chute de poussière qui tomba, en août 1824, sur la ville de Mendoza (Répub. Argentine). Sur ces cinquante-neuf cas, près des trois cinquièmes consistent en pluie de poussière rouge, de neige rouge ou encore d'une matière semblable à du sang coagulé; dans un cas, la poussière est blanche et dans neuf elle est noire ou d'un gris cendré, ou encore c'est une sorte de terre attirable à l'aimant; dans huit cas, la matière tombée était vis-

queuse, fibreuse ou membraneuse et, dans quelques exemples, elle est signalée comme en feu ou brûlante.

On a beaucoup augmenté, depuis, la liste des chutes de poussières constatées, et les vues de Chladni, comme celles relatives à l'origine cosmique des météores, ont été reconnues exactes. Mais il a fallu en écarter ce qu'elles avaient de trop absolu. L'observation a prouvé, en effet, que toutes les pluies de poussières ne sont pas météoriques. Il en est un grand nombre dont l'origine terrestre est démontrée. Sans parler des particules d'origine organique, dont le plus grand nombre sont des germes vivants, spores, microbes, bactéries, et dont la couleur quelquefois rougeâtre ou jaunâtre produit, par leur mélange avec la pluie ou la neige, les phénomènes qu'on a qualifiés de *pluies de soufre* ou de *pluies de sang*, beaucoup d'autres sont d'origine minérale, enlevées par les vents au sol des continents ou aux eaux de la mer, ou encore projetées dans l'atmosphère par les éruptions volcaniques. Pour ne citer qu'un exemple de ces dernières, rappelons que la formidable explosion qui a détruit une partie de l'île de Krakatoa dans le détroit de la Sonde, et couvert d'une pluie de boue et de pierres ponce la mer et les îles voisines, a été suivie pendant des mois entiers d'une coloration anormale de l'atmosphère due, sans aucun doute, à la suspension à de grandes hauteurs dans l'atmosphère de parcelles infinitésimales de poussières volcaniques. La plus grande analogie d'ailleurs existe entre les causes qui provoquent la formation des poussières météoriques et celle des poussières volcaniques. Dans le premier cas, cette formation est due à la division de la matière que son extrême vitesse soumet à la compression brusque de l'air aussi bien qu'à une excessive température; dans le second cas, la température dont il s'agit préexiste et la brusque expansion de la vapeur d'eau

en contact avec ces laves, les réduit en une poussière impalpable projetée avec une force prodigieuse dans les hautes régions de l'air.

On comprend qu'une minutieuse analyse microscopique pouvait seule permettre de distinguer les poussières minérales terrestres des poussières minérales d'origine météorique. Parmi les savants qui se sont livrés à cette étude, il faut citer en Allemagne le célèbre Ehrenberg, en Angleterre M. Phipson, en Suède et Finlande et au Spitzberg M. Nordenskiöld et en France le savant directeur de la *Nature*, M. Gaston Tissandier. D'ailleurs, diverses observations ont témoigné de la réalité des chutes de poussières concordant avec des chutes de météorites et par suite du lien qui réunit ces deux sortes de phénomènes. Citons quelques exemples, d'après le catalogue de Chladni :

« 1618, en août. Chute de pierres, météore de feu et pluie de sang, en Styrie.

« 1721, vers le milieu de mars, Stuttgart. Météore et pluie rouge en grande quantité.

« 1813, 13 et 14 mars, en Calabre, Toscane et Frioul. Grande chute de poussière rouge et de neige rouge, avec beaucoup de bruit. Il tomba en même temps des pierres à Cutro, en Calabre.

« 1814, 5 novembre. On a trouvé dans le Doab, aux Indes, que chaque pierre tombée était dans un petit amas de poussière.

« 1819, en novembre, à Montréal et dans la partie septentrionale des États-Unis, pluie et neige noires, accompagnées d'un tremblement de terre, de détonations semblables à des explosions d'artillerie et d'apparitions ignées qu'on a prises pour des éclairs très forts. Quelques personnes ont attribué le phénomène à l'incendie d'une forêt; mais le bruit, les secousses, etc., montrent que c'était un véritable météore, comme

ceux de 472, de 1637, de 1762 et de 1814 (au Canada). Il paraît que les pierres noires et friables, tombées à Alais, en 1806, étaient à peu près la même substance dans un état de coagulation plus avancé. »

Dans ses *Études récentes sur les météorites*, M. Daubrée cite encore la chute d'une poudre formée d'oxyde de fer magnétique, qui eut lieu à Lobau, en Saxe, le 13 janvier 1835. « Cette chute vint à la suite de l'explosion d'un bolide qui se mouvait, dit-on, avec une vitesse extraordinaire, et dont les éclats paraissaient brûler en traversant l'atmosphère.

« C'est peut-être, ajoute l'éminent géologue, aux poussières météoriques qu'on doit rattacher la cause des traînées qui suivent les météorites au moment de leur explosion ; c'est peut-être aussi à la combustion de ces poussières qu'est due, en partie, l'incandescence des bolides. »

On vient de voir le rapprochement que Chladni faisait entre les poussières météoriques et la pierre friable tombée à Alais. C'est ce que l'on nomme une météorite *charbonneuse*, dont l'exemple fort rare s'est renouvelé à Orgueil, en 1864. M. Daubrée explique très clairement, au sujet de cette dernière chute, comment elle aurait pu consister en pluie poussiéreuse ou boueuse.

« La météorite charbonneuse d'Orgueil, dit-il, si intéressante à plusieurs points de vue, a été très instructive en ce qui regarde l'existence des poussières météoriques ; elle est friable au point que certains échantillons se réduisent en poudre par la simple pression entre les doigts. On peut donc s'étonner qu'ils soient arrivés entiers à la surface du globe. Peut-être s'explique-t-on ce fait en remarquant les deux circonstances suivantes. D'abord chaque fragment était enveloppé, au moment de la chute, d'une croûte vitrifiée, plus solide que le reste de la masse,

En outre, les diverses parties de la météorite sont cimentées par des sels alcalins; l'eau, en dissolvant ce ciment, amène la désagrégation complète de la météorite, qui se réduit en une poussière de la plus grande ténuité. De sorte que, si, le 14 mai 1864, le ciel, au lieu d'avoir été parfaitement pur, se fût trouvé pluvieux ou simplement couvert de couches de nuages, à travers lesquels ces pierres auraient dû passer, on n'aurait pu recueillir qu'une boue visqueuse comparable à celles dont on a observé la chute dans plusieurs circonstances. »

## V

### Distribution horaire, annuelle des chutes de météorites. — Leur distribution géographique.

Sur un nombre total de 477 chutes de pierres ou de fer que nous relevons, soit dans les catalogues, soit dans les recueils périodiques où l'on a coutume d'enregistrer ces sortes de météores, 31 sont douteuses. On les fait précéder du signe de l'interrogation qui indique l'incertitude de la chute. Il reste donc 446 pour le chiffre total, qui ne comprend pas d'ailleurs : 1° les fers météoriques dont l'époque de chute est inconnue, sauf pour cinq d'entre eux, bien que, comme nous le verrons bientôt, il ne puisse rester aucun doute sur leur nature et sur leur origine; 2° ni les chutes de poussières et autres matières visqueuses et molles, que Chladni portait en 1826 au chiffre de 59 et qui doit être aujourd'hui notablement augmenté; 3° ni enfin les bolides qui, par divers caractères, division en étincelles séparées, détonations ou encore traînées persistantes, sont évidemment des météorites <sup>1</sup>.

1. Le 21 décembre 1876, à 8 h. 40 du soir, un bolide remarquable fut aperçu passant sur les États de Kansas, Missouri,

En ajoutant tous ces météores aux chutes authentiques, on arriverait peut-être à doubler le nombre qu'on vient de lire, à citer un millier peut-être de ces événements qui mettent notre planète en communication avec l'espace, avec les régions célestes peuplées de corps étrangers à la Terre. Mais on peut croire que ce nombre resterait toujours beaucoup au-dessous du nombre réel. N'oublions pas que les chutes enregistrées, les pierres recueillies l'ont été presque toujours dans des pays où a pénétré une certaine civilisation et qui ont des annales où se conserve le souvenir des événements d'une certaine importance. L'Europe entière, dans les temps modernes, une partie de l'Asie, notamment la Chine et le Japon, l'Amérique depuis seulement deux ou trois siècles, voilà à peu près les seules contrées où l'on a pu noter les chutes météoriques. Une bonne partie de l'Europe au moyen âge et dans l'antiquité, de l'Asie, l'Afrique à peu près entière, l'Australie, n'ont pu fournir, faute d'observateurs ou du moins de chroniqueurs, leur contingent d'observations. Les terres d'ailleurs, continents et îles, ne font guère, comme on sait, que le quart de la superficie totale de la Terre, en sorte qu'il y a de fortes probabilités pour que la grande majorité des chutes soit restée inconnue. Il faut ajouter que beaucoup peuvent se produire de nuit et n'avoir pas de témoins, ou encore arriver par un temps défavorable.

Illinois, Indiana et Ohio, c'est-à-dire sur une distance qui s'étend de l'est à l'ouest sur environ 1 300 kilomètres, éclatant en nombreux fragments pendant son passage et produisant un essaim de globes brillants, qui se succédèrent les uns aux autres à travers l'atmosphère et dont le nombre a été estimé, suivant les observateurs, de 20 à 100. Cependant, à l'époque de cette description (*Scientific American*, février 1877), aucune portion de ce bolide n'avait été rencontrée à la surface du sol. Depuis, un échantillon a été trouvé à Rochester. (L. Smith.)

Ce qu'on peut dire, c'est que, depuis deux siècles; les chutes enregistrées sont devenues beaucoup plus nombreuses, ce qui doit provenir surtout du soin plus grand que l'on met à les noter. Pendant l'antiquité et le moyen âge, on a relevé 96 chutes, correspondant à une période d'environ vingt-six siècles. Les <sup>xvi</sup><sup>e</sup>, <sup>xvii</sup><sup>e</sup> et <sup>xviii</sup><sup>e</sup> siècles fournissent respectivement 21, 35 et 54 chutes; le <sup>xix</sup><sup>e</sup> siècle en a déjà, à lui seul, donné 271, et toutes sont bien authentiques.

Quoi qu'il en soit, et quelque incomplet que soit nécessairement tout catalogue de chutes de météorites, on a cherché à se rendre compte de leur mode de répartition dans le temps et dans l'espace. Se montrent-elles avec une inégale fréquence aux différentes heures du jour et de la nuit? aux époques différentes de l'année, mois ou saisons? Ces corps étrangers viennent-ils nous rencontrer en des régions particulières de l'orbite terrestre? Enfin, certaines régions terrestres sont-elles plus favorisées que d'autres sous ce rapport? Voyons ce que la statistique permet de répondre à ces diverses questions.

Sur 89 pierres météoriques dont l'heure de chute lui était connue, Chladni en trouvait 28 de six heures du matin à midi, 37 de midi à six heures du soir, 12 de six heures à minuit, 12 enfin de minuit à six heures du matin, ce qui donne un total de 65 chutes survenues pendant le jour contre 24 pendant la soirée et la nuit. La raison de cette prédominance des chutes de jour sur les chutes nocturnes ne serait-elle pas due simplement à ce que, d'une part, pendant la journée, les témoins sont nécessairement plus nombreux, et, d'autre part, à ce que l'endroit précis où tombent les pierres est plus aisé à discerner, les recherches des météorites par conséquent plus fructueuses. Ce qui donne un certain poids à cette remarque, c'est que le même savant ayant opéré de

la même manière sur 120 autres météores pour lesquels la chute est demeurée incertaine, n'en a trouvé que 30 pour les douze heures de jour, tandis que les

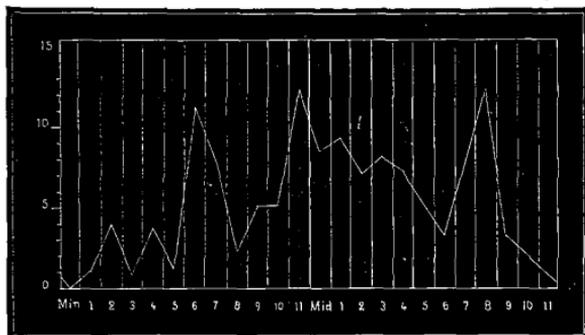


Fig. 31. — Courbe représentant la distribution horaire, diurne et nocturne, des chutes de météorites.

90 autres s'étaient montrées la nuit. Il s'agissait sans doute de bolides détonants, qu'il serait légitime

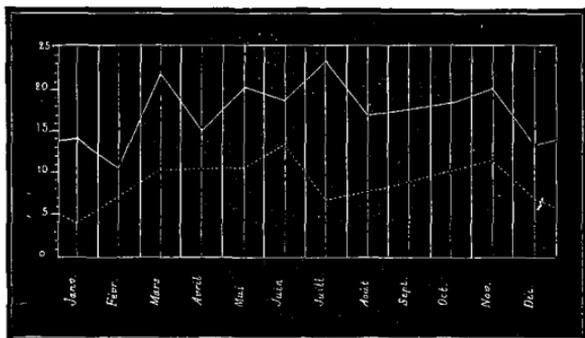


Fig. 32. — Répartition mensuelle des chutes de météorites.  
1. D'après Arago. — 2. D'après St. Meunier.

de joindre aux autres météorites, et alors la répartition donnerait : 30 météorites de six heures du matin à six heures du soir, en tout 95 ; 90 météorites de

six heures du soir à six heures du matin, en tout 114 : c'est-à-dire que la proportion se trouverait renversée, et la prédominance reviendrait aux chutes nocturnes.

Haidinger, que cite M. St. Meunier, dans son *Étude sur les météorites*, trouvait les nombres suivants relatifs à 125 chutes météoriques, dont les heures étaient connues :

De 6 h. du matin à midi...	42	} 86 diurnes.
De midi à 6 h. du soir.....	44	
De 6 h. du soir à minuit....	28	} 39 nocturnes.
De minuit à 6 h. du matin.	11	

La loi de prédominance est ici pareille à la première de Chladni, ce qui se conçoit, les chutes incertaines n'y étant pas non plus comprises. MM. Quételet, Greg et A. Herschel sont arrivés, de leur côté, à un résultat analogue.

Maintenant, certaines époques de l'année sont-elles plus favorisées que d'autres par le nombre des chutes? A cet égard, interrogeons encore les statistiques météoriques. Le tableau de la page suivante pourra donner une idée de la répartition mensuelle des chutes de pierres.

CHUTES DE MÉTÉORITES RÉPARTIES SELON LES DIVERS  
MOIS DE L'ANNÉE

	D'APRÈS CHLADNI			D'APRÈS ARAGO <sup>1</sup>			STANISLAS MEUNIER	D'APRÈS LES DOCUMENTS NOUVEAUX <sup>2</sup>		
	Mét.	Bol.	Tot.	Mét.	Bol.	Tot.		Mét.	Bol.	Tot.
Janvier....	7	24	31	14	55	69	4	26	58	84
Février....	6	21	27	10	57	67	7	25	60	85
Mars.....	13	21	34	22	48	70	10	33	48	81
Avril.....	9	18	27	15	52	67	10	30	55	85
Mai.....	12	17	29	20	50	70	10	44	50	94
Juin.....	8	8	16	18	43	61	13	37	43	80
Juillet....	10	21	31	23	74	117	6	32	74	106
Août.....	10	27	37	16	123	139	7	31	125	156
Septembre.	8	20	28	17	64	81	8	27	67	94
Octobre....	10	23	33	18	77	95	9	28	79	107
Novembre..	7	27	34	20	90	110	11	27	93	120
Décembre..	7	23	30	13	80	93	17	25	85	110
Totaux..	107	250	357	206	813	1019	112	365	837	1202

1. Les bolides, dans la statistique d'Arago, sont ceux dont l'énumération se trouve dans le tome IV de l'*Astronomie populaire*.

2. Les météorites, au nombre de 365, indiquées dans cette colonne, sont celles du catalogue de Chladni, complété par nous d'après les divers recueils scientifiques qui les ont mentionnées.

La comparaison des nombres de ce tableau ne donne aucune conclusion bien nette, en ce qui regarde les époques de maxima ou du minima du nombre des chutes. Cependant, d'après Chladni, Arago et les documents récents, les mois de mars et de mai correspondent à deux maxima, de même qu'en février le nombre des chutes est minimum. Nous ne parlons ici que des chutes authentiques, sans y comprendre les bolides. On arrive à des résultats plus probants si l'on fait la répartition des chutes d'après les positions de la Terre dans son orbite, par exemple en calculant leur nombre depuis le périhélie (vers le 1<sup>er</sup> janvier) jusqu'à l'aphélie (1<sup>er</sup> juillet) et depuis

l'aphélie jusqu'au périhélie. En procédant de la sorte, voici les nombres qu'on trouve : nous les calculons

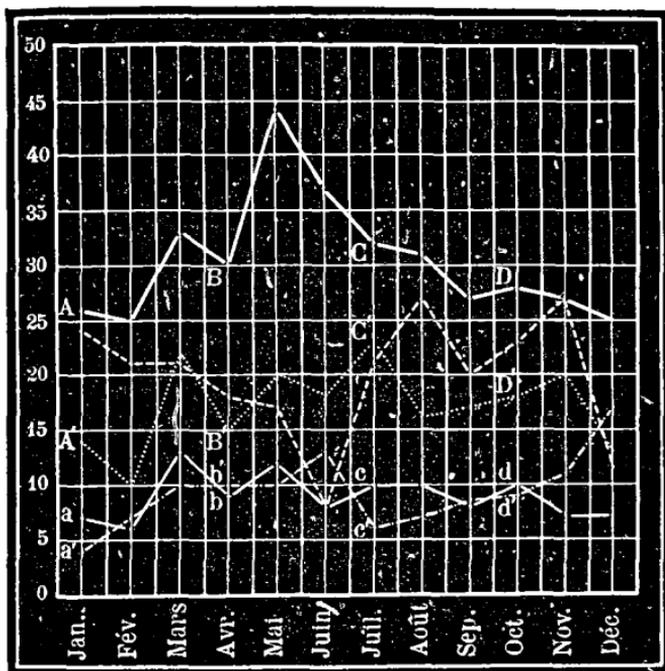


Fig. 33. — Distribution mensuelle des chutes de météorites — *a b c d*, d'après Chaldni —  $\alpha \beta \gamma \delta$ , d'après Chladni, avec les bolides. — *A'B'C'D'*, d'après Arago. — *a'b'c'd'*, d'après St. Meunier. — *A B C D*, d'après des documents nouveaux.

pour les météorites seules, ou pour les bolides à chute incertaine, enfin pour la réunion des deux sortes de météores :

	DU PÉRIHÉLIE A L'APHÉLIE			DE L'APHÉLIE AU PÉRIHÉLIE		
	Mét.	Bol.	Tot.	Mét.	Bol.	Tot.
D'après Chladni.....	55	109	164	52	141	193
— Arago.....	99	305	404	107	508	615
— St. Meunier.	54	—	54	48	—	48
— Statist. nouv.	195	314	509	170	523	693

Si l'on ne considère que les chutes de pierres, elles seraient plus nombreuses de janvier à juillet que de juillet à janvier d'après les données de Chladni, celles de Meunier et les documents récents; pour Arago, c'est le contraire. C'est le contraire aussi qu'il y a lieu de constater quand, aux pierres, on joint les bolides, de sorte que, si tous les bolides compris dans ces nombres étaient réellement des bolides détonants, il en faudrait conclure que la Terre en rencontre plus dans la moitié de son orbite comprise entre le 1<sup>er</sup> juillet et le 1<sup>er</sup> janvier, c'est-à-dire de l'aphélie au périhélie, que dans l'autre moitié, du périhélie à l'aphélie ou bien du 1<sup>er</sup> janvier au 1<sup>er</sup> juillet. S'il y a là une loi, elle est encore bien problématique; et d'ailleurs, pour les raisons qu'on a données plus haut, on doit reconnaître que les statistiques sont encore trop incomplètes, pour qu'on puisse en tirer des indications un peu certaines.

Un mot maintenant de la répartition géographique des chutes de météorites. On a cru remarquer que certaines régions étaient plus favorisées que d'autres sous ce rapport. Pour se faire une idée de l'exactitude de cette remarque, nous allons classer par contrées les chutes mentionnées dans les catalogues. Sur un total de 542 chutes, comprenant 436 chutes de pierres, 106 fers météoriques, l'Europe entre pour 307, dont

290 pierres et 17 fers; l'Asie pour 92, dont 89 pierres et 3 fers; l'Afrique pour 16 (11 pierres et 5 fers); l'Amérique pour 124, dont 43 pierres et 81 fers; l'Océanie pour 1; 2 pierres sont tombées en mer.

L'abondance des chutes en Europe s'explique en grande partie par ce fait que c'est là qu'on a recueilli surtout la mention de ces sortes d'événements. C'est pour une raison semblable, sans doute, que presque toutes les chutes du continent d'Asie appartiennent à la Chine et au Japon et surtout à l'Hindoustan (26 dans les deux premières contrées et 40 dans la dernière, où les Anglais sont attentifs à recueillir tous les phénomènes naturels). Mais ce qui est curieux et ce qui semble indiquer une sorte de sélection dans les chutes, c'est ce fait, signalé par M. St. Meunier, que, dans l'Inde, les météorites appartiennent toutes aux pierres, sans aucun fer météorique. Au contraire, les fers abondent sur le continent américain et surtout dans l'Amérique du Nord : sur 107 météorites tombées dans cette dernière contrée, 70 sont des fers, 37 seulement des pierres. Mais en Amérique même certaines régions sont plus favorisées que d'autres. « On sait, dit M. Daubrée, l'abondance des fers météoriques dans certaines parties des deux Amériques, au Mexique, aux États-Unis, au Chili. Tandis que certains pays ne mentionnent pas des chutes de pierres, ou n'en mentionnent que très rarement, comme la Suisse, d'autres pays, de même surface et qui ne paraissent pas mieux préparés à la constatation de ce genre de phénomènes, en ont été souvent le théâtre : telles sont certaines régions de la France méridionale <sup>1</sup>, la partie septentrionale de l'Italie et l'Inde anglaise; cette dernière ne figure pas pour moins de 34 chutes (40 maintenant), depuis la fin du siècle dernier. »

1. Barbotan, Agen, Toulouse, Orgueil, Alais, Laigle, Juvinas.

M. L. Smith, en présentant à l'Académie des sciences (dans sa séance du 8 octobre 1877) l'analyse des trois météorites de Rochester, de Warrenton et de Cynthiana, insistait sur la connexion de ces trois chutes, « qui ont eu lieu, disait-il, dans une période de 32 jours, et sous une bande de pays ayant environ 2° de latitude sur 6° de longitude ». Puis, il terminait ainsi sa communication :

« Pendant les dix-huit dernières années, il y a eu, aux États-Unis, 12 chutes de météorites qui ont été recueillies; toutes ces chutes ont été décrites par moi en détail, sauf une ou deux exceptions, et j'en ai envoyé des échantillons à différents musées d'Europe et d'Amérique. En estimant la quantité de matière minérale qu'elles ont fournie, j'ai été frappé de ce fait remarquable, que 8 d'entre elles, représentant plus de 1 000 kilogrammes de matière, sont tombées dans la région des prairies de l'Ouest, et sur une surface qui n'excède pas un huitième de l'étendue des États-Unis.

« Contrairement à l'idée qui se présente d'abord, on ne peut attribuer ce fait à ce que cette région est plus peuplée, et par conséquent a plus d'observateurs.

« Une circonstance encore plus frappante est celle-ci que, dans ces soixante dernières années, il y a eu, aux États-Unis, 20 chutes bien observées de météorites, parmi lesquelles 10 ou la moitié sont tombées dans cette même région qui vient d'être signalée comme ayant reçu les 8 chutes les plus récentes; de plus ces chutes y ont apporté environ 1 200 kilogrammes de substances minérales, c'est-à-dire une quantité vingt fois plus grande que celle des 10 autres chutes qui, pendant la période précitée, ont eu lieu en dehors de cette région. »

Sont-ce là, oui ou non, des coïncidences fortuites? Voilà une question, dans l'état actuel de la science, à laquelle il semble bien difficile de donner une réponse.

## CHAPITRE III

### ÉTUDE PHYSIQUE, CHIMIQUE ET MINÉRALOGIQUE DES MÉTÉORITES

---

#### I

#### Température intérieure et extérieure des météorites.

La plupart des météorites, au moment où elles arrivent à la surface du sol, sont recouvertes d'une croûte noire toujours très mince (de moins d'un millimètre d'épaisseur); tantôt mate, tantôt luisante, comme si les pierres avaient reçu une couche de vernis, cette croûte extérieure résulte d'une fusion que la pierre a subie pendant un temps fort court, celui de la traversée de l'atmosphère avant l'explosion. On parvient à la reproduire artificiellement en soumettant au chalumeau des éclats de météorites. M. Daubrée, à ce sujet, fait remarquer que « la foudre produit, sur les roches terrestres, un vernis qui n'est pas sans analogie avec celui des météorites; elle détermine en effet sur certaines roches, particulièrement vers les cimes des hautes montagnes, la formation de petites gouttelettes vitreuses ou d'enduits, sur lesquelles de Saussure a appelé l'attention; c'est même à cause de cette ressemblance que les savants auxquels on avait soumis les pierres tombées à Lucé (Sarthe), en 1768,

émirent l'idée qu'elles n'étaient que des pierres terrestres vitrifiées par la foudre<sup>1</sup> ».

L'incandescence des bolides avant leur chute suffit pour expliquer la fusion superficielle des pierres recueillies. D'ailleurs, ainsi qu'on a pu le voir dans plusieurs des exemples que nous avons cités, ces pierres conservent souvent, lorsqu'elles sont tombées, une partie de la haute température à laquelle elles se sont ainsi trouvées momentanément soumises. L'une des deux pierres tombées dans la cour de la ferme de la Métonnerie (chute de Laigle) était brûlante, car la terre fuma tout à l'entour. Il en fut de même pour les pierres de Saint-Nicolas, qui fumaient sur la place où elles venaient de tomber. Au village des Aunées, un ouvrier qui travaillait en plein air vit tomber à ses pieds une pierre qui rasa le long de son bras. « Il voulut la ramasser, dit Biot, mais elle était brûlante et il la laissa retomber tout effrayé. » La même circonstance, nous l'avons vu, s'était présentée pour la pierre météorique tombée à Lucé, et il serait aisé de multiplier ces exemples.

Il ne paraît pas que cette température excessive ait pénétré au delà de la croûte formée à la surface. Cela tient sans doute à la fois au temps très court pendant lequel a duré l'incandescence et à la faible conductibilité calorifique des matières composant la généralité des météorites. On cite, il est vrai, la météorite de Braunau comme ayant conservé assez longtemps sa température; mais, précisément, cette météorite était entièrement métallique, et la chaleur a dû pénétrer plus profondément à l'intérieur sans être aussi forte à l'extérieur. Humboldt fait remarquer que la masse de 30 livres, qui a pénétré alors dans la chambre d'un pauvre laboureur et a failli blesser ses trois en-

1. *Études récentes sur les météorites.*

fants, avait traversé le plafond formé de paille et d'argile, sans carboniser la paille, comme cela serait arrivé si la température de la croûte avait été très élevée.

Avant de pénétrer dans l'atmosphère, les météorites, qui se mouvaient dans un milieu à température excessivement basse, l'espace interplanétaire, doivent être en équilibre avec ce milieu. Leur intérieur doit donc être très froid, même après qu'elles ont été portées à l'incandescence par leur contact avec l'atmosphère. C'est ce qui semble avoir été constaté dans la météorite tombée à Durmsallah, dans l'Inde, le 14 juillet 1860. Voici en effet ce qu'on lit dans une lettre adressée à Élie de Beaumont par le chimiste Charles Jackson, chargé de l'analyse d'un fragment de cette pierre : « L'histoire de cette météorite est très curieuse, et on signale ce fait que, quoique la masse eût été enflammée et fondue à la surface, 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, 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 interplanétaires, 50 degrés centigrades, tandis que la surface était mise en ignition en entrant dans l'atmosphère terrestre. D'après la remarque de M. Agassiz, c'est un cas analogue à celui de la *glace frite* des cuisiniers chinois. »

Cette observation, à la vérité très rare sinon unique, est en opposition avec celles des pierres brûlantes ramassées après leur chute, mais d'autres arguments militent en faveur de l'opinion que la température interne des météorites est généralement basse. M. Stanislas Meunier fait observer que certaines météorites, par exemple les météorites charbonneuses, telles que celles d'Orgueil, auraient

été décomposées si la haute température de fusion de la croûte avait pénétré les couches intérieures. Elles renferment, en effet, des composés analogues à ceux dont l'étude fait le domaine de la chimie organique : « En les chauffant on les détruit; leur existence montre donc que la masse qui les renferme n'a pas été échauffée. De même, en soumettant au rouge certaines météorites formées de fer, on en dégage des gaz, hydrogène, azote et oxyde de carbone, retenus, suivant l'expression de Graham, par occlusion. Or cette expérience ne serait pas possible, si l'entrée du bolide dans l'air l'avait déjà produite, c'est-à-dire si la masse avait été portée au rouge, car les gaz occlus se seraient dégagés. De même enfin nous verrons que la plupart des météorites sont formées d'une roche blanche qu'il suffit de chauffer au rouge pour la colorer entièrement en noir foncé : si la température des météorites était aussi élevée qu'on pourrait le croire, les masses blanches nous seraient inconnues puisqu'avant d'arriver à terre elles auraient reçu la teinture noire que leur communique la chaleur <sup>1</sup>. »

## II

### Causes de l'inflammation, de l'explosion et de la détonation des météorites.

On a vu, dans la première partie, que l'inflammation des bolides et des étoiles filantes s'explique par la compression de l'air refoulé violemment en avant du corps, en vertu de la grande vitesse dont il est animé en pénétrant dans l'atmosphère. Cette explication dont l'idée avait été mise en avant par Benzenberg, et que les expériences si précises de Regnault

1. *Cours de géologie comparée.*

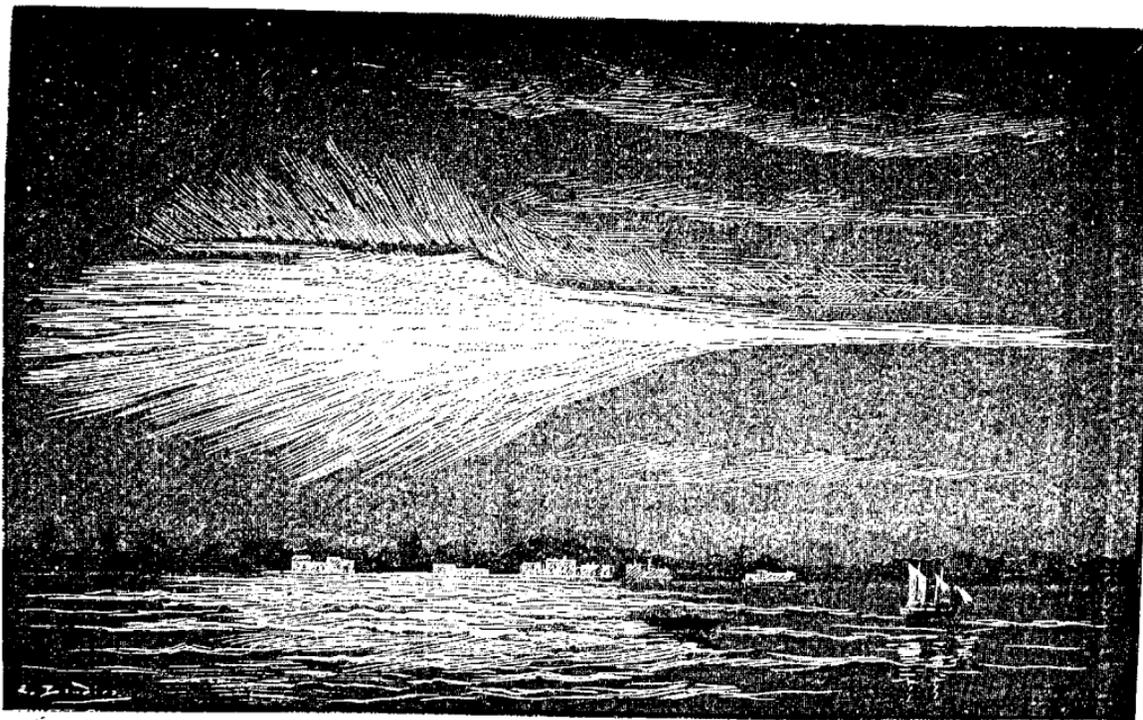


Fig. 34. — Explosion du holide de Quenggouck (Inde), le 27 décembre 1857, d'après le dessin du lieutenant Ailesbury.

sur les gaz justifient complètement, s'applique *a fortiori* à l'incandescence des météorites. Il restait à rendre compte de l'explosion qui précède immédiatement la chute. Pour M. Delaunay, le phénomène est une conséquence de la compression. L'air refoulé réagit sur le mobile avec une grande force, et sa partie antérieure éprouve de ce fait une pression que M. Haidinger a évaluée à 22 atmosphères, en partant de données qui ne sont pas exagérées. « Une pareille pression tend évidemment à écraser le corps qui en est l'objet; et si ce corps, en vertu de sa forme et de sa constitution intime plus ou moins irrégulières, présente des parties qui donnent plus de prise que le reste à l'action d'une aussi grande pression, elles peuvent céder et se détacher brusquement de la masse du bolide. On comprend d'ailleurs que l'échauffement rapide et tout superficiel du mobile, depuis son entrée dans l'atmosphère, en occasionnant des dilatations dans les couches voisines de la surface, tandis que le reste de la masse n'éprouve rien de pareil, doit amener des tiraillements intérieurs qui facilitent singulièrement la rupture. »

Offrant une moindre résistance à la pression de l'air comprimé que la météorite entière, ces fragments se trouvent rejetés en arrière et ce mouvement détermine la dilatation de l'air primitivement refoulé. De là la violence de l'explosion, des détonations qui peuvent être multiples, s'il y a plusieurs ruptures successives. Les fragments, qui ont perdu par le fait tout ou partie de la vitesse considérable dont ils étaient animés, n'arrivent plus guère à la surface du sol qu'avec la vitesse de chute d'un corps grave quelconque.

« Enfin, ajoute le savant géomètre et astronome, l'air comprimé et très fortement échauffé, qui a amené par sa pression résistante la rupture partielle du bolide, et qui s'échappe rapidement par les brèches

qu'il s'est ainsi ouvertes, enveloppe complètement en se dilatant les divers fragments qu'il a détachés, et produit par son contact instantané cet échauffement et cette fusion superficiels qui se manifestent par la croûte noire et mince des aérolithes et par leur chaleur si peu persistante au moment de leur chute <sup>1</sup>. »

Se plaçant à un autre point de vue, celui de la décroissance rapide de la vitesse des météorites, et de la conversion en chaleur de la force vive perdue par cette diminution, M. Govi prend un exemple qui fera comprendre combien est intense cette chaleur. Il considère un bolide du poids de 15 kilogrammes environ, animé, à son entrée dans l'atmosphère de la Terre, d'une vitesse de 50 kilomètres par seconde; il trouve que cette vitesse serait réduite à 29 kilomètres environ, quand le météore serait parvenu à un point où la pression barométrique serait de 1 millimètre. A la pression de 10 millimètres, il ne posséderait plus qu'une vitesse de 5 900 mètres, de 506 à la pression de 100 millimètres et enfin de 5 mètres au niveau de la mer. A la première de ces hauteurs, la perte de force vive aurait produit 2 921 000 calories, « qui suffisent et au delà, dit l'auteur de ce calcul, pour expliquer tous les phénomènes de lumière et de chaleur et tous les effets mécaniques, auxquels donne lieu la pénétration d'une météorite dans les couches les plus élevées de notre atmosphère ». La pression de 1 millimètre est celle de la couche d'air ayant une altitude de 50 kilomètres environ. M. Govi fait remarquer que la météorite supposée n'aurait pas eu besoin, pour devenir visible, de pénétrer aussi loin dans l'atmosphère. Arrivée au point où la pression barométrique n'atteint encore qu'un millième de millimètre, la chaleur développée atteindrait déjà 6 400 calories. Ainsi

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences* pour 1869, t. II.

s'explique l'énorme hauteur de quelques bolides dont la distance au sol a pu être mesurée <sup>1</sup>.

L'étude des causes des phénomènes sonores, calorifiques et lumineux qui accompagnent la chute des météorites a été plus récemment encore l'objet des recherches de divers savants. M. Hirn, dans une brochure publiée en 1883 sur ce sujet, a montré comment la lumière des bolides, leur rupture, leur bruit sont dans la dépendance directe et exclusive de la vitesse de ces corps. D'après son analyse, la différence de température produite par le choc d'un bolide contre l'air ne dépend point de la densité de ce gaz, mais seulement de la différence des pressions produites par le choc, laquelle, toutes choses égales d'ailleurs, provient seulement de la vitesse du mobile, et c'est ce qui explique la visibilité des météorites à des hauteurs considérables; c'est la confirmation des calculs de M. Govi. Quant à la cause des bruits qui se produisent à l'arrivée des météorites, M. Hirn l'assimile à celle du tonnerre : non seulement les corps, par leur excessive vitesse, écartent rapidement les particules aériennes dans leur parcours; mais encore entre en jeu la dilatation subie par le gaz qui, porté brusquement à une très haute température, passe instantanément pour ainsi dire à un volume beaucoup plus considérable.

En rendant compte du travail de M. Hirn, M. Daubrée reconnaît que l'énorme résistance de l'air suffit pour produire des effets calorifiques et lumineux d'une grande intensité. « Mais, ajoute-t-il, on ne saurait faire abstraction des actions chimiques qui doivent se produire alors; car les météorites ne peuvent être considérées comme des corps *entièrement brûlés*, ainsi que le suppose M. Hirn. Le fer métallique, le

1. Voir les *Comptes rendus* pour 1877, t. II.

nickel, qui en est allié, le soufre à l'état de sulfure, le phosphore à l'état de phosphure, sans compter le carbone qui s'y trouve quelquefois, de petites quantités de silicium, l'hydrogène et l'oxyde de carbone occlus, tous ces corps entrent nécessairement en combustion, dès qu'ils se trouvent en présence de l'oxygène et à une si haute température.

« Quant à la poussière minérale arrachée alors par le choc de l'air, quelle qu'elle soit, elle devient aussitôt lumineuse, d'après M. Hirn, comme le devient la poussière de chaux ou de manganèse projetée dans la flamme du gaz oxyhydrique, comme le deviennent les matières solides qui se précipitent continuellement dans les gaz incandescents de la photosphère solaire<sup>1</sup>. »

C'est sans doute à cette poussière, dont les particules de faible masse restent en arrière des météorites, que sont dues les traînées d'abord lumineuses, puis obscures, dont la tête des bolides est suivie, ainsi que les nuages de diverses teintes qu'on observe assez fréquemment dans la région du ciel où s'est faite l'explosion, ou, pour mieux dire, la rupture du météore. C'est l'explication qu'en donne M. Daubrée, dans son intéressant opuscule, *les Météorites et la constitution du globe terrestre*.

« Dans leurs parcours, dit-il, les bolides à météorites sont suivis d'une traînée d'abord brillante, puis obscure, comme celle qui paraît après la combustion d'une pièce d'artifice. Elle prend et conserve, pendant un temps plus ou moins long, la disposition de la trajectoire, en se substituant au sillon lumineux. Cette sorte de queue est due sans doute à des parcelles détachées du bolide, qui restent en suspension dans l'atmosphère et sont peu à peu dispersées par les courants aériens. Ces poussières se produisent sur-

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences pour 1883*, t. II.

tout au moment et comme une conséquence des détonations; alors elles forment souvent de petits nuages d'un aspect particulier, tels qu'on en vit lors de la chute de Laigle, d'après le récit de Biot. De même le bolide qui apporta les météorites charbonneuses d'Orgueil, s'ouvrit en une gerbe d'étincelles, comme un bouquet de fusées, puis il laissa derrière lui une queue lumineuse, qui se transforma bientôt en une nébulosité persistante et en nuages cotonneux d'une durée de huit à dix minutes. Dans ces deux cas, il s'agissait de météorites pierreuses. L'arrivée des masses de fer est accompagnée d'une fumée opaque et noire, non moins abondante. Ainsi, au moment de l'apparition de l'holosidère de Hraschina, en Bohême, un nuage prit naissance à la suite d'une explosion et persista, dit-on, pendant trois heures et demie. »

Nous venons de décrire les phénomènes ordinaires qui accompagnent les chutes de pierres ou de fer, ainsi que les explications de toutes les apparences qu'elles présentent au sein de l'atmosphère, telles que la science est parvenue à les formuler, en prenant pour guides les observations elles-mêmes. Il nous reste à dire ce que sont ces corps qui nous arrivent des espaces célestes et que nous pouvons étudier et analyser à notre aise, puisque les fragments recueillis sont aux mains des savants et restent dans les collections et les musées, comme des témoins de l'analyse que les minéralogistes et les chimistes ont pu faire de leur constitution intime. Dans cette étude, les expériences ont pu s'ajouter aux observations pour remonter à l'origine probable de ces corps extra-terrestres et vérifier les conjectures et les hypothèses auxquelles cette question d'origine a donné naissance.

Procédons par ordre, et commençons par dire ce qu'on sait de la composition chimique et minéralogique des météorites.

## III

**Constitution chimique des météorites.  
Classifications proposées.**

La plupart des météorites ont un aspect extérieur presque semblable et qui les a fait longtemps considérer, sinon comme tout à fait identiques, du moins comme très peu différentes : l'analyse chimique et minéralogique eut bientôt fait reconnaître l'inexactitude de ce point de vue, et obligé les savants à les ranger en différentes classes, d'après la similitude de leur composition. Mais ce qui est vraiment remarquable, c'est la ressemblance parfaite de nombre de météorites tombées à des époques très éloignées les unes des autres et dans des régions de la Terre fort distantes.

La ressemblance apparente des météorites vient surtout de la croûte généralement très noirâtre qui en recouvre la surface. Elle est le plus souvent d'un noir mat; cependant, dans certaines météorites plus fusibles que les autres, la croûte est luisante et prend l'aspect particulier d'un vernis. Quelques-unes, parmi lesquelles il faut citer celle qui est tombée à Bishopville le 25 mars 1843, ont une croûte entièrement blanche. Dans toutes, elle est fort mince, n'atteignant jamais 1 millimètre d'épaisseur. On l'a comparée avec raison à l'enduit que certaines roches des sommets alpestres ont reçu des coups de foudre qui les ont frappées. Dans les deux cas, la croûte est due évidemment à la fusion superficielle déterminée par une haute température.

On cite quelques météorites dont tout ou partie de la surface a échappé à cette sorte de vitrification : telle est la météorite de Tadjera; l'absence de croûte correspond à une moindre fusibilité de la substance.

Fréquemment la croûte des météorites est sillonnée de rides; on y voit aussi des bourrelets produits par le ruissellement du vernis en fusion vers l'arrière des fragments. Quant à la forme générale, elle est fragmentaire et polyédrique, mais il est à remarquer que les arêtes et les angles de ces corps irréguliers ne sont pas vifs ou tranchants, mais plus ou moins

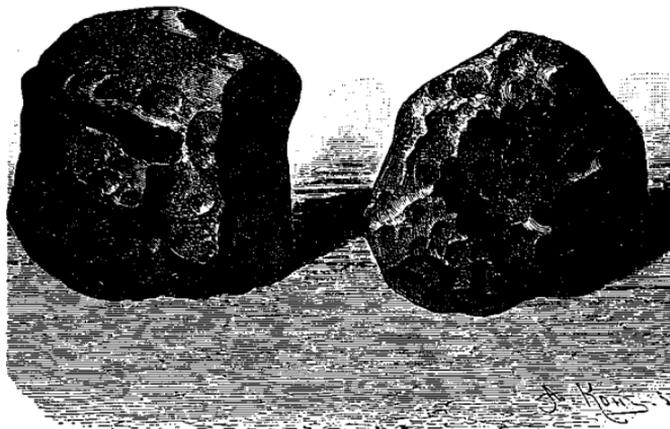


Fig. 35. — Cupules des météorites.

émoussés. Outre les rides dont nous venons de parler, on remarque, sur les faces des fragments, des cavités arrondies « comparables, dit M. Daubrée, à l'empreinte plus ou moins profonde que produit la pression du doigt sur une pâte molle; sans se préoccuper de la différence complète dans les causes, on les a désignées autrefois sous le nom de *coups de pouce*, en allemand *finger abdrücke*. Parfois, en s'alignant, elles prennent la configuration d'encoches analogues à la bouche qui paraissait surnaturelle dans l'antique pierre de Pessinonte ».

Ces accidents de la surface ont été d'abord attribués à l'action de la chaleur; mais les belles expériences

de M. Daubrée sur les actions mécaniques des gaz soumis à la fois à une pression considérable et à une haute température, ont prouvé que les *cupules* des météorites ne sont autre chose que l'empreinte des tourbillons gazeux de l'air atmosphérique refoulé par la prodigieuse vitesse de ces corps. C'est sur la face exposée à la pression directe, c'est-à-dire sur la face antérieure, que les cupules se creusent. Mais, en raison de l'irrégularité de forme des fragments météoriques, ils subissent un inévitable mouvement de rotation, de sorte qu'ils présentent à l'avant, *comme une proue*, chacune de leurs faces, ce qui explique la présence des cupules sur diverses parties de la surface des météorites.

Si, de l'examen extérieur, on passe à l'étude de l'intérieur des masses météoriques, au point de vue de la constitution chimique ou minéralogique de leurs parties, on trouve bientôt que la ressemblance première était toute superficielle. De là, l'obligation de les ranger en classes distinctes.

Une première différence très accentuée a conduit à ranger d'un côté toutes les météorites qui, par leur composition, ressemblent plus ou moins à des *pierres*, et de l'autre celles qui ont une structure *métallique*. Jusqu'ici, nous nous étions bornés à cette distinction en mentionnant tantôt les chutes de fer, tantôt les chutes de pierres. Mais cette classification est insuffisante, parce qu'en analysant les météorites pierreuses ou *lithoïdes*, on a reconnu que, dans la très grande majorité des cas, elles contiennent des métaux, le fer notamment en proportions très variées. Pour donner une idée de cette variété de composition, reproduisons ici les analyses d'un certain nombre de météorites; cela suffira pour montrer la nécessité d'une classification plus détaillée.

## FERS MÉTÉORIQUES

	De Caille.	De Braunau.	De Krasnojarsk 1.		D'Octibbeha.
Fer .....	93,3	91,9	88,0	40,9	37,7
Nickel...	6,2	5,5	10,7	47,3	59,7
Silicium.	0,9	traces.	—		0,12
Cobalt... }	traces.	0,5	0,45		0,40
Chrome.. }					

Deux métaux principaux dominent dans la composition des quatre météorites ci-dessus; mais on voit que la proportion en change considérablement de l'une à l'autre. Ainsi, pour ne considérer que les fers météoriques, l'analyse montre qu'ils diffèrent très sensiblement. Mais il est un autre caractère plus tranché qui en a fait faire deux classes distinctes. Dans la première, dont les fers de Caille, d'Octibbeha et de Braunau font partie, il n'y a pas de traces de matière pierreuse, et la masse métallique est assez pure pour qu'on ait pu la forger, en fabriquer des outils ou des armes : on leur a donné le nom de HOLOSIDÈRES (de ὅλος, tout, et αἰδηρος, fer).

L'autre classe de fers météoriques est celle des SYSSIDÈRES (de σύν, avec, afin d'exprimer la continuité du fer). En effet, ces météorites, dont le fer de Pallas ou de Krasnojarsk fait partie, sont constituées par une pâte métallique continue, où les matières pierreuses sont disséminées, comme l'est l'eau dans les pores d'une éponge. Le métal y est toujours prédominant.

Nous reviendrons sur les caractères des holosidères et des syssidères, et nous passons à l'analyse des météorites pierreuses qui sont de beaucoup les plus nombreuses de toutes. A quelques exceptions près, ces météorites renferment du fer, à l'état de

1. Cette colonne est relative à la partie métallique; la partie pierreuse est formée de silice, de magnésie, d'oxyde de fer et de manganèse.

grains plus ou moins nombreux, plus ou moins volumineux, disséminés dans une matière pierreuse de composition extrêmement variée. On les nomme, pour cette raison, SPORADOSIDÈRES. Quelques météorites, peu nombreuses, ne renferment pas de fer à l'état métallique : ce sont les ASIDÈRES. Mais les sporadosidères ont dû être subdivisées en trois groupes, selon la proportion de fer qui entre dans leur composition. Quand le métal et la partie pierreuse sont à peu près égaux en volume dans les météorites, on les appelle *polysidères*; c'est le groupe le plus riche en fer de cette classe. Puis viennent les *oligosidères*, que leur fréquence a fait encore désigner sous le nom de météorites du *type commun*. Le troisième groupe des sporadosidères est caractérisé par le peu d'abondance du fer métallique; il y existe, mais disséminé en grains si fins, qu'il est resté assez longtemps inaperçu. On les nomme, pour cette raison, *cryptosidères*.

La classification que nous venons de décrire est due à notre savant géologue M. Daubrée. Elle est, comme on voit, tout entière basée sur la proportion relative de la partie métallique des météorites et de leur partie pierreuse. Avec d'autres noms et d'autres subdivisions, c'est aussi le principe des classifications adoptées par quelques savants étrangers. M. G. Rose par exemple admet deux classes de météorites, les fers et les pierres, qu'il subdivise en trois et en sept variétés; M. Partsch adopte les deux mêmes classes principales : la première, les Pierres météoriques, se divise en deux sous-classes, selon qu'elles renferment ou non du fer sulfuré; la seconde, les fers météoriques, est pareillement partagée en deux, selon que la partie métallique est ou non mélangée de matières pierreuses. M. Shepard, outre les pierres ou les fers qu'il dénomme *litholites* ou *sidé-*

rites, admet une classe intermédiaire, les *lithosidérites*, formées d'un mélange de matières pierreuses et de matières métalliques. Enfin, M. de Reichenbach range les météorites en huit familles, selon l'ordre croissant de la proportion de fer qu'elles contiennent.

En adoptant la classification de M. Daubrée, qui a été adoptée pour le rangement de la belle collection du *Muséum d'histoire naturelle* de Paris, nous allons décrire quelques-unes des plus remarquables, ce qui nous permettra de compléter ce que nous avons dit de leur constitution physique et chimique.

Commençons par les holosidères. Ces météorites, entièrement métalliques, ne sont pas toutefois uniquement formées de fer. Au fer, souvent très compact et susceptible d'un très beau poli, est allié du nickel en proportion importante (5 à 6 pour 93 et 92 de fer dans les météorites de Caille et de Braunau). Outre le nickel, le fer des holosidères donne encore à l'analyse « de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, de l'azote, du cobalt, du chrome, de l'étain, du manganèse, du cuivre, de l'antimoine, de l'arsenic, du soufre, du chlore, du carbone. On y observe aussi des minéraux définis, parmi lesquels il faut citer un sulfure double de fer et de nickel appelé *pyrrhotine* ou *troïlite*, un sulfure double de fer et de chrome (*daubréelite*), la *chromite* ou fer chromé, la *laurencite* ou protochlorure de fer, le *graphite* (ou carbone à peu près pur) <sup>1</sup> ».

La figure 36 représente la belle météorite de Caille, ainsi nommée de la localité où elle a été trouvée en 1828. Ce magnifique bloc de fer, du poids de 625 kilogrammes, qu'on admire dans les galeries du Muséum, peut être donné comme le type des holosidères. Lors de sa découverte par Brard, il était

1. Daubrée.

déposé à la porte de l'église de Caille, où il servait de banc; mais il était tombé, à la suite d'un orage, sur

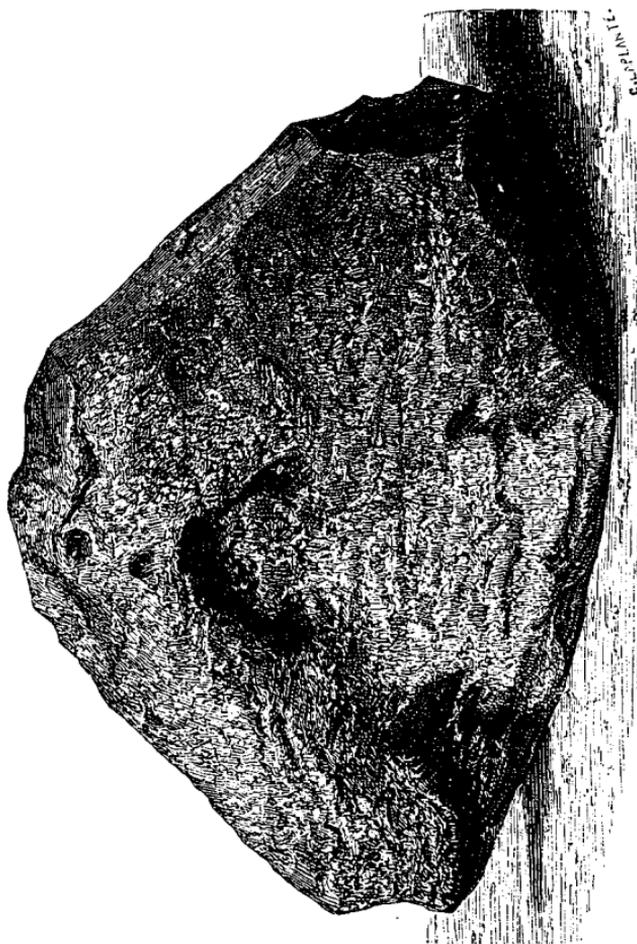


Fig. 36. — Météorite holosidère trouvée en 1824, à Caille (Var, depuis Alpes-Maritimes)

une montagne voisine, deux siècles auparavant. On le connaissait dans le pays sous le nom de *Pierre de fer*. On voit sur la droite une surface plane en forme de rectangle allongé. Cette face, obtenue artificielle-

ment, a subi un polissage qui a laissé voir une structure cristallisée fort remarquable, laquelle est un caractère des plus saillants de cette classe de météorites. On voit une série de lignes droites, s'entre-croisant dans divers sens, mais sous des angles déterminés; ces dessins en relief forment ce que l'on nomme

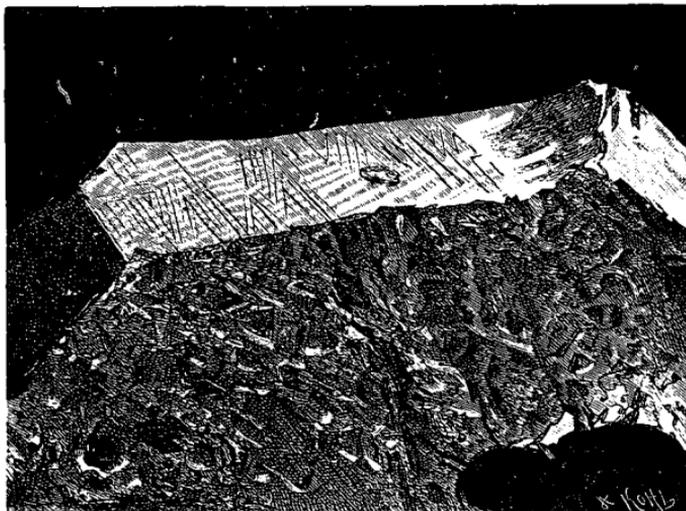


Fig. 37. — Figures de Widmanstætten.

les *figures de Widmanstætten*, du nom du savant qui les a découvertes, en attaquant la surface polie par un acide. Certaines parties du fer ont été dissoutes par l'acide, et les parties inattaquables sont restées intactes, mettant ainsi en évidence la composition des alliages définis de fer et de nickel, et la structure lamellaire de la substance météorique. Au-dessous de la face polie, on voit une partie de la surface indiquant un clivage par la quantité de triangles juxtaposés qui la forment et dont l'ensemble est plus régulier que les autres régions. Les minéralogistes en

ont conclu que la masse est formée de cristaux octaédriques, ou même constitue un énorme cristal de cette forme <sup>1</sup>. Ça et là, vers la gauche, se voient de nombreuses cupules; les cavités plus profondes et plus arrondies accusent la présence de rognons de sulfure de fer. La densité du fer est 7,7 environ dans ce bel échantillon des météorites holosidères.

Sur une centaine de fers météoriques, cinq seulement ont eu des témoins de leur chute; ce sont : le fer d'*Agram*, tombé à *Hraschina* (26 mai 1751); le fer de *Braunau* (Bohême), du 14 juillet 1847; celui de *Victoria West* (Cap de Bonne-Espérance), qu'on a vu tomber en 1862; de *Dickson* (Etats-Unis), le 1<sup>er</sup> août 1835, et enfin le fer de *Nedagolla* (Inde), dont la chute a eu lieu le 23 janvier 1870. Tous les autres ont été trouvés; mais leur origine météorique est incontestable, et les caractères qui les distinguent des minéraux terrestres sont d'une netteté qui ne permet pas l'erreur. Outre que le fer à l'état pur ou métallique ne se trouve nulle part à la surface de la Terre, les quelques échantillons de fer natif que l'on a trouvés, proviennent « soit d'antiques exploitations métallurgiques, soit de réductions opérées accidentellement » (St. Meunier). En outre, ils ne contiennent pas de nickel, pas de cobalt, tandis que les fers météoriques en renferment constamment.

On peut voir, dans les figures 29 et 38, un type de

1. « Si l'on suit l'orientation de ces octaèdres, dit M. Daubrée, on reconnaît que, dans beaucoup de masses de fer, ils présentent un parallélisme, d'où il résulte qu'ils constituent, par leur ensemble, un cristal unique. La dimension si considérable de ces cristaux contraste avec la structure que l'on observe dans le fer artificiel, même lorsque son état cristallin est aussi prononcé que possible; car, même alors, les lames de clivage sont orientées dans toutes leurs directions, comme on le voit dans une foule de minéraux et de roches terrestres, telles que le calcaire lamellaire. »

la classe des syssidères. C'est le fer découvert par Pallas à Krasnojarsk, en 1776, et qui a fourni à Chladni la base de sa théorie cosmique des météores. Ce qui caractérise ce fer, c'est sa structure déchiquetée ou spongieuse ; dans cette sorte de réseau métallique, se trouve disséminée la matière pierreuse, qui offre

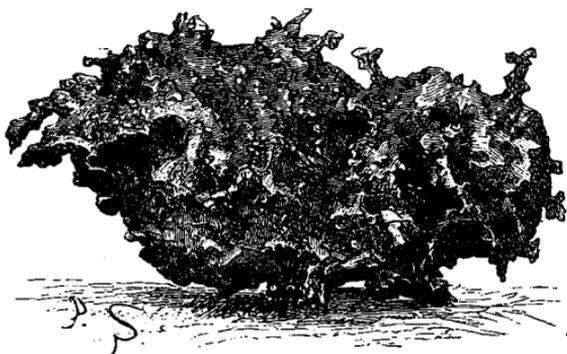


Fig. 38. — Fragment du fer météorique de Pallas (syssidère).

un aspect verdâtre, transparent et dont la dureté est très grande. La masse découverte par le célèbre voyageur ne pesait pas moins de 700 kilogrammes. L'analyse du fer de Krasnojarsk a accusé une très forte proportion de nickel. La partie pierreuse comprend les matières suivantes, d'après Berzélius : silice, 41 ; magnésie, 47 ; protoxyde de fer, 12 ; protoxyde de manganèse, 0, 4.

Des syssidères on passe insensiblement pour ainsi dire au groupe des sporadosidères, qui renferme en plus forte dose le fer et les autres métaux qui lui sont constamment alliés : ce groupe est celui des polysidères, dont la figure 39 représente un échantillon bien connu, fragment de la météorite de la *Sierra de Chaco*. Le métal s'y présente en grenailles assez volumineuses disséminées dans une masse silicatée, et

contenant 89 pour 100 de fer environ contre 11 de nickel. Dans la matière pierreuse entrent la silice (pour près de moitié, 0,43), l'alumine, le protoxyde de fer (0,265), la magnésie, la chaux, la soude, le soufre et même une certaine quantité de fer.



Fig. 39. — Fragment de la météorite de la Sierra de Chaco (polysidère).

Les sporadosidères oligosidères (ou *type commun*) comprennent le plus grand nombre des météorites formées, pour la plupart, de roches blanchâtres grenues, rudes au toucher. Citons comme exemples les météorites de Lucé, d'Aumale, puis celles de Montréjeau, de Tadjera, etc., qui, différant les unes des autres par des caractères secondaires, ont donné lieu à la formation des sous-groupes ou types des *Lucéites*, *Aumalites*, *Tadjérites*, etc.

Dans les sporadosidères cryptosidères, le fer nickelifère existe en particules si fines qu'il est très difficile de les y déceler : quelques-unes renferment des quantités si faibles de métal, qu'on les a successivement rangées dans ce groupe ou dans la classe des Asidères. Cela est arrivé par exemple pour la belle météorite de Juvinas (fig. 40) qui, d'abord considérée comme une cryptosidère, se trouve maintenant au

nombre des asidères dans la collection du Muséum.

Les météorites d'Alais, d'Orgueil sont les types les plus célèbres des météorites charbonneuses. L'analyse chimique de ces curieuses masses (d'ailleurs fort

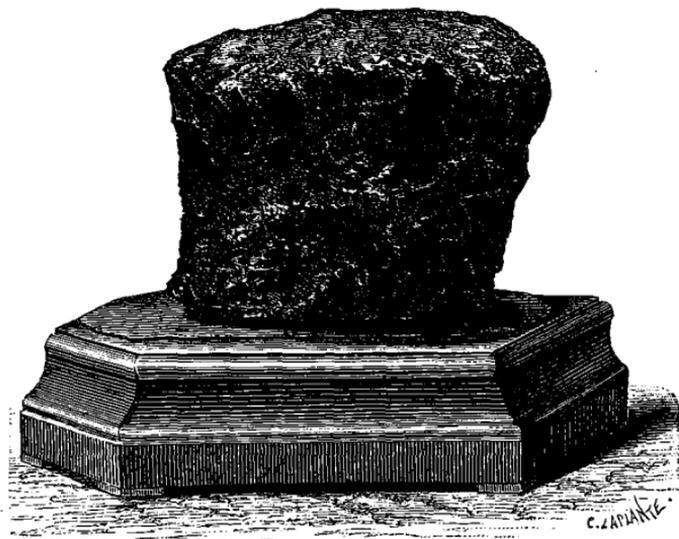


Fig. 40. — Météorite tombée à Juvinas (Ardèche), le 15 juin 1821.  
Bloc de 142 kilogr., du groupe des Asidères.

rare) a montré qu'elles sont formées d'une partie minérale et d'une partie organique qui a une certaine analogie avec les tourbes, les lignites terrestres.

Si l'on considère l'analyse des météorites au point de vue purement chimique, on est frappé de ce fait, résultat de plusieurs centaines d'analyses dues aux plus éminents chimistes, qu'elles n'ont offert jusqu'ici aucun élément étranger à notre globe. Les corps simples dont la présence a été reconnue dans toutes les météorites étudiées, sont au nombre de *vingt-deux*. Les voici, d'après M. Daubrée, dans l'ordre décroissant de leur importance :

seum  
es les  
l'ana-  
s fort

« Le *fer* est absolument constant, tant à l'état de métal, qu'à l'état de sulfure. Dans les masses pierreuses, il est, en outre, à l'état d'oxyde, entrant dans diverses combinaisons de protoxyde.

« Le *magnésium* se rencontre très généralement à l'état de silicate; il a été aussi reconnu dans la constitution de phosphures.



Fig. 41. — Fragment de la météorite carbonneuse d'Orgueil.

« Le *silicium* donne lieu aux silicates, qui constituent la masse principale de la plupart des météorites.

« L'*oxygène* se rencontre toujours dans la partie pierreuse des météorites.

« Le *nickel* est le principal compagnon du fer.

« Le *cobalt*, sans être en aussi forte proportion, est presque aussi constant.

« Il en est de même du *chrome*, qui se trouve dans les pierres à l'état de fer chromé.

« Le *manganèse* a été souvent signalé.

« Le *titane* est beaucoup plus rare.

« L'*étain* et le *cuivre* ont été découverts par Berzélius.

« L'*aluminium* existe dans un certain nombre de météorites, à l'état de silicates multiples. Il en est de même pour le *potassium*, le *sodium* et le *calcium*.

« L'*arsenic* a été signalé dans le péridot du fer d'Atacama.

« Le *phosphore* se présente surtout à l'état de phosphures, et parfois à l'état de phosphates.

« L'*azote*, découvert par Berzélius dans la météorite charbonneuse d'Alais, a été retrouvé dans un fer météorique, celui de Lenarto, par M. Boussingault.

« Le *soufre* forme très fréquemment des sulfures.

« Des traces de *chlore*, dans certains fers, sont reconnaissables au chlorure de fer qu'elles produisent à la longue, et qui tombe en déliquescence.

« Le *carbone* se trouve dans les fers, soit à l'état de graphite, soit combiné au métal à l'état de carbure. Il existe aussi dans les météorites charbonneuses, paraissant combiné à l'oxygène et à l'hydrogène, et, dans l'une d'elles, il a été rencontré à l'état de carbonate.

« L'*hydrogène* fait aussi partie des météorites charbonneuses; d'un autre côté, M. Graham l'a tout récemment signalé dans le fer de Lenarto, où l'azote avait été déjà rencontré.

« Il est extrêmement remarquable, dit M. Daubrée en terminant cette énumération, que les trois corps qui prédominent dans l'ensemble des météorites, le fer, le silicium et l'oxygène, sont aussi ceux qui prédominent dans notre globe. »

Ainsi se trouve confirmée, mais ici par une expérience directe, la grande loi qui a été révélée par l'analyse spectrale de la lumière des corps célestes, à savoir que ces corps, aussi bien dans notre monde solaire que dans les profondeurs sidérales, sont chimiquement formés des mêmes substances : l'unité de composition est démontrée pour l'Univers entier.

## IV

## Caractères minéralogiques des météorites.

Mais grâce à la chute de ces fragments d'astres, à la possibilité de toucher et de voir ces visiteurs célestes de notre globe, on a pu aller plus loin. L'analyse spectrale a permis sans doute de reconnaître, dans le Soleil, la présence d'un certain nombre de métaux et de métalloïdes; elle peut encore indiquer dans quel état physique ces éléments se trouvent au sein du foyer incandescent ou dans ses enveloppes chromosphériques et atmosphériques; elle a même permis de reconnaître, dans la matière des comètes, certains composés, tels que des hydrocarbures. Sa puissance toutefois se borne, dans l'état actuel de la science, à ces constatations sommaires. Au contraire, la possibilité d'étudier *de visu*, dans les cornues du chimiste ou les fourneaux du minéralogiste, les caractères des fers et des pierres tombées du ciel, a conduit à la comparaison de ces roches d'origine cosmique avec les roches terrestres, et, par voie de conséquence, à des vues du plus haut intérêt sur les analogies et les différences qu'elles présentent entre elles, sur leur mode probable de formation et enfin sur leur origine.

On sait, grâce aux travaux des géologues, quelle est la constitution des couches qui composent l'écorce de notre globe. Les plus récentes de ces couches se divisent en tranches parallèles, en bancs ou assises, que l'on désigne par le nom de *strates*, d'où la dénomination de *roches stratifiées* donnée aux terrains qui les composent. On prouve que ces strates ont été formées et déposées par la mer; les cailloux, galets, sables qu'on y trouve, la prodigieuse multitude des débris d'animaux marins, poissons, coquilles, etc.,

qu'elles renferment, sont autant de témoins de la formation des terrains stratifiés par une série de dépôts dont l'épaisseur considérable accuse l'immensité des temps qui ont été nécessaires à l'Océan, pour les effectuer. On a pu reconstituer l'histoire de la formation de ces couches qui constituent la croûte extérieure de la planète, les ranger par ordre d'ancienneté en quatre grandes séries qui se subdivisent elles-mêmes, depuis les terrains primaires les plus anciens jusqu'aux plus récents, les quaternaires. Quelque variées que soient les roches appartenant aux terrains stratifiés, en leur comparant les météorites, on a reconnu qu'elles diffèrent profondément les unes des autres. « La différence la plus importante, dit M. Daubrée, consiste en ce qu'on n'a trouvé, dans les météorites, rien qui ressemble aux matériaux constitutifs des terrains stratifiés : pas de calcaire, pas de roches arénacées ni fossilifères, c'est-à-dire qui rappellent l'action d'un océan ou la présence de la vie. »

Les couches terrestres stratifiées reposent elles-mêmes sur des couches plus profondes et plus anciennes, dont la formation est due à d'autres causes que les premières : ce sont les roches granitiques, qui, on le sait, n'ont pas toujours existé à l'état solide, du moins telles que nous les voyons aujourd'hui. Ces roches étaient primitivement à l'état de fusion, sous l'influence d'une température élevée qui n'existe plus que dans les profondeurs du globe. Or, les météorites ne ressemblent point encore aux roches granitiques qui forment le fondement universel des roches stratifiées. « Une grande différence, dit encore le savant que nous venons de citer, se révèle, même quand on compare les météorites aux roches terrestres non stratifiées, qui forment l'assise générale sur laquelle reposent les terrains sédimentaires. Jamais, en effet,

il ne s'est rencontré dans les météorites, ni granit, ni gneiss, ni aucune des roches de la même famille. On n'y voit même aucun des minéraux constituant les roches granitiques, ni orthose, ni mica, ni quartz, non plus que la tourmaline et les autres silicates qui sont l'apanage de ces roches. Ainsi les roches silicatées, qui forment la croûte de notre globe sur une épaisseur considérable, font défaut parmi les météorites.

« C'est seulement dans les régions profondes et inférieures au granit, dites infragranitiques, qu'il faut aller chercher les analogues des météorites, c'est-à-dire dans ces roches silicatées basiques qui, dans leur gisement initial, sont situées au moins à plusieurs kilomètres de la surface. » Telles sont les *laves*, que les volcans vomissent des profondeurs et épandent sur les flancs de leurs cônes d'éruption; tels sont les *basaltes* et les *trachytes*, sortes de murailles ou de colonnes irrégulières que des poussées éruptives ont amenées à la surface à travers les roches superposées. L'analogie de composition de ces roches avec les météorites est en effet tout à fait remarquable.

Les laves actuelles, par exemple, contiennent deux silicates, le *pyroxène* et le *feldspath anorthite*, qui correspondent exactement aux météorites asidères de Jonzac (13 juin 1819) et de Juvinas (15 juin 1821).

Un autre minéral, le *péridot*, se rencontre avec une remarquable constance dans les météorites des types les plus divers, aussi bien dans les fers que dans les pierres proprement dites. Or, ce silicate, qu'on ne trouve pas dans les terrains stratifiés, est fréquent au contraire dans les roches éruptives, dans les basaltes et dans certaines laves, dans les lherzolites, etc. Il y a toutefois une différence, relative au fer des roches péridotiques terrestres, qui y est toujours

entièrement combiné avec l'oxygène, tandis que dans les météorites on a vu qu'il y existe à l'état natif.

Il y a quelques années, un savant naturaliste norvégien, bien connu par ses voyages de circumnavigation boréale, M. Nordenskiöld, a découvert au Groenland d'énormes gisements de fer natif. Les premiers blocs, ainsi trouvés à Gvifak, furent d'abord considérés comme les témoignages d'anciennes chutes de météorites. En effet, ces masses renfermaient du nickel comme les fers météoriques, et, comme eux, donnaient les figures de Widmanstættén caractéristiques de ces fers. Des recherches ultérieures dues à un jeune savant danois, M. Steenstrup, firent trouver sur un point du littoral le fer natif encaissé dans des roches basaltiques, c'est-à-dire dans des roches éruptives. Au Groenland, il est parfaitement établi maintenant que le fer nickelé n'est pas un accident fortuit. « Au point de vue de sa constitution géologique, dit M. Daubrée, la partie septentrionale du pays est particulièrement remarquable par le développement de roches éruptives d'un âge relativement très récent. C'est un des plus grands massifs de basalte que l'on connaisse; il commence au 69° degré de latitude et, vers le 76° degré, il disparaît sous le vaste glacier continental qui empêche toute exploration du sol. On peut supposer avec raison que ces éruptions, exceptionnellement abondantes, ont entraîné du fer métallique avant d'arriver au jour. Elles paraissent attester la présence, dans les profondeurs du globe, de masses de fer volumineuses dont elles seraient en quelque sorte, pour nous, les avant-coureurs. » Plus profondément encore, existent sans doute des masses de fer dont la constitution répondrait à celle des météorites de densité croissante, où le fer allié de nickel entre dans des proportions de plus en plus grandes.

Que faut-il conclure de cette comparaison entre les roches terrestres et les météorites, dont les types variés trouvent leurs analogues, non pas dans les

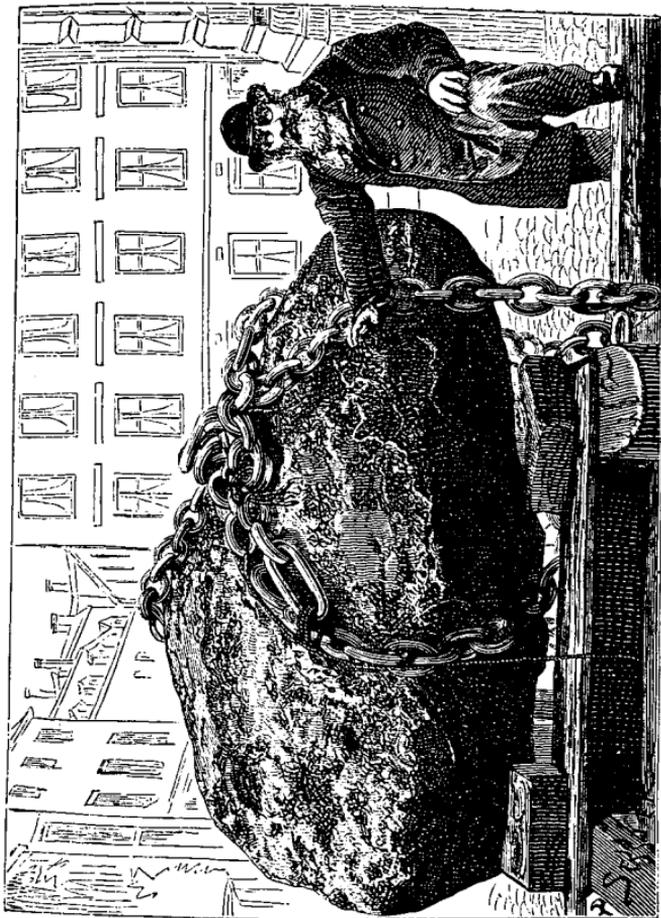


Fig. 42. — Bloc de fer natif, découvert à Gvifak en 1870, par M. Nordenskiöld.

roches stratifiées, non plus que dans les roches granitiques sur lesquelles celles-ci reposent, mais dans les roches éruptives amenées des régions profondes du globe?

C'est que si, comme tout porte à le croire, les météorites sont des fragments qui ont appartenu à des corps célestes de dimensions plus ou moins considérables, ces astres devaient, avant leur dispersion, être constitués comme le sont les planètes, de la même manière que nous avons vu les essaims d'étoiles filantes accuser avec les comètes une incontestable parenté d'origine.

En considérant les météorites comme les débris d'une planète brisée en morceaux, ainsi que l'a soutenu avec autant de science que de talent un de nos savants géologues, M. Stanislas Meunier, il ne faut pas oublier que ces débris ne renferment rien qui rappelle la série des couches constitutives de l'écorce terrestre : on vient de le voir. Comment expliquer cette absence ? « De deux manières, selon M. Daubrée : soit que les éclats météoriques qui nous arrivent ne proviennent que de parties internes de corps planétaires qui seraient constitués comme notre globe, soit que ces corps planétaires manquent de roches silicatées quartzifères, comme le granit, aussi bien que de terrains stratifiés. Dans ce dernier cas, ces astres auraient subi des évolutions moins complètes que la planète que nous habitons, et ils ne porteraient pas de vestiges de la coopération d'un océan, tel que celui auquel la Terre a dû, postérieurement à la formation de ses masses internes, périodiques et autres, l'origine de l'écorce qui les recouvre. »

## CHAPITRE IV

### HYPOTHÈSES SUR L'ORIGINE DES MÉTÉORITES

---

#### I

#### Les pierres météoriques et les volcans de la Lune.

L'idée que les météorites viennent des profondeurs célestes, émise par Chladni, l'avait été déjà par les philosophes grecs dont parle Plutarque dans sa *Vie de Lysandre*, qui croyaient que « *ce sont des corps célestes qui tombent, c'est-à-dire qui, soustraits d'une certaine manière à la force de rotation générale, sont précipités ensuite, irrégulièrement, non seulement sur les régions habitées de la Terre, mais aussi dans la grande mer, d'où il résulte qu'on ne peut pas les retrouver* ». Diogène d'Apollonie, cité par Humboldt dans le *Cosmos*, n'avait-il pas dit en termes fort nets : « Parmi les étoiles visibles, se meuvent aussi des étoiles invisibles, auxquelles, par conséquent, on n'a pu donner de nom. Celles-ci tombent souvent sur la Terre et s'éteignent, comme cette *étoile de pierre* qui tomba tout en feu près d'Ægos-Potamos. »

Quelque hardies que soient ces vues des Anciens, elles manquent de la précision qu'on demande aujourd'hui à bon droit aux hypothèses scientifiques.

Aussi a-t-on cherché des réponses serrant la question de plus près.

Les météorites, étant incontestablement d'origine cosmique, appartiennent-elles à notre monde solaire ou bien proviennent-elles des profondeurs de l'univers sidéral? Dans la première hypothèse, on peut se demander, et c'est une des premières idées qu'aient eues les astronomes, si ce ne seraient point des pierres lancées par les volcans de la Lune. Il paraît que, dès 1660, à l'occasion de la mort d'un moine franciscain, tué par la chute d'un aérolithe, un physicien italien du nom de Paolo Maria Terzago aurait considéré la pierre homicide comme lancée par notre satellite. Sans connaître l'opinion avancée par Terzago, plus d'un siècle auparavant, le savant astronome Olbers calculait dès 1795 la vitesse dont une pierre devrait être animée, au sortir d'un cratère lunaire, pour pouvoir vaincre la résistance causée par l'attraction de notre satellite et parvenir jusqu'à la Terre : cette vitesse initiale aurait dû être, d'après lui, de 2 527 mètres par seconde.

Le problème fut repris par Laplace, Biot, Poisson : ce dernier géomètre calcula les formules les plus générales, et les divers nombres trouvés oscillent entre 2 300 et 2 900 mètres par seconde. Voici ce que Laplace dit de l'hypothèse dans son *Exposition du système du Monde* :

« La pesanteur, à la surface de la Lune, étant beaucoup plus petite qu'à la surface de la Terre, et cet astre n'ayant point d'atmosphère qui puisse opposer une résistance sensible au mouvement des projectiles, on conçoit qu'un corps lancé avec une grande force, par l'explosion d'un volcan lunaire, peut atteindre et dépasser la limite où l'attraction de la Terre commence à l'emporter sur l'attraction de la Lune. Il suffit pour cela que sa vitesse initiale soit de 2 500 mètres par

seconde <sup>1</sup>. Alors, au lieu de retomber sur la Lune, il devient un satellite de la Terre et décrit autour d'elle une orbite plus ou moins allongée. Son impulsion primitive peut être tellement dirigée qu'il aille rencontrer directement l'atmosphère terrestre; il peut aussi ne l'atteindre qu'après plusieurs et même un très grand nombre de révolutions, car il est visible que l'action du Soleil, qui change d'une manière très sensible les distances de la Lune à la Terre, doit produire, dans le rayon vecteur d'un satellite mù dans un orbe fort excentrique, des variations beaucoup plus considérables et peut diminuer à la longue la distance périégée du satellite, en sorte qu'il pénètre dans notre atmosphère. Ce corps, en la traversant avec une grande vitesse, éprouverait une très forte résistance, et finirait bientôt par se précipiter sur la Terre : le frottement de l'air contre sa surface suffirait pour l'enflammer et le faire détoner, s'il renfermait des substances propres à ces effets; et alors il nous offrirait tous les phénomènes que nous présentent les aérolithes. S'il était bien prouvé qu'ils ne sont point des produits des volcans ou de l'atmosphère, et qu'il faut en chercher la cause au delà, dans l'espace céleste, l'hypothèse précédente, qui d'ailleurs explique l'identité de composition, observée dans les aérolithes, par celle de leur origine, ne serait point destituée de vraisemblance <sup>2</sup>. »

On a objecté à l'opinion qui fait des météorites un

1. 2 893 mètres par seconde sexagésimale. Laplace, en effet, dans cet ouvrage, applique au jour la division décimale : il faut donc accroître 2 500 dans le rapport de 100 000 à 86 400.

2. En démontrant la possibilité d'une origine lunaire, Laplace fournit un argument aux idées nouvelles, c'est-à-dire à l'opinion que la chute des pierres n'était pas un préjugé populaire, qu'elles ne provenaient ni des volcans terrestres, ni de concrétions atmosphériques. Mais il ne se prononce qu'avec réserve sur la réalité de l'origine lunaire.

produit des éruptions volcaniques de la Lune, en premier lieu que l'activité éruptive de notre satellite est depuis longtemps éteinte, en second lieu que la composition de ces pierres n'indique pas une matière volcanique. Mais, outre qu'il n'est pas prouvé que les volcans lunaires soient tous réellement éteints, cette activité actuelle n'est nullement nécessaire pour expliquer les chutes même les plus récentes : ainsi que Laplace le dit expressément, les déjections échappées à l'attraction de la Lune deviennent autant de satellites de la Terre qui ne finissent qu'à la longue, en général, par subir des perturbations assez fortes pour se rapprocher de nous, au point de pénétrer dans notre atmosphère. Ainsi les météorites qui tombent actuellement peuvent provenir d'éruptions lunaires remontant à une époque reculée. Quant à la composition des météorites, on a vu que, si elles diffèrent le plus souvent des produits volcaniques terrestres, elles n'en ont pas moins une grande analogie avec nos roches éruptives profondes. Rien n'interdit de supposer que, sur la Lune, les produits volcaniques immédiats soient précisément des roches analogues, identiques.

Une objection plus fondée serait celle qu'on déduirait de la vitesse de pénétration des holidés, qui est de l'ordre de grandeur des vitesses planétaires, tandis qu'une pierre lancée par la Lune n'arriverait pas à la surface de la Terre avec une vitesse supérieure à 12 kilomètres par seconde. Beaucoup de holidés, avant leur explosion, ont eu des vitesses trois ou quatre fois plus fortes. L'origine lunaire ne serait donc pas compatible avec les vitesses de cet ordre. Mais il est fort possible que, dans le nombre des météorites tombées à la surface de la Terre, il y en ait qui soient arrivées à la limite de l'atmosphère avec des vitesses beaucoup moindres. L'objection ne serait pas valable pour ces dernières.

## II

**Rupture spontanée d'un satellite de la Terre.**

Une opinion soutenue avec un grand talent par notre savant compatriote M. Stanislas Meunier, et appuyée sur des raisons d'une haute valeur, empruntées principalement à la géologie, est celle qui voit dans les météorites les débris d'un astre, d'une planète, ou, pour préciser davantage, d'un ancien satellite de la Terre. Pour l'auteur de cette théorie, le fait fondamental qui lui sert de base est celui-ci : *un astre s'est brisé*. Cela revient à dire que les météorites ont nécessairement fait partie du même corps constitué comme notre Terre par un noyau métallique recouvert de couches concentriques, dont la composition minérale est donnée par celle des météorites analysées, dans leur ordre croissant ou décroissant de densités. C'est une hypothèse d'une grande vraisemblance, mais ce n'est toujours qu'une hypothèse. Une fois admise, M. Stanislas Meunier se demande à quelle région de l'espace appartenait l'astre brisé, et, pour des raisons qu'il serait trop long d'exposer, il fait voir que c'est à la région des planètes moyennes dont notre Terre fait partie; puis il montre que ce devait être jadis un satellite de la Terre, parvenu à une période de dessèchement et de vieillesse tel, qu'il s'est désagrégé, fendu en une multitude de fragments. Ceux-ci ont continué de se mouvoir autour de notre globe, et viennent de temps à autre se heurter contre son enveloppe gazeuse et tomber sur le sol. Comme on le voit, il y a une grande analogie entre la théorie de M. Meunier et l'hypothèse de l'origine volcanique lunaire. Dans les deux cas, les météorites sont des fragments ayant appartenu à un satellite de notre planète; la diffé-

rence est dans la façon dont s'est opérée la séparation. Ici, c'est une réaction des forces internes qui aurait projeté les débris hors de la sphère d'attraction de l'astre principal ; là, c'est une disjonction des parties constituantes de cet astre. La difficulté est de concevoir comment, sous l'influence de quelle force perturbatrice s'est opérée la séparation, au point de transformer une orbite presque circulaire comme celle de la Lune, en une courbe assez allongée pour qu'au périégée elle finisse par amener les débris au contact du globe terrestre. Cette difficulté n'existerait plus, si l'astre se fût brisé sous l'effort d'une explosion qui aurait projeté les fragments, sous les inclinaisons les plus diverses et dans des plans quelconques. Alors l'hypothèse se rapprocherait de celle des éruptions volcaniques lunaires. Il nous paraît qu'un globe, fût-il fendu en cent morceaux par des fissures aussi profondes et aussi larges qu'on voudra, restera toujours agrégé par la force de la pesanteur : ses fragments tendront quand même vers le centre de gravité commun ; il faudra l'action d'une force perturbatrice extérieure pour les disperser dans l'espace. C'est, croyons-nous, une grave lacune dans la théorie de M. Stanislas Meunier <sup>1</sup>.

1. Ce qu'il dit de la façon dont a pu se produire la division d'une planète unique située entre Mars et Jupiter, pour expliquer l'existence des planètes télescopiques, est bien loin, selon nous, de pouvoir être considéré comme une démonstration de la possibilité d'une telle transformation. « Il suffit, dit-il, pour que cette hypothèse (celle de la rupture spontanée de la planète) soit légitime, que les orbites se couplent simplement deux à deux, et cela a toujours lieu. La planète primitive a pu se diviser d'abord en deux fragments inégaux, de densités inégales, et dont les centres de gravité étaient inégalement distants du Soleil ; ces fragments, sollicités par l'attraction, se sont de plus en plus séparés l'un de l'autre et chacun d'eux est devenu le siège de subdivisions ultérieures ; ainsi de suite. » (*Cours de géologie comparée.*)

On voit combien il est difficile de formuler une hypothèse précise sans se heurter à des objections sé-

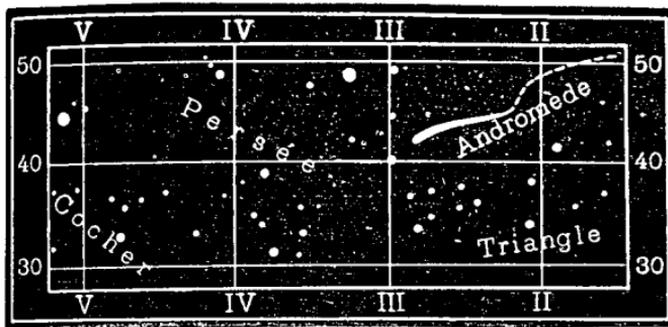


Fig. 43. — Bolide à trajectoire sinuose, observé le 20 octobre 1879.

rieuses, en ce qui regarde cette question de l'origine des météorites. On a d'abord et tout naturellement cher-

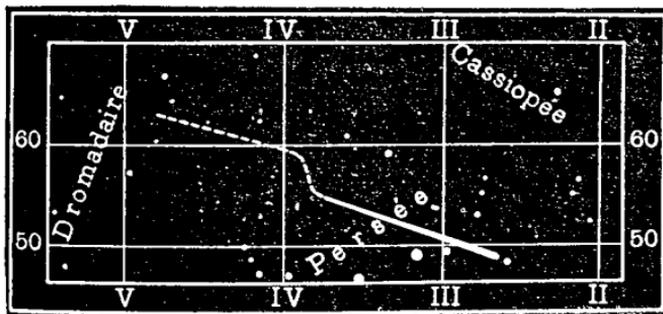


Fig. 44. — Bolide à trajectoire curviligne, vu le 9 septembre 1885.

ché à identifier ces corps avec les bolides en général et ces derniers avec les étoiles filantes. Il est certain que nombre des météores auxquels les observateurs appliquent la désignation de bolides, ne paraissent différer des étoiles filantes que par leur grandeur

apparente, par un éclat exceptionnel, et qu'on peut passer des uns aux autres par d'insensibles gradations. M. Schiaparelli fait même observer que cette gradation s'observe en fait dans certains cas de chutes authentiques de pierres : ainsi le bolide qui s'est manifesté à Pulstuck, le 30 janvier 1868, sous la forme d'un véritable bombardement de projectiles, a été vu à Breslau comme un météore brillant, sans être accompagné d'aucune détonation, d'aucune projection; plus loin du lieu de la chute, ajoute l'éminent astronome, ce n'a plus été probablement qu'une simple étoile filante. Le mélange de bolides explosifs parmi les météores des pluies d'étoiles filantes, les Léonides de novembre par exemple, dénonce une certaine parenté entre les essais météoriques et les météorites proprement dites.

Dans le but de prouver qu'il y a, entre les bolides qui donnent lieu à des chutes de pierres et les étoiles filantes, une distinction de nature et d'origine, on a invoqué la divergence des lois reconnues entre la distribution horaire et la distribution mensuelle des deux classes de météores : c'est le jour que les chutes seraient le plus fréquentes, tandis que la plus grande abondance des étoiles filantes se remarque aux dernières heures de la nuit. D'autre part, les mois de plus grande fréquence des averses, août et novembre, ne sont pas caractérisés par un nombre exceptionnel de chutes. Suivant M. Schiaparelli, il n'y a rien là d'extraordinaire. Vers six heures du matin, les étoiles filantes pénètrent dans l'atmosphère avec une plus grande vitesse, parce que le mouvement a lieu dans la direction du mouvement de translation de la Terre. La résistance de l'air, et par suite la production de chaleur, est beaucoup plus considérable (environ 19 fois) que dans le sens opposé correspondant aux premières heures du soir; de là, une dissolution plus

rapide et plus complète des météores, qui suffirait à expliquer pourquoi le nombre des chutes est moindre la nuit que le jour. Une raison toute semblable rend compte du petit nombre de chutes dans les mois d'août et de novembre. Les essaims des Perséides et des Léonides se meuvent dans leurs orbites, dans un sens opposé à celui de la Terre, et leur vitesse est relativement forte, puisqu'elle est la somme de leur vitesse propre et de celle de notre planète. Le contraire doit arriver à la fin de novembre et dans les premiers jours de décembre, parce que les météores dépendant de la comète de Biéla, dont le mouvement est direct, ne rencontrent notre globe qu'avec une faible vitesse. Or, il est reconnu que les premiers jours de décembre se distinguent par un plus grand nombre de chutes de météorites, et le professeur d'Arrest attribue cette plus grande fréquence aux météores qui proviennent de la désagrégation de la comète de Biéla. « Il n'est donc pas permis, dit le savant italien, de tirer, de la loi de variation diurne et annuelle de fréquence des aërolithes, aucun argument contre leur identité avec les étoiles filantes, parce qu'une telle loi peut s'expliquer d'une manière satisfaisante en admettant cette identité. »

Mais ce qui montre qu'une telle identité n'est pas possible, ce qui prouve qu'il existe une différence essentielle entre les météorites et les étoiles filantes et par suite avec les comètes, c'est la vitesse réelle de ces corps dans l'espace céleste, au moment de leur arrivée aux limites de notre atmosphère. En effet, presque toutes les fois qu'on a pu mesurer une telle vitesse avec quelque approximation, on a trouvé que cette vitesse était supérieure à la vitesse parabolique, de sorte que l'orbite parcourue par les météores autour du Soleil était une hyperbole. Telle fut par exemple l'orbite du bolide qui a déterminé la chute

de Pulstuck, celle du bolide du 4 mars 1863, observé en Hollande, au-dessus du Zuyderzée et de la mer du Nord. Telles furent aussi celles des bolides du 29 octobre 1857, calculée par Petit, du 5 septembre 1868, calculée par Tissot, du 2 août 1860 et du 15 novembre 1859. Ce dernier est tombé dans l'atmosphère avec une telle rapidité que le professeur Newton n'hésita pas à déclarer qu'un tel corps n'appartenait pas au système solaire, mais provenait certainement des régions intersidérales.

Si les savants ne sont pas d'accord sur l'origine des météorites : les uns, comme M. L. Smith, persistant à les faire venir de la Lune; d'autres, comme M. Stanislas Meunier, les considérant comme les débris d'un satellite de la Terre en démolition; d'autres enfin, tantôt comme ayant fait partie d'un essaim cométaire, tantôt comme étrangers au monde solaire et venus des profondeurs interstellaires, il est un point que tous admettent comme certain. Se basant sur les analyses physiques, chimiques et minéralogiques, ils les considèrent comme provenant soit d'un corps céleste unique, soit d'une même classe de corps célestes.

### III

#### Accidents causés par les météorites.

Bien que les chutes de pierres soient des événements relativement rares, on cite des exemples d'accidents plus ou moins graves, déterminés par leur choc. On a vu qu'il y a une grande différence entre la vitesse du météore, au moment où il pénètre dans l'atmosphère et décrit sa trajectoire avant l'explosion, et celle que possèdent les fragments quand ils arrivent sur le sol. A ce dernier instant, ils n'ont plus que la vitesse d'un corps lourd abandonné à lui-même

d'une grande hauteur. N'était la résistance de l'air, l'accélération de la chute serait encore très forte néanmoins, et, malgré cette résistance, on cite des cas où le projectile était encore animé d'un mouvement assez rapide pour pénétrer à une certaine profondeur dans la terre.

En tous cas, il y a danger pour les personnes ou les animaux qu'atteindraient les plus gros fragments.

Le plus ancien exemple que nous connaissons d'un accident de ce genre, remonte au temps de Josué, où une pluie de pierres, selon le texte biblique, frappa l'armée fugitive des Amorrhéens; et les victimes de cette grêle de pierres, que le Seigneur envoya du ciel, furent beaucoup plus nombreuses que celles qu'avait faites le glaive des fils d'Israël<sup>1</sup>. Bien que cette légende précède immédiatement le fameux miracle de l'arrêt du Soleil et de la Lune sur l'injonction de Josué, il est grandement probable qu'elle est basée sur un fait réel, celui d'une pluie de pierres météoriques.

Le 14 janvier de l'année 616 de notre ère, une pierre tombée en Chine fracassa des chariots et tua dix hommes. Ce fait est cité par Abel Rémusat dans sa traduction de l'ouvrage de Ma-touan-lin, auteur chinois du XIII<sup>e</sup> siècle. Arago mentionne encore, dans son *Astronomie populaire*, les accidents suivants, dont la date est d'ailleurs incertaine :

« Le capitaine suédois Olaus-Ericson Wilmann, entré comme volontaire au service de la Compagnie hollandaise des Indes orientales, rapporte, dans un recueil imprimé en 1674, qu'étant en mer, une boule

1. Voici le texte, d'après la Vulgate : « 11. Cumque fugerent filios Israel, et essent in descensu Beth-horon, Dominus misit super eos lapides magnos de caelo usque ad Azeca : et mortui sunt multo plures lapidibus grandinis, quam quos percusserant gladio filii Israel. » (Lib. Josue, cap. x, 11.)

qui pesait 4 kilogrammes tua deux hommes en tombant sur le pont de son navire qui voguait à pleines voiles.

« Vers le même temps, une petite pierre, tombée à Milan, a tué un franciscain. (D'après Humboldt, c'est en 1650 qu'arriva cet événement.)

« Le chimiste Laugier a laissé un échantillon de pierre météorique accompagné d'une note portant en substance que cet aérolithe était tombé avec explosion près de Roquefort, en Amérique; qu'il avait écrasé une chaumière, tué le métayer et du bétail, et fait en terre un trou de près de 2 mètres de profondeur. »

Le 4 septembre 1511, à Crémone, un frate avait été tué par une pierre tombée du ciel. (*Cosmos*, I, 151.)

« Le globe qu'on observa en 1748, au milieu de l'Océan, paraissait venir au-dessus de la surface de la mer contre un vaisseau; il fit une explosion à 40 ou 50 aunes de ce vaisseau, semblable à celle qu'aurait pu faire une centaine de canons qu'on aurait fait partir en même temps: il répandit autour du vaisseau une si forte odeur de soufre, qu'on eût cru que le vaisseau était entouré de soufre allumé; son explosion brisa une partie du mât en 60 morceaux; elle fendit un autre mât; elle fit tomber cinq hommes et en brûla un sixième. » (*Encycl. suppl.*, art. GLOBE DE FEU.)

Du reste, les accidents de ce genre s'expliquent d'eux-mêmes et, si le nombre n'en est pas plus grand, cela tient à la rareté du phénomène des chutes, et à ce qu'elles ont lieu le plus souvent en rase campagne, et par fragments isolés, dispersés sur une grande étendue de terrain. La chute de Laigle, en 1803, comprenait, il est vrai, trois mille pierres environ, mais réparties sur un espace qui ne mesurait pas moins de 120 à 140 kilomètres carrés, ce qui ne faisait en moyenne qu'une seule pierre par 4 hectares.

Un autre genre d'accident dû à la chute des mé-

téores est celui d'incendies, dont il y a un certain nombre d'exemples bien constatés. Nous allons les rapporter dans leur ordre chronologique.

On lit dans la Chronique de Frodoard, à la date de l'an 944 de notre ère : « Des globes de feu parcourent les airs; *quelques-uns ont incendié des maisons.* »

C'est à un météore enflammé, « large d'un pied et haut d'une coudée », qu'on attribue l'incendie de la grande salle du Palais de Justice de Paris, arrivé le 7 mars 1618. En 1759, le 13 juin, un aérolithe tomba à Captieux, près de Bazas (Gironde), et mit le feu à une écurie. Deux ans et demi plus tard, le 12 novembre 1761, une maison de Chamblanc, près de Seurre, en Bourgogne, fut incendiée par un météore. « Le 13 novembre 1835, un brillant météore apparut, vers 9 heures du soir, par un ciel serein, dans l'arrondissement de Belley (Ain). Sa course semblait dirigée du sud-ouest au nord-est. Il éclata près du château de Lauzières et incendia une grange couverte en chaume, les remises, les écuries, les récoltes, les bestiaux. Tout fut brûlé en quelques minutes. Un aérolithe a été retrouvé sur le théâtre de l'événement. » (Arago, t. IV de l'*Astronomie populaire.*)

C'est encore à un météore igné qu'on attribue l'incendie de la ferme de Tamerville, près de Valognes : c'est dans la nuit du 3 au 4 août 1840, que divers témoins rapportent avoir vu, de différents points, le bolide traverser l'atmosphère du nord au sud et précisément dans la direction de la ferme brûlée. Le 25 février 1841, un météore mit le feu au toit d'un pressoir d'un hameau de Chanteloup, dans l'arrondissement de Coutances; l'incendie allumé se communiqua à deux maisons contiguës. A Montiérender (Haute-Marne), entre le 9 et le 18 novembre 1843, eurent lieu plusieurs incendies qu'on attribue à la chute de météores.

Remarquons en passant cette date et celle des incendies de Chamblanc et de Lauzières : elles coïncident avec celle de l'essaim du milieu de novembre, généralement remarquable par l'apparition de gros bolides.

Dans la séance du 4 mai 1846, de l'Académie des sciences, Arago lut l'extrait suivant d'une lettre que lui écrivait M. Petit, directeur de l'observatoire de Toulouse : « Je viens d'apprendre à l'instant un nouveau cas d'incendie occasionné par un bolide dans la commune de Saint-Paul, aux environs de Bagnères-de-Luchon. « Le feu a été communiqué à une grange, « dit le *Journal de Saint-Gaudens*, dans la journée du « 22 mars, vers trois heures du soir, par une gerbe « lumineuse qui a sillonné l'espace avec une grande « vitesse et un bruit assez intense, et qui est tombée « sur le bâtiment. En peu d'instant, tout est devenu « la proie des flammes, les bestiaux renfermés dans « les étables ont été entièrement consumés. »

Voici maintenant, pour terminer, un cas d'incendie tout à fait semblable à ceux qu'on vient de relater, mais qui s'en distingue par le nombre et la précision des témoignages recueillis sur le phénomène, et qui nous semblent mettre tout à fait hors de doute la cause de l'incendie, à savoir la chute d'un météore incandescent. Dans les exemples qui précèdent, un seul, celui du 13 novembre 1835, a laissé une trace matérielle, puisqu'on a trouvé une pierre météorique sur le théâtre de l'événement. Les autres seraient dus à des bolides enflammés, à moins que les météorites, après avoir mis le feu, n'aient été entièrement consumées, ou aient été confondues avec les matériaux des bâtiments incendiés. Sur ce point, le doute subsiste et il en est de même pour l'incendie dont on va lire les circonstances ; mais ce qui ne peut être contesté, c'est qu'il a été causé par la chute d'un météore,

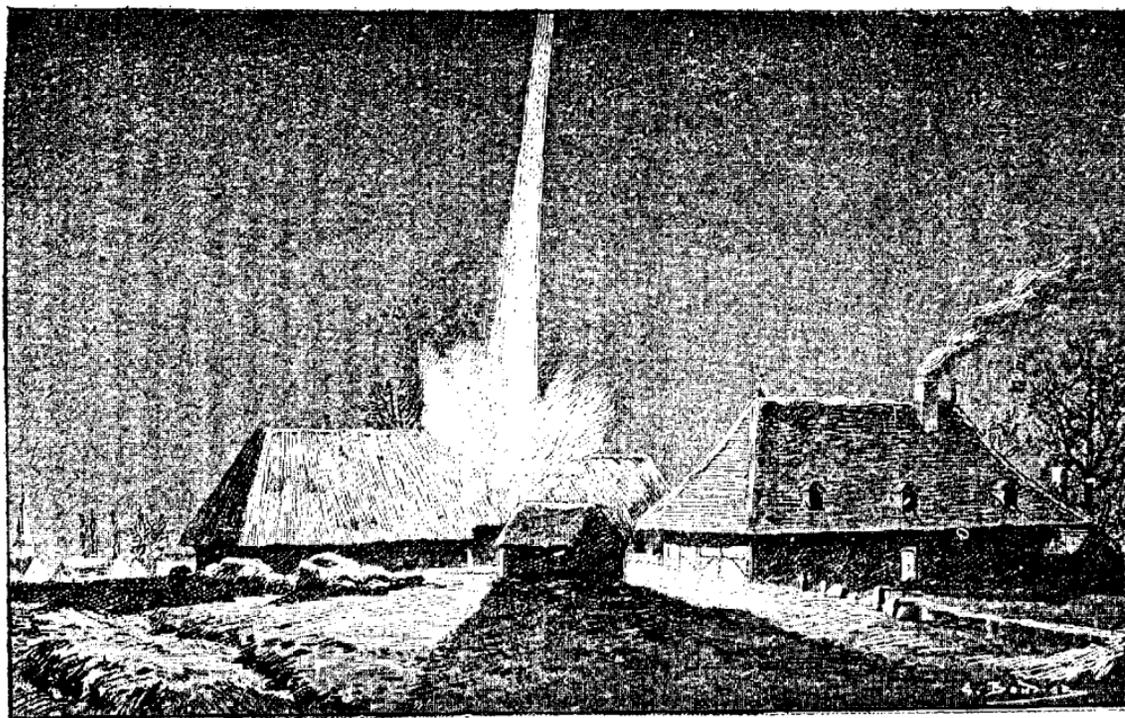


Fig. 15. — Incendie causé par la chute d'un bolide, le 16 janvier 1846, à la Chaux (Saône-et-Loire)

que ce météore ait consisté en une substance solide en ignition, analogue aux météorites proprement dites, ou en une masse incandescente gazeuse, ainsi que peuvent être certains bolides.

C'est dans la soirée du 16 janvier 1846 qu'eut lieu l'événement. Un bâtiment d'hébergement, dépendant d'une ferme appartenant à Mme de Berbis, et situé à la Chaux (Saône-et-Loire), fut détruit par le feu dans les circonstances suivantes. En voici le récit d'après la victime de l'incendie, le fermier Semard :

« Il y avait au plus, dit-il, une demi-heure ou trois quarts d'heure que mes domestiques, mes ouvriers et moi étions rentrés après la journée et le pansement du bétail; nous finissions de souper et étions, moi et un de mes hommes, auprès du feu de la cuisine, et les autres gens à côté, autour du poêle; une fille, qui allait et venait d'une chambre à l'autre pour serrer la vaisselle et les débris du souper, aperçut, par la fenêtre donnant de la cuisine sur la cour, une forte lueur; elle m'appela effrayée; je courus, et, aussitôt que j'eus ouvert la porte de la cour, j'aperçus mon bâtiment d'hébergement tout en feu. J'appelai mon monde, nous courûmes, mais il nous fut impossible d'entrer et de rien sauver. Déjà les parois, les murs étaient en braise. » Le bâtiment incendié était couvert en paille et construit en pans de bois, galaudés comme dans le pays, en carreaux crus. Toutefois, la rapidité avec laquelle il fut consumé est remarquable, et la même observation s'applique aux incendies relatés plus haut.

Venons maintenant aux témoignages relatifs à la cause du sinistre. Le premier est cité par le fermier lui-même, qui raconta à M. Giroux, auteur de la note insérée aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* pour 1846, « que le 14 février, revenant de la foire de Joncy, où il était allé acheter des moutons pour remplacer ceux que le feu lui avait dévorés, il

rencontra un homme avec lequel il fit route pendant quelque temps, et qui lui dit se nommer Cortot et demeurer à Oslon, près de Chalon; que, dans la conversation, cet homme lui dit avoir vu, le 16 janvier au soir, une boule de feu tomber du ciel dans la direction du nord au sud, et, un instant après, avoir vu s'élever une flamme à une assez grande distance vers le nord, qui lui avait fait supposer que ce feu céleste avait occasionné un incendie, et qu'il avait appris le lendemain que c'était à la Chaux ».

Un autre témoin, Pierre Trapet, cultivateur à Pierre, demeurant sur le chemin n° 29, au bas de la rampe de M. Gautheron, et que j'ai vu hier, chez M. Giroux, me dit : « Le 16 janvier dernier, quelques minutes avant six heures du soir, je montais à Pierre, lorsque, arrivé à la hauteur de la ferme de M. Simerey, en face de la cour de M. Gautheron, j'aperçus tout à coup une boule de feu de la grosseur de la tête d'un homme, qui s'échappa du ciel et glissa comme une étoile filante dans la direction du nord au sud, laissant derrière elle, et comme fixée au ciel, une trace de feu d'environ 4 mètres de long. Je courus et entrai chez Alexandre Perron, qui demeure à côté du grangeage de M. Baron; je le fis sortir pour voir cette trace lumineuse, et nous aperçûmes aussitôt au midi une forte lueur qui me fit penser qu'une maison brûlait. Et comme c'était positivement dans la direction suivie par la boule de feu que j'avais aperçue quelques minutes auparavant se détachant du ciel, je ne doutai pas que cet incendie ne fût produit par ce phénomène. Le ciel était clair, mais il y avait un léger brouillard volant. La trace lumineuse parut pendant plus de deux heures après; elle était plus ou moins claire suivant que le brouillard était plus ou moins épais. Je n'ai entendu aucune détonation, mais la boule de feu partit avec une rapidité inexprimable. »

« M. Sulpice, de Pierre, agent principal de la compagnie du Phénix, par laquelle la maison incendiée et le bétail étaient assurés, raconte que, le 16 janvier, il revenait de Louhans dans son char à bancs, accompagné de deux dames de Chalon, qu'il avait prises à Louhans et qui venaient chez lui. Arrivés en face du château de la Chaux, ils furent comme éblouis par une sorte de lumière extraordinaire, entendirent une détonation équivalente à celle d'un fort fusil, mais peut-être plus sourde, et virent aussitôt sur leur droite une maison en flammes. Il jugea que c'était la ferme de Semard; il vit également la trace lumineuse dont il est question plus haut, et qui durait encore plus d'une heure après son arrivée à Pierre. Il n'a pas vu de boule de feu, mais seulement une lumière vive, extraordinaire et ressemblant à un éclair. »

Enfin, un dernier témoignage, dont la concordance avec ceux qui précèdent est parfaite, et que nous allons citer encore, est celui d'un grand propriétaire du pays, M. Ernest de Loisy, qui dicta en ces termes à M. Giroux le récit de son observation :

« M. de Loisy revenait, le 16 janvier, de la propriété d'Auversars (Côte-d'Or), lorsque, parvenu, vers les six heures du soir, au village de Charette, en face de la maison de M. Boitard, percepteur, averti par une clarté subite et fort vive qui lui fit l'effet d'un éclair, il aperçut dans le ciel une traînée lumineuse perpendiculaire à l'horizon, et, pour le lieu où il se trouvait, dans la direction du sud-est. Cette traînée lumineuse, ressemblant à la queue d'une comète, mais donnant une clarté plus vive, lui parut embrasser dans le ciel un arc de 10 à 12 degrés et élevée de 60 à 70 degrés au-dessus de l'horizon. Elle lui sembla un peu plus haute que la constellation de la Grande Ourse, qui lui servit de terme de comparaison, mais qui restait à

gauche de cette traînée. La lueur de l'incendie lui apparut immédiatement au sud-est et dans la direction de la Chaux.

« La plus grande partie du ciel était sereine; quelques légères vapeurs faisaient parfois pâlir les étoiles, mais sans les cacher. Lorsque ces vapeurs passaient devant la traînée lumineuse, son éclat diminuait. M. de Loisy a donc remarqué, pendant tout le trajet de Charette à Terrans, qui dura vingt minutes, ce phénomène, qui disparut ensuite. »

Nous avons tenu à rapporter en détail ces divers récits d'un même événement, aperçu au même moment dans des localités diversement situées, à des distances différentes du lieu de l'incendie. L'apparition du météore, sa direction, la traînée persistante qu'il laissa dans le ciel, la subite conflagration qui suivit son apparition au point même de l'horizon vers lequel il était descendu, tout s'accorde dans les divers témoignages recueillis, et ne permet de conserver aucun doute sur la réalité du fait de l'incendie et de sa cause immédiate, la chute d'un météore. Le temps serein, l'époque de l'événement écartent d'ailleurs l'idée d'un phénomène électrique, tandis que la forme globulaire du météore, sa traînée s'appliquent parfaitement à la chute d'un bolide. Maintenant était-ce une météorite, comme la détonation entendue permet de le supposer, ou toute autre matière incandescente comme doivent être les étoiles filantes? C'est une question qui ne peut être résolue, puisqu'on n'a pas eu l'idée sans doute de rechercher sur place, après l'incendie, le *corps du délit*, comme on dit en procédure criminelle. Mais rien ne s'oppose à l'hypothèse qu'une météorite ait pu conserver jusqu'au sol la température élevée que nous avons vue capable de vitrifier sa surface. Si, au contraire, le météore était formé d'une masse incandescente, liquide ou plutôt gazeuse, d'un gros

volume si l'on en juge par ses dimensions apparentes, on ne s'explique que trop la rapidité avec laquelle tout un bâtiment s'est trouvé presque subitement embrasé.

Depuis que ces lignes étaient écrites, on a enregistré le témoignage authentique d'un incendie causé par des pierres météoriques. La note suivante, due à un savant archéologue, M. A. Caraven Cachin, donne les détails de l'événement : « Le 10 août 1885, à quatre heures du matin, une chute de météorites a eu lieu sur la commune de Grazac (Tarn). Cette chute fut accompagnée d'un bruit comparable à celui d'un violent coup de tonnerre. Les métayers, saisis de frayeur, sautèrent à bas de leur lit, tandis que les bœufs et les chevaux piaffaient dans les étables et brisaient leurs chaînes. En même temps, les météorites *incendiaient et consumaient entièrement une meule de 1500 gerbes de blé*, à la métairie de Laborie.

« Les pierres recueillies, au nombre de vingt, étaient répandues, entre le village de Grazac et le hameau de Montpelegry, c'est-à-dire sur une distance de 2 kilomètres. Elles affectaient des formes plus ou moins irrégulières; la plus grosse pesait environ 600 grammes. »

Ce qui ajoute à l'importance du fait, c'est, en premier lieu, la coïncidence de la chute avec la date du maximum des étoiles filantes d'août. Serait-ce quelques-uns de ces météores qui, incomplètement consumés dans leur trajet au sein des hautes régions de l'air, en raison de leur densité et de leur volume, seraient venus exceptionnellement jusqu'au sol? En outre, comme l'ont fait observer MM. Daubrée et Stanislas Meunier, ces météorites appartiennent à la catégorie, aussi rare qu'intéressante, du type charbonneux, mais avec des caractères particuliers qui en font un type lithologique tout à fait nouveau.

## IV

**Accroissement de la masse du globe  
par la chute des météorites.**

Les étoiles filantes et les bolides d'une part, les météorites de l'autre, sont une cause incessante de l'augmentation du volume et de la masse de la Terre. C'est là un fait indéniable. Que les étoiles filantes soient des masses solides, liquides ou gazeuses, qu'elles soient ou non entièrement consumées, lorsqu'elles ont décrit leurs trajectoires lumineuses; que les résidus de cette combustion tombent sur le sol à l'état de poussière, ou restent, au moins en partie, à l'état gazeux dans l'atmosphère : il importe peu. Il n'en est pas moins vrai qu'après leur apparition, elles ont abandonné à notre globe la matière dont elles sont formées. Les météorites, qui arrivent jusqu'au sol à l'état de fragments solides, contribuent pour leur part à cette augmentation, et si leurs chutes sont beaucoup plus rares que les apparitions d'étoiles filantes; s'il est vrai, comme l'admettait Schreibers, qu'il ne tombe guère par an que 700 météorites environ sur toute la surface de la Terre, tandis que les étoiles filantes, visibles ou télescopiques, s'évaluent par millions, la grosseur et la densité des premières compensent sans doute l'infériorité du nombre.

Mais dans quelle mesure la masse de notre planète peut-elle être ainsi accrue par l'adjonction de ces corps étrangers? Et si, à la longue, à la suite de myriades de siècles, l'accroissement en question n'est pas insensible, n'intervient-il pas dans les phénomènes de mécanique céleste où la masse de la Terre joue nécessairement son rôle? C'est ce qu'ont pensé quelques savants. Le mouvement de la Lune subit une accélération qui monte, d'après la comparaison des

observations anciennes et modernes, à environ 12 secondes par siècle. Or, la théorie ne peut rendre compte que de moitié environ de cette accélération. Il reste à chercher la cause des 6 secondes non expliquées. Delaunay a prouvé qu'une partie au moins de cet écart est dû à un ralentissement de la rotation du globe terrestre, qui est lui-même l'effet de l'action de la Lune sur nos marées. Le jour sidéral, qui est l'unité de temps pour la mesure des phénomènes astronomiques, s'étant allongé d'environ une seconde en 100 000 années, le mouvement de la Lune a paru s'accélérer de ce chef, bien qu'il soit resté constant : c'est ainsi qu'une longueur invariable semblerait s'être raccourcie, si le mètre dont nous nous servons pour la mesurer à deux époques différentes, s'était allongé lui-même dans l'intervalle.

Mais M. Ch. Dufour pensait qu'on pouvait expliquer en partie l'excès de 6 secondes dans l'accélération séculaire de la Lune, par l'augmentation de la masse de la Terre. Il suffirait que cet accroissement fût, par siècle, de la 150 millionième partie de la masse totale. En admettant, pour les aérolithes, une densité égale aux deux tiers de la densité du globe, il faudrait une chute de 11 000 kilomètres cubes par siècle, de 110 kilomètres cubes par an, quelque chose comme un dixième de kilomètre cube pour la surface de la France, qui n'est que la millième partie de la surface du globe. M. Dufour ne regarde pas ce chiffre comme invraisemblable, mais il faut avouer qu'il est difficile de porter un jugement motivé en pareille question.

Ce qui reste certain, c'est que notre planète gagne insensiblement en masse et en volume, par cela seul que, dans le cours de ses révolutions, elle rencontre les myriades de petits corps qui composent les agglomérations des essaims de météores.

FIN

## TABLE DES FIGURES

---

Fig. 1. — Étoiles filantes à traînées rectilignes fusiformes.....	4
Fig. 2. — Traînées sinueuses; trajectoires curvilignes.....	5
Fig. 3. — Changements dans la forme d'une traînée. Météore observé à Birmingham le 11 août 1868.....	7
Fig. 4. — Détermination des hauteurs d'apparition et de disparition d'une étoile filante.....	11
Fig. 5. — Bolide quadruple, observé par Tacchini, le 27 juillet 1874.	21
Fig. 6. — Courbes représentant les moyennes horaires des nombres d'étoiles filantes, d'après les observations de Coulvier-Gravier.....	34
Fig. 7. — Courbe de la variation des nombres horaires moyens d'étoiles filantes dans le cours d'une année, d'après les observations de Coulvier-Gravier.....	36
Fig. 8. — Répartition mensuelle de 82 152 météores catalogués, d'après les recherches de M. Denaing.....	37
Fig. 9. — Trajectoires des étoiles filantes observées à Greenwich dans la nuit du 13 au 14 novembre 1866. Radiant dans la constellation du Lion.....	51
Fig. 10. — Trajectoires de 83 étoiles filantes observées à Glasgow, dans la nuit du 13 au 14 novembre 1866, par A.-S. Herschel et H. Mac-Gregor. Essaim des Léonides.....	52
Fig. 11. — Trajectoires de 120 météores observés dans la nuit du 10 au 11 août 1875, à Urbino, par Serpieri. Essaim des Perséides.....	57
Fig. 12. — Explication de la divergence apparente des météores d'un même essaim par le parallélisme réel des trajectoires. Centre de radiation ou point radiant.....	66
Fig. 13. — 82 positions du radiant des météores du 27 novembre, d'après A.-S. Herschel.....	68
Fig. 14. — Radiants des météores d'août et des Perséides, d'après le capitaine Tupman.....	70
Fig. 15. — Essaim météorique du 9 au 13 décembre. Radiant : Étoile $\alpha$ des Gémeaux, d'après A.-S. Herschel.....	72
Fig. 16. — Essaim météorique du 10-20 octobre. Radiant : Étoile $\nu$ d'Orion, d'après A.-S. Herschel.....	74
Fig. 17. — Distribution des radiants en ascension droite.....	78
Fig. 18. — Orbites communes aux essaims météoriques des 13-14 novembre, 10 août, 20 avril, 27 novembre et aux comètes 1866 I, 1862 III, 1861 I et de Biela.....	95
Fig. 19. — Essaim du 10 août; maximum de l'année 1848, d'après les observations de Coulvier-Gravier.....	98

Fig. 20. — Comète de Biéla ou de Gambard dédoublée, d'après les observations de Struve, en février 1846.....	110
Fig. 21. — Pluie d'étoiles filantes du 27 novembre 1872, d'après les observations de Denza, à l'observatoire de Brera.....	117
Fig. 22. — Aspect du ciel pendant la nuit du 27 novembre. Pluie d'étoiles filantes et de bolides.....	123
Fig. 23. — Explosion d'un bolide. Observation de J. Silbermann, du 11 novembre 1869.....	140
Fig. 24. — Bolide du 14 novembre 1868. Noyau blanc plus brillant que Vénus; double traînée bleuâtre, d'après Gilman....	143
Fig. 25. — Traînée d'un bolide observé le 14 novembre 1868. Nuage ovale au point de disparition du météore.....	145
Fig. 26. — Météore du 14 novembre 1868. Double traînée vaporeuse blanc verdâtre, d'après Gilman.....	147
Fig. 27. — Métamorphoses d'une traînée météorique, effectuées dans un intervalle de 14 minutes.....	151
Fig. 28. — Météorite d'Ensisheim.....	169
Fig. 29. — Météorite ou fer de Pallas tombé à Krasnojarsk (Sibérie), découvert par Pallas en 1776.....	185
Fig. 30. — Météore observé à Hurworth (comté de Durham), en octobre 1854.....	189
Fig. 31. — Courbe représentant la distribution horaire, diurne et nocturne, des chutes de météorites.....	214
Fig. 32. — Répartition mensuelle des chutes de météorites. — 1. D'après Arago. — 2. D'après St. Meunier.....	214
Fig. 33. — Distribution mensuelle des chutes de météorites.....	217
Fig. 34. — Explosion du bolide de Quenggouck (Inde), le 27 décembre 1857, d'après le dessin du lieutenant Ailesbury.....	226
Fig. 35. — Cupules des météorites.....	232
Fig. 36. — Météorite holosidère trouvée en 1828, à Caille (Var, depuis Alpes-Maritimes).....	237
Fig. 37. — Figures de Widmanstätten.....	238
Fig. 38. — Fragment du fer météorique de Pallas (syssidère).....	240
Fig. 39. — Fragment de la météorite de la Sierra de Chaco (poly-sidère).....	241
Fig. 40. — Météorite tombée à Juvinas (Ardèche), le 15 juin 1821. Bloc de 142 kilogr. du groupe des Asidères.....	242
Fig. 41. — Fragment de la météorite charbonneuse d'Orgueil.....	243
Fig. 42. — Bloc de fer natif, découvert à Gvifak en 1870, par M. Nordenskiöld.....	249
Fig. 43. — Bolide à trajectoire sinueuse, observé le 20 octobre 1879..	257
Fig. 44. — Bolide à trajectoire curviligne, vu le 9 septembre 1885....	257
Fig. 45. — Incendie causé par la chute d'un bolide, le 16 janvier 1846, à la Chaux (Saône-et-Loire).....	265

# TABLE DES MATIÈRES

---

INTRODUCTION.....	V
I. — Les météores dans l'antiquité : Homère, Virgile, etc.....	V
II. — Opinion de Sénèque, etc.....	VIII
III. — Opinion des astronomes et physiciens modernes.....	XIII
IV. — Les pierres tombées du ciel.....	XV
<b>PREMIÈRE PARTIE</b>	
<b>Les étoiles filantes.</b>	
<b>CHAPITRE I. — DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PHÉNOMÈNE DES ÉTOILES FILANTES.....</b>	<b>1</b>
I. Grandeur apparente. — Bolides. — Trainées.....	1
II. Hauteur des étoiles filantes dans l'atmosphère. — Vitesse.....	9
III. Mesures récentes des hauteurs des météores. — Trajectoires.....	17
<b>CHAPITRE II. — DU NOMBRE DES ÉTOILES FILANTES.....</b>	<b>26</b>
I. — Les étoiles filantes sporadiques.....	26
II. — Lois des variations horaires, mensuelles, annuelles.....	32
<b>CHAPITRE III. — LES ÉTOILES FILANTES PÉRIODIQUES.....</b>	<b>41</b>
I. — Averses météoriques des 12 au 13 novembre 1799 et 1833.....	41
II. — Essaims périodiques du 10 août et du 20 avril....	54
<b>CHAPITRE IV. — ORIGINE COSMIQUE DES ÉTOILES FILANTES..</b>	<b>60</b>
I. — Hypothèse de l'origine terrestre et atmosphérique.....	60
II. — Centres de radiation, ou points radiants.....	64
III. — Nombre et distribution des radiants.....	71
IV. — Orbites des essaims météoriques.....	79
<b>CHAPITRE V. — LES ESSAIMS D'ÉTOILES FILANTES ET LES COMÈTES.</b>	<b>88</b>
I. — Détermination des orbites des essaims.....	88
II. — Les Perséides et la grande comète de 1862.....	96
III. — Les Léonides et la comète de Tempel.....	98
IV. — L'essaim du 20 avril et la comète de 1861.....	106
V. — Systèmes d'essaims et de comètes.....	108
VI. — La pluie d'étoiles filantes des 27 novembre 1872 et 1885 et la comète de Biéla.....	110

<b>CHAPITRE VI. — ÉTUDE PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES ÉTOILES FILANTES.....</b>	<b>135</b>
I. — Etoiles filantes et bolides. — Question de l'identité des deux espèces de météores.....	135
II. — Incandescence des étoiles filantes et des bolides. — Ses causes.....	141
III. — Lumière et couleur des météores. — Analyse spectrale.....	146

## DEUXIÈME PARTIE

### Les pierres qui tombent du ciel.

<b>CHAPITRE I. — HISTOIRE DES ANCIENNES CHUTES.....</b>	<b>155</b>
I. — Chutes de pierres de Laigle, de Lucé, de Barbotan. — Rapport de Biot.....	155
II. — Chutes de pierres dans l'antiquité et au moyen âge.	165
III. — Chute d'Ensisheim. — Fer météorique de Hradschina.....	168
IV. — Démonstration de la réalité des chutes. — Opinion de Chladni sur l'origine des pierres... ..	179
<b>CHAPITRE II. — ORIGINE COSMIQUE OU EXTRA-TERRESTRE DES MÉTÉORITES.....</b>	<b>188</b>
I. — Phénomènes précédant et accompagnant la chute. — Exemples historiques.....	188
II. — Origine extra-terrestre des météorites.....	198
III. — Nombre, poids, volume des pierres d'une même chute.....	200
IV. — Les poussières météoriques.....	206
V. — Distribution horaire, annuelle des chutes. — Distribution géographique.....	209
<b>CHAPITRE III. — ÉTUDE PHYSIQUE, CHIMIQUE ET MINÉRALOGIQUE DES MÉTÉORITES.....</b>	<b>221</b>
I. — Températures intérieure et extérieure des météorites.....	221
II. — Causes de leur inflammation, de l'explosion et de la détonation.....	224
III. — Constitution chimique des météorites. — Classifications proposées.....	231
IV. — Caractères minéralogiques des météorites....	245
<b>CHAPITRE IV. — HYPOTHÈSES SUR L'ORIGINE DES MÉTÉORITES.</b>	<b>251</b>
I. — Les pierres météoriques et les volcans de la Lune.	251
II. — Rupture spontanée d'un satellite de la Terre. — Origine sidérale des météorites.....	255
III. — Accidents causés par les météorites.....	260
IV. — Accroissement de la masse du globe par la chute des météorites.....	271