

MÉMOIRES  
DU  
MUSÉE ROYAL D'HISTOIRE NATURELLE  
DE BELGIQUE

MÉMOIRE N° 66

VERHANDELINGEN  
VAN HET  
KONINKLIJK NATUURHISTORISCH MUSEUM  
VAN BELGIË

VERHANDELING N° 66

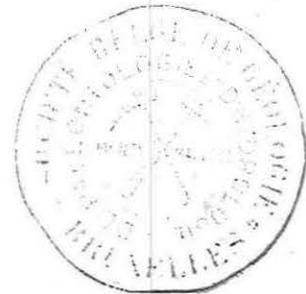


# L'AÉROLITHE DU HAINAUT

PAR

**M. LECOMPTE, Dr. Sc.**

AIDE-NATURALISTE AU MUSÉE D'HISTOIRE NATURELLE DE BELGIQUE.



BRUXELLES  
MUSÉE ROYAL D'HISTOIRE NATURELLE DE BELGIQUE  
RUE VAUTIER, 31

1935

Distribué le 10 janvier 1935.

BRUSSEL  
KONINKLIJK NATUURHISTORISCH MUSEUM VAN BELGIË  
VAUTIERSTRAAT, 31

1935

Uitgedeeld den 10<sup>en</sup> Januari 1935.

# L'AÉROLITHE DU HAINAUT

---

## INTRODUCTION

L'étude de la météorite, tombée à Bettrechies, dans le Hainaut, à la frontière belgo-française, le 26 novembre 1934, qui est présentée ici, livre les résultats de premières recherches qui ne peuvent être considérés ni comme définitifs ni comme complets.

Les éléments qui ont servi de base à cette étude ne sont, en effet, que des fragments, relativement petits, de l'aérolithe, dont la grosse partie a, malheureusement, disparu. Si celle-ci peut, dans la suite, être retrouvée, elle fournira peut-être des données nouvelles.

En outre, l'étude d'une roche, aussi fortement affectée par des phénomènes mécaniques et pyrogéniques, est difficile et longue. Pour ne pas trop retarder le présent travail, j'ai dû, nécessairement, remettre, à plus tard, certaines séparations d'éléments qui s'avéraient longues et délicates.

De plus, on sait que les éléments métalliques interviennent pour une bonne partie dans la constitution des météorites pierreuses et que leur nature est souvent mal connue. Leur détermination précise exige des analyses chimiques sur des éléments minutieusement séparés. On verra, au cours de ce travail, que c'est particulièrement le cas dans la météorite qui nous occupe. Je n'ai pu songer, pour l'instant, à faire ces analyses délicates.

Certains compléments indispensables suivront donc cette première contribution.

Je remercie ici M. le Professeur Thoreau, de l'Université de Louvain, d'avoir bien voulu m'autoriser à faire à son laboratoire une partie des recherches.

---

## I. — CHUTE DE L'AÉROLITHE

Le 26 novembre de l'année qui vient de s'écouler, entre 8 heures et 9 heures du soir, la région charbonnière du Hainaut, jusqu'à la frontière française, était mise en émoi par un grondement analogue à celui que produit le tonnerre, mais plus puissant et plus prolongé. Le phénomène sonore fut particulièrement perçu au Sud de Mons, dans la région frontrière, où de nombreux témoins observèrent, en même temps, le passage très rapide, dans le ciel, d'un corps très lumineux, éclairant les campagnes d'une lueur fantastique, et qui semblait devoir tomber à peu de distance. Les informations du lendemain signalèrent la chute d'un aéro-lithe à Goegnies-Chaussée (France), dans un champ de la ferme de Monbanson. Un domestique de l'exploitation, en hersant, le matin du 27, un champ labouré la veille, avait remarqué un trou anormal qui l'avait, de prime abord, intrigué, mais qu'il avait fait disparaître avec sa herse, sans en rechercher autrement la cause. Ce n'est qu'en apprenant, par la suite, la chute d'un aéro-lithe qui, aux dires des douaniers de service à proximité de la ferme, devait avoir eu lieu à très peu de distance, qu'il songea à mettre une relation entre son observation et le phénomène. La nouvelle, rapidement colportée, fit arriver sur place des journalistes et quelques géologues qui ne purent que recueillir le récit assez vague du domestique de la ferme et borner leurs observations à une petite portion du champ, indiquée comme le lieu approximatif de la chute mais ne montrant aucune trace de celle-ci. Je fis, dans les jours suivants, toute une série de recherches et de nombreux petits sondages qui demeurèrent infructueux.

Dans l'entretemps, des informations nouvelles annonçaient que l'aéro-lithe, aperçu le soir du 26 novembre, était tombé à Bettrechies (France) près de Bavay, où il avait été retrouvé mais presque aussitôt enlevé par un amateur trop empressé, resté malheureusement inconnu. Divers témoins, notamment les douaniers de service entre Saint-Vaast-la-vallée et La Flamengrie, avaient assisté, à peu de distance, à la chute, qui s'accompagna d'une violente explosion. M'étant rendu sur place pour faire les observations nécessaires, je fus assez heureux pour retrouver quelques fragments qui seront décrits dans le présent travail auquel ils ont servi de base.

Le bolide est tombé aux confins des trois communes de Roisin (Belgique), de La Flamengrie et de Bettrechies (France), sur le territoire de cette dernière, à 60 mètres environ à l'Est de la frontière, dans la prairie d'un petit cultivateur de l'endroit. Au moment où je me suis rendu sur les lieux on voyait encore, à l'endroit de la chute, un entonnoir de 60 centimètres de profondeur environ et de 80 centimètres de diamètre, dont la forme primitive avait été un peu modifiée par les coups de bêche des premiers observateurs.

Aux dires de M. Sausset, le propriétaire du terrain, l'entonnoir était absolument droit et la terre avait été refoulée latéralement sans bourrelet apparent et sans rejets sur les bords. C'est au fond de cet entonnoir qu'il observa, le lendemain du phénomène, à la nuit tombante, une masse noire dont il évalue le diamètre à 25 centimètres. Prenant celle-ci pour un obus et n'osant y toucher, il partit en informer la gendarmerie, mais, au préalable, il narra la nouvelle à la ronde. Lorsque les gendarmes arrivèrent sur les lieux le bolide avait disparu.

L'aérolithe de Bettrechies est-il le seul qui soit tombé le 26 novembre et sa découverte élimine-t-elle la prétendue chute de Goegnies-Chaussée? Ou bien le bolide s'est-il fragmenté avant de tomber? Les éléments que j'ai pu recueillir ne me permettent pas de conclure.

Bettrechies et Goegnies-Chaussée sont séparés par une distance d'une quinzaine de kilomètres. Rien ne s'oppose à ce que des fragments soient tombés à ces deux endroits et peut-être à d'autres encore <sup>(1)</sup>. Les chutes multiples sont fréquentes et leurs éléments peuvent se disperser sur une aire assez vaste, d'autant plus grande que la fragmentation du bolide dans l'atmosphère terrestre est plus importante.

L'examen de la croûte de fusion de l'aérolithe de Bettrechies eût, peut-être, pu fournir une indication. On sait, en effet, qu'il est parfois possible de distinguer de la croûte primaire, formée sur un fragment important, la croûte secondaire formée sur les surfaces d'éclatement, quand celui-ci s'est produit à relativement peu de distance du point de chute. Les seuls fragments que nous possédons de la météorite de Bettrechies ne se prêtent pas à cette recherche.

Le résultat négatif des sondages effectués à Goegnies-Chaussée ne prouve rien. Dans les conditions où ils étaient effectués, autant valait, en effet, chercher une aiguille dans une meule de foin. Toutefois, la seule observation, sur laquelle était basée la chute à cet endroit, me paraît bien fragile. Le trou observé par le domestique de Monbanson se réduit à un sillon en fond de bateau de peu de profondeur, ce qui faisait penser au propriétaire de la ferme que l'aérolithe n'avait fait que raser terre pour s'élever à nouveau et aller retomber plus loin. Un cas semblable a été signalé autrefois par Delaunay <sup>(2)</sup>, à Than-Duc, où un aérolithe creusa un sillon de 32 mètres de long, de 6 mètres de largeur et de 2 mètres de profondeur. Mais cette hypothèse est, ici, extrêmement peu probable. Le sillon observé par le domestique de Monbanson n'avait guère plus d'un mètre de long et pratiquement pas de profondeur. N'était-ce pas un simple trou de lapin? La direction du sillon, N.W.-S.E., ne correspond, d'ailleurs, certainement

---

<sup>(1)</sup> Un journal français, l'*Écho du Nord*, a signalé qu'un éclat aurait été retrouvé à Cuesmes-Rouveroy mais je n'ai pu en obtenir confirmation.

<sup>(2)</sup> DELAUNAY, *Chute, le 25 octobre, à Than-Duc, d'une météorite qui paraît avoir disparu à la suite d'un ricochet*. (Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, 1887, CV, 1292.)

pas à celle du météore. Je n'ai pu recueillir de donnée précise sur celle-ci. Certains témoignages, notamment celui du douanier de service à Goegnies-Chaussée au moment du phénomène, assignent à la trajectoire du bolide une direction Nord-Sud. D'autre part, les phénomènes lumineux et, surtout, le bruit signalant son passage auraient été nettement perçus au-dessus de la ville de Châtelet, à l'Est de Charleroi, et dans la région du Centre. Si l'on rapproche ces observations du fait que la plus grande intensité du phénomène, tant lumineux que sonore, se serait manifestée entre Goegnies-Chaussée et Bettrechies, il devient assez probable que la trajectoire suivie par le bolide était N.E.E.-S.W.W., direction qui n'est pas du tout en harmonie avec celle du sillon de Monbanson. D'ailleurs, les témoignages particulièrement affirmatifs du douanier de Goegnies-Chaussée et de quelques habitants d'un hameau voisin de Monbanson s'accordent pour tenir comme impossible la chute, à Goegnies-Chaussée, de l'aérolithe dont ils ont très bien observé le passage. Les observations que j'ai pu faire ne me permettent pas d'être aussi catégorique mais je tiens, néanmoins, comme fort improbable une chute à Goegnies-Chaussée. A mon avis, l'aérolithe aperçu si nettement à cet endroit est celui qui est tombé à Bettrechies.

## II. — EXAMEN MACROSCOPIQUE

Le bolide ayant disparu avant qu'un observateur averti ait pu en relever les caractères, force m'est de me borner à décrire les fragments que j'ai pu retrouver. Des cinq pièces qui sont maintenant en la possession du Musée royal d'Histoire naturelle, deux sont des fragments assez volumineux, les trois autres ne sont que des éclats. Pour la commodité de la description, nous les désignons par une lettre. Le fragment A (pl. I, fig. 1-3) pèse 477,400 grammes. Le fragment B (pl. I, fig. 4-5) pesait, avant les prélèvements que j'y ai faits pour l'étude microscopique et pour l'analyse chimique, 415,987 grammes. Le fragment C pèse 10,672 grammes. Les fragments D et E (pl. I, fig. 6), qui constituent un même éclat, pèsent respectivement 10,640 grammes et 7,157 grammes.

La densité, calculée sur les fragments B et C, a donné, respectivement, 3,68 et 3,64. L'aérolithe entier (fragment tombé à Bettrechies s'entend), si les dimensions indiquées par le cultivateur qui le découvrit sont exactes, devait peser 15 à 20 kilogrammes, pour autant qu'on le suppose plus ou moins massif, ce qui n'était sans doute pas le cas.

C'est une météorite pierreuse de type chondritique.

### A. — CARACTÈRES DE LA SURFACE

On sait que les caractères de la surface des météorites constituent un élément d'étude très intéressant. Ils varient avec la nature du bolide et peuvent fournir des indications très précises sur le déplacement de celui-ci dans l'espace, du

moins dans l'atmosphère terrestre. L'aérolithe, qui arrive dans notre atmosphère à une vitesse qui peut dépasser 60 kilomètres à la seconde, y produit une compression quasi instantanée de l'air qui a été évaluée à plus de 50 atmosphères. Cette compression énorme, aidée des effets de tension produits dans le bolide par suite de l'échauffement considérable de la partie superficielle, peut provoquer l'éclatement de l'aérolithe. Les fragments ont ordinairement une forme polyédrique et une partie d'entre eux peut parfaitement ressortir de notre atmosphère pour continuer leur course dans l'espace.

La fusion de la roche à la surface arrondit les angles formés, plus ou moins fortement suivant la nature de la roche, mais surtout en raison de la durée du trajet dans l'atmosphère. Les éclatements produits à relativement peu de distance du point de chute laissent donc les arêtes des fragments plus ou moins anguleuses.

Le brusque refroidissement du bolide à la fin de sa course provoque la vitrification de la couche fondue, qui laisse, à la surface, cette croûte si caractéristique et généralement mince. L'épaisseur de celle-ci n'est nullement en rapport avec l'importance de la fusion produite, car la matière fondue est projetée dans l'espace aussitôt qu'elle se forme, et c'est elle qui produit cette traînée lumineuse, souvent observée derrière le bolide qui se déplace. La croûte est plus mince chez les météorites compactes.

C'est surtout l'aspect de cette croûte qui est variable. Généralement noire ou, du moins, très foncée, elle est vernissée, luisante, translucide, ridée, dans les météorites feldspathiques, tandis qu'elle est mate, opaque, raboteuse, dans les météorites magnésiennes. Quand l'aérolithe a conservé sensiblement la même position au cours de son déplacement dans notre atmosphère, la matière fondue a été accumulée un peu à l'arrière et la croûte montre des rides plus ou moins bien développées et complexes, dirigées de l'avant vers l'arrière du bolide. Dans ces météorites, dites « orientées », l'aspect externe est souvent très caractéristique. Une grande face plane, considérée comme la face arrière, montre une croûte unie, plus mate que les autres, et lorsqu'elle présente des impressions, celles-ci sont plus plates. L'avant du bolide est constitué par le sommet d'une pyramide ou d'un cône ou, du moins, par un mamelon plus ou moins prononcé. Les faces les plus exposées à l'action érosive de l'air sont marquées de dépressions de formes diverses mais dont les plus caractéristiques ont l'aspect d'impressions digitales, qui sont parfois groupées, conjuguées et divergentes autour du sommet (l'avant du bolide). Ces impressions ne sont pas exclusivement propres aux météorites « orientées », mais elles sont plus développées, mieux localisées et plus généralement conjuguées chez celles-ci.

On a beaucoup discuté sur la formation des cupules de la surface des météorites et les avis sont restés très partagés. Les belles recherches de Daubrée, à la suite des observations de Maskelyne sur les particules de poudre ayant échappé, partiellement, à la combustion, sur l'avant des canons, ont certainement contribué, pour la plus grande part, à éclaircir la question. L'application

des expériences du savant français aux météorites n'a cependant pas été admise par tous les spécialistes, du moins comme facteur unique. On sait que Daubrée, à la suite de ses expériences, expliquait la formation des impressions si caractéristiques sur la surface des météorites, impressions auxquelles il donna le nom de « piézoglyphes », par le seul affouillement produit par la force érosive de l'air fortement comprimé. On a cherché bien d'autres explications. Je me contenterai de rappeler brièvement les principales. Meunier et Prinz regardent ces cavités comme les inégalités dues à une fragmentation antérieure. Pour Maskelyne, elles sont dues à des éclatements de l'écorce par suite de la grande différence de température entre celle-ci et l'intérieur de l'aérolithe. Peut-être aussi, la différence de fusibilité joue-t-elle un rôle. Haidinger et Lasaulx soutiennent le même point de vue. Brézina et Tschermak considèrent les cavités comme dues à la fusion des pyrites. Fletcher en voit l'explication partielle dans l'inégalité de la conductibilité, de la fusibilité et de la friabilité de la matière à la surface. Merrill recourt aussi à l'hétérogénéité et, surtout chez les fers météoriques, à la présence de nodules de troïlite plus fusibles. Cohen, sans dénier toute valeur à certains des facteurs ci-dessus envisagés, retient, cependant, comme explication principale, l'action mécanique de l'air. L'auteur fait remarquer, en effet, que l'aspect des piézoglyphes est remarquablement constant et se présente dans des conditions semblables aussi bien chez les fers météoriques que chez les météorites pierreuses, dont la composition est bien différente et dans lesquelles les variations de température doivent se produire de façon bien diverse. L'action érosive de l'air est, peut-être, favorisée cependant par les chondres et par la fusion plus rapide du fer nickelé et des sulfures de fer.

Il sortirait du cadre du présent travail de discuter ces questions d'ordre général. L'exposé que je viens de faire a surtout pour but de servir d'introduction à la description qui va suivre. Je ferai, toutefois, remarquer que la roche qui constitue l'aérolithe de Bettrechies est particulièrement hétérogène et se prêtait de façon toute spéciale à mettre en lumière l'effet de certains facteurs invoqués par différents auteurs. La roche, qui a une structure de brèche très grossière, contient de gros éléments métalliques. Par un hasard curieux, ceux-ci, dans chacun des deux gros fragments que j'ai pu recueillir, atteignent la surface. Leur incidence sur celle-ci ne marque nullement une dépression. Au contraire, dans l'un des deux fragments (A), le noyau métallique, qui n'a pas moins de 35 millimètres de long et 17 millimètres de haut, forme le mamelon autour duquel sont distribués une série de piézoglyphes typiques sans relation apparente avec les parties métalliques. L'hypothèse de Daubrée s'impose, ici, nettement à l'esprit, si l'on ne veut pas retenir celle, trop simpliste, de fragmentation antérieure, présentée par Stanislas Meunier, et qui a l'inconvénient de ne pas expliquer la constance d'aspect de ces cassures fortuites et leur localisation spéciale.

**Fragment A.**

C'est un gros éclat en biseau, de 9 centimètres × 10 centimètres dans ses plus grandes dimensions, de 5 centimètres d'épaisseur maxima. Il montre une portion de deux faces naturelles de l'aérolithe, avec leur croûte de fusion. La plus grande (pl. I, fig. 1 et 2) est une surface très accidentée portant des piéroglyptes très caractéristiques, conjugués et distribués sur le pourtour, partiellement conservé, d'un mamelon très prononcé, constitué, ainsi que je l'ai dit plus haut, par un noyau métallique qui marque le contact avec un fragment de face plane. La croûte, de ton brun-noir, plus foncée dans les dépressions, plus claire sur les bosses, a un aspect pelé, dû à la terre qui s'est fixée entre ses fines mailles et y a même subi une certaine cuisson, qui lui donne une couleur de rouille, quand le bolide a pris contact avec le sol. L'épaisseur de la croûte est variable. Sur les bosses, elle ne dépasse guère 0<sup>mm</sup>3. Sur les bords des piéroglyptes, elle peut atteindre 0<sup>mm</sup>8. Son aspect général est raboteux, ce qui est dû aux nombreuses petites irrégularités de sa surface. Celles-ci constituent un réseau à mailles fines, très irrégulières, visibles à la loupe, et légèrement luisantes, ce qui donne à la croûte un léger lustré. Dans le fond des piéroglyptes, la structure est beaucoup plus fine, plus régulière, et il y a une multitude de trous minuscules, en pointe d'aiguille, la plupart circulaires, dus, vraisemblablement, à l'échappement de bulles gazeuses quand la pellicule était encore visqueuse. Les irrégularités de la surface dessinent aussi une très légère striation qui se marque par des crêtes minuscules et parallèles, sur une partie du mamelon et sur certains bourrelets séparant les piéroglyptes.

Le petit fragment de face plane, qui n'a pas été figuré, est revêtu d'une croûte, souillée encore de particules de terre, insérées entre les mailles, qui en éclaircissent la teinte. La structure est finement réticulée, et il y a, en outre, une striation faible, mais nette, dirigée vers le mamelon de la face précédemment décrite. L'épaisseur de la croûte est ici de 0<sup>mm</sup>3 à 0<sup>mm</sup>4.

**Fragment B.**

Le second fragment est une tranche de 3 à 5 centimètres d'épaisseur, recoupant deux faces juxtaposées d'un polyèdre, perpendiculairement sur l'arête qui les sépare. Les deux portions de faces conservées sont peu accidentées; elles font un angle de 75° environ. L'arête séparatrice est fortement arrondie. La plus grande des deux faces porte deux dépressions plates à grand rayon. La croûte, de 0<sup>mm</sup>4 d'épaisseur, peu souillée de terre, surtout dans sa partie droite, telle que la pièce est orientée dans la figure (pl. I, fig. 5), est noire et mate. La structure est beaucoup plus fine que sur les autres surfaces.

Les irrégularités, moins nombreuses dans la partie droite de la face, où elles se marquent par des aspérités ou de très courts filets, se multiplient à mesure

qu'on se rapproche de l'arête séparant les deux faces, en même temps qu'elles se compliquent et qu'elles mettent en évidence une striation de plus en plus apparente. Celle-ci, qui est perpendiculaire sur l'arête, subit une certaine déviation sur les bords de la cuvette plate qui voisine avec elle. Dans la partie la plus striée, on observe quelques trous de bulles, irrégulièrement distribués et très peu nombreux.

Tout à l'extrémité droite de la face, une petite plage ovale, luisante, un peu en dépression, marque sans doute l'emplacement d'un chondre.

La seconde face a une structure sensiblement moins fine et nettement réticulée, mais des aspérités plus fortes et des filets courts, discontinus mais serrés, disposés parallèlement, marquent une striation très claire, perpendiculaire sur l'arête. Les irrégularités, examinées à la loupe, sont un peu luisantes et donnent à la face un certain lustré. Les mailles de la croûte emprisonnent, sur toute la surface, des particules de terre qui donnent à l'ensemble une teinte brunâtre. A l'extrémité gauche de la face, la structure réticulée est beaucoup plus fine, et la striation disparaît ou n'est plus que vaguement marquée.

#### **Fragment G.**

C'est un petit morceau qui a été poli et qui ne montre qu'une petite portion de croûte rugueuse, noire, qui ne mérite pas de description détaillée.

#### **Fragments D et E.**

Ces deux petits fragments, qui se mettent bout à bout et constituent un seul éclat, ont une croûte noir-brun, sensiblement plus rugueuse que celle des fragments précédents. La striation, marquée par des crêtes courtes, discontinues mais groupées parallèlement, est beaucoup plus forte, surtout dans la partie centrale de l'éclat, où le fond est à structure serrée et percé de nombreux trous minuscules en entonnoir, réguliers ou irréguliers. Vers les extrémités la striation est moins nette et la structure réticulée beaucoup plus grossière. Les caractères de cet éclat indiquent qu'il occupait sur le bolide une position où il était particulièrement exposé au frottement de l'air.

Les caractères des fragments qui viennent d'être décrits permettent de conclure que le bolide devait avoir une forme générale polyédrique et qu'il appartient, sans aucun doute, à la catégorie des météorites dites « orientées ». La présence de forts piézoglyphes distribués autour d'un bec, l'existence de sillons parallèles sur presque toutes les surfaces et une certaine différence dans l'aspect des diverses faces le prouvent à suffisance.

Aucune observation ne permet de conclure à un éclatement produit à relativement peu de distance du point de chute, mais les éléments d'information sont naturellement insuffisants.

**B. — CARACTÈRES LITHOLOGIQUES**

La roche qui constitue l'aérolithe de Bettrechies est assez dure et cohérente; les chondres sont généralement cassés net, sans être sortis de leurs alvéoles. Elle présente, néanmoins, une certaine porosité. Un des fragments, après une immersion de 2 à 3 minutes dans l'eau, en a absorbé 5 % de son volume.

Les surfaces de cassure montrent une texture bréchiforme (pl. I, fig. 3). Des fragments anguleux de teinte gris clair sont enrobés dans un ciment gris-bleu foncé. La dimension des fragments les plus typiques accuse de 7 à 30 millimètres dans la plus grande longueur. On peut même observer un élément incomplet qui n'atteint pas moins de 60 millimètres. Leur nature, ainsi que le montre l'examen microscopique, n'est pas différente de celle des éléments du ciment. Ils sont essentiellement formés d'olivine et de pyroxènes. Il y a cependant quelques fragments métalliques ou au moins à pigment métallique très concentré et de teinte bleu-noir à noir mat. Les premiers sont constitués de fer-nickel et de sulfure de fer. Les deux plus gros de ces fragments métalliques dépassent 3 centimètres dans leur plus grande dimension. La cassure de l'un des deux montre un beau miroir de faille avec fortes stries de glissement (pl. I, fig. 4). Ce n'est d'ailleurs pas le seul endroit de la roche qui montre des traces semblables.

L'examen des surfaces, à la loupe, fait découvrir de nombreux petits chondres qui dépassent rarement 2 millimètres de diamètre et sont souvent plus petits, parfaitement arrondis, ovalaires ou ovoïdes, à limite très bien marquée. Ils sont généralement cassés net avec la roche, et leur surface exposée, de teinte claire, à reflet parfois un peu lustré, laisse voir, dans certains cas, une structure fibreuse. Quelques-uns seulement sont sautés de leur alvéole. Je n'en ai observé qu'un seul dont la surface externe est partiellement exposée. Celle-ci, entièrement noire, n'est pas parfaitement lisse. Elle est piquetée de trous ou plutôt d'éraflures microscopiques. Examinées avec une forte loupe, sous une certaine incidence, on observe très bien que celles-ci sont coordonnées entre elles dans le fond de minuscules sillons continus et parallèles se répartissant en deux faisceaux distincts et convergents. Les sillons les plus extérieurs convergent vers un point situé à la bordure du chondre, les plus intérieurs, presque à l'autre extrémité du diamètre. Les chondres ne sont guère apparents que dans le ciment.

La roche est entièrement mouchetée de particules métalliques, qui ont l'aspect ordinairement décrit comme typique de l'association fer-nickel, et d'autres de sulfure de fer, distribuées régulièrement, aussi bien dans les fragments que dans le ciment, sans concentration spéciale. Elles apparaissent très bien sur une surface polie, les premières, plus nombreuses et plus importantes, avec un reflet argenté, les autres de couleur jaune laiton. Sur la cassure rugueuse de la roche, elles sont beaucoup moins apparentes. C'est que, sur celle-ci, elles sont oxydées

et masquées par une couche noire ou brun foncé qui les dissimule, surtout dans le ciment.

De nombreuses taches d'hydrate de fer souillent la roche. Elles sont dues à l'altération rapide à l'air des mouchetures de fer-nickel dont le produit a déteint sur les silicates. Il se pourrait qu'une partie de ces taches de rouille soit due à l'exsudation de gouttelettes de *Lawrencite*.

### III. — EXAMEN MICROSCOPIQUE

L'étude des lames minces montre une roche essentiellement composée d'olivine et de pyroxènes, mouchetée d'innombrables particules métalliques, et ayant subi des phénomènes cataclastiques et pyrogéniques intenses qui ont amené une trituration très importante et la fusion, soit partielle, soit totale, d'une partie des éléments silicatés.

#### A. — DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS.

##### Silicates essentiels.

Il serait assez difficile, par la simple étude des lames minces, de fixer la proportion approximative de l'olivine et des pyroxènes. La fusion en a, en effet, fait disparaître ou altéré profondément une partie. Surtout, la trituration qu'ils ont subie rend ces silicates, dans une partie importante de la roche, indéterminables.

L'OLIVINE prend, certainement, une part importante dans la constitution de la roche. De l'étude des indices sur la roche broyée, il semblerait résulter que l'olivine prédomine largement mais le résultat est très fortement faussé, en raison de la présence de nombreux grains métalliques qui obligent à broyer finement la poudre, ce qui a pour résultat de pulvériser le pyroxène jusqu'à une limite où il n'est plus reconnaissable. Dans les lames, au contraire, le pyroxène paraît nettement prédominer mais il faut remarquer que les teintes d'interférence plus basses que présente l'olivine sous certaines incidences, les cassures nombreuses qui affectent tous les éléments silicatés et l'accentuation des clivages rendent la distinction entre les deux silicates parfois quasi impossible.

Dans le *ciment*, le minéral se présente, surtout, en grains uniformes à cassures curvilignes complexes. On trouve aussi, cependant, de belles sections polygonales allongées, généralement petites, perpendiculaires à 0.1.0 et à 0.2.1 et montrant un clivage faible et irrégulier suivant l'allongement, par rapport auquel l'extinction est nulle.

Elle est incolore, non pléochroïque, à surface chagrinée, brillante, à fort relief. Les teintes d'interférences sont ordinairement très vives.

Dans les *fragments* de la brèche, elle se présente, en grande partie, aussi à l'état de grains informes, et le plus souvent fortement triturée mais on reconnaît par endroits de beaux groupements de cristaux allongés, formant, avec le pyroxène ou avec un verre, une belle texture ophitique.

L'olivine ne contient guère comme inclusions que du verre et des particules métalliques. Je n'y ai observé ni pyroxènes ni magnétite ni chromite.

Le verre contribue fortement à changer l'aspect du minéral. Il est généralement gris sous faible épaisseur, brun ou noir en couche plus épaisse. Il s'est produit, manifestement, suivant les cassures et suivant les clivages. Quand ces derniers sont marqués, il les accentue très fortement. C'est ainsi qu'on observe, parfois, des microlithes ou des grains d'olivine à teintes vives, striés de fibres parallèles, parfois très grosses. Il arrive que l'ensemble de la plage soit couvert d'un voile de verre entre les mailles duquel on reconnaît encore les teintes d'interférence vives du minéral. Le plus souvent, le verre accuse les cassures irrégulières, typiques du minéral, mais il s'étend plus ou moins fortement de façon à dissocier la plage en une série de petits fragments irréguliers, anguleux, ou plus ou moins granuleux. Le phénomène est généralement irrégulier. A première vue, on pourrait prendre les plages de verre pour des inclusions quelconques ayant entamé le minéral de façon capricieuse. A y regarder attentivement, on s'aperçoit que très souvent ces plages s'appuient d'un côté sur un clivage ou une cassure tandis que vers l'extrémité opposée la limite est diffuse et la couche de plus en plus vaporeuse, ce qui indique à l'évidence que la section recoupe obliquement des cassures remplies de verre. La majeure partie des observations que j'ai faites, aussi bien en lames minces que sur des fragments de la roche, sont concordantes à cet égard.

Comme aspects plus particuliers de ces figures de fusion citons entre autres : des sections polygonales, accusées par leur seul squelette vitreux, dont l'intérieur est complètement découpé en grains irréguliers, des sections complètement voilées d'un réseau à fines mailles entrelacées, des plages à structure peignée, enfin un grain couvert de larmes de verre tout à fait caractéristiques. Celles-ci aussi se rattachent à des cassures et il n'est pas malaisé d'en suivre la continuité.

La recherche des indices par la méthode d'immersion et l'observation de la ligne de Becke, faite sur de très nombreux fragments, m'a donné comme valeurs les plus élevées  $n_g$  1720  $n_p$  1682. Ces indications conduisent à déterminer le minéral comme une olivine à 24 % de  $Fe_2 SiO_4$ , c'est-à-dire comme une olivine commune.

LES PYROXÈNES. — L'examen des lames minces nous conduit à reconnaître deux espèces de pyroxènes. La plus grande partie rentre dans la catégorie des pyroxènes rhombiques. Une partie se rapporte à un pyroxène monoclinique. On verra que ces observations concordent très bien avec les résultats de l'analyse chimique.

*Pyroxène rhombique.* — C'est l'élément silicaté principal de la roche.

Dans les portions cataclastiques de la roche, il apparaît, dans les parties les plus broyées, sous forme d'un fin mortier assez confus, en mélange avec l'olivine. En y regardant bien, il paraît former le fond à teinte d'interférence basse sur lequel se détachent les minuscules particules du périclase à teintes vives. Dans les éléments mieux conservés, et ils sont nombreux, il se présente en sections idiomorphes, prismatiques, allongées, ou hypidiomorphes, incolores, à surface finement écaillée, reconnaissable à ses teintes d'interférences basses. Une partie de l'élément est, parfois, tout à fait informe tandis qu'une autre partie a des contours géométriques bien déterminés. Ils sont isolés ou groupés dans de petits fragments préservés du broyage ou dans des granules sur lesquels je reviendrai plus loin, en jolis assemblages de cristaux, pour la plupart, bien définis. Tous ces éléments montrent généralement une fibrosité parallèle à l'allongement suivant lesquels l'extinction est nulle. Cette fibrosité est mieux marquée et plus continue dans une partie des éléments et elle se double souvent, alors, d'un maillage polysynthétique fin, dont les lamelles marquent un angle d'extinction le plus souvent voisin de  $22^\circ$ . Des cassures perpendiculaires ou irrégulières compliquent encore l'aspect de la surface. Les premières, plus fortes que la fibrosité parallèle à l'allongement et discontinues, sont surtout bien marquées dans les éléments dont la fibrosité et le maillage en lamelles polysynthétiques sont moins accusés.

Dans les gros *fragments* de la brèche, le pyroxène rhombique forme également le fond sur lequel se détache l'olivine. Il est, en partie, finement broyé. Là où il est mieux conservé, il forme de beaux cristaux prismatiques fibreux, mais non maclés, ou il constitue un fond sur lequel se détachent les cristaux d'olivine en texture ophitique.

Le pyroxène est généralement affecté par de fortes inclusions d'olivine dont l'abondance peut être, dans certains cas, considérable, au point que le métasilicate paraisse presque entièrement rongé par celle-ci.

Comme l'olivine, il contient des inclusions métalliques. La vitrification l'atteint de façon très variable. Tantôt, le verre forme de petites inclusions disposées parallèlement à la fibrosité ou au maillage polysynthétique, sans altérer bien sensiblement l'aspect du métasilicate. Plus souvent, il laisse une trace linéaire continue suivant la fibrosité, qu'il souligne plus ou moins fortement. Enfin, il peut voiler complètement les éléments d'un masque gris qui les rend opaques ou seulement translucides.

J'ai longuement recherché les indices des pyroxènes rhombiques sur des fragments pulvérisés de la roche. Cette recherche s'est affirmée longue et peu commode, principalement en raison des fortes inclusions et surtout de la vitrification qui affectent cet élément et aussi pour les raisons mécaniques exposées plus haut. L'appréciation de l'indice par la méthode de Becke a été, dans la grosse majorité des cas, assez douteuse. Les résultats de ces nombreuses mesures me conduisent à distinguer deux pyroxènes rhombiques que je ne puis séparer à l'examen microscopique. Les indices de l'un seraient très voisins,

np de 1668, ng de 1678. Une figure d'axe m'a montré un angle  $2V$  très grand et un signe +. Ces caractères répondraient à une *enstatite* à 12 % de  $FeSiO_3$ . C'est elle qui constituerait les *chondres* pyroxéniques les plus typiques. Une mesure effectuée sur un chondre de ce genre m'a fourni des indices plus bas encore que ceux qui sont mentionnés ci-dessus, compris entre 1660 et 1670. L'appréciation de la ligne de Becke sur des éléments semblables étant particulièrement douteuse, je ne présente ces chiffres que sous réserve. S'ils sont exacts ils dénonceraient une *enstatite* presque pure à 6 % de  $FeSiO_3$ , -seulement.

Le second pyroxène paraît être le plus abondant. Ses indices, retenus sur les éléments les plus limpides, seraient : ng 1690 np 1680. Ces chiffres, si je m'en réfère aux graphiques de Winchell, devraient répondre à un élément dont l'angle des axes optiques serait de  $85^\circ$ , valeur que j'ai effectivement reconnue à la platine de Federoff sur un élément dont j'avais, au préalable, recherché les indices et que j'ai pu contrôler plusieurs fois dans mes lames. Le pyroxène ainsi caractérisé serait une *hypersthène* à 18 % de  $FeSiO_3$ , donc relativement peu ferrifère.

On pourrait se demander si l'un de ces pyroxènes ne se rapporterait pas plutôt à la *clino-enstatite* qui se présente fréquemment en macles polysynthétiques suivant 1.0.0, et chez laquelle l'angle d'extinction des lamelles est de  $22^\circ$ . Ce minéral n'est pas rare dans les météorites. J'ai signalé, plus haut, qu'effectivement un bon nombre des pyroxènes rhombiques sont maclés polysynthétiquement et que l'angle d'extinction des lamelles est souvent voisin de  $22^\circ$ . Les indices observés ne s'opposent pas à cette assimilation. Toutefois, l'angle des axes optiques, chaque fois que je l'ai observé, a révélé une valeur trop élevée qui n'est pas compatible avec le minéral proposé par Wahl. Le maclage polysynthétique a fréquemment été observé dans l'*enstatite* des météorites. Il se produit suivant 014 et l'angle d'extinction des lamelles habituellement reconnu est voisin de  $20^\circ$ .

#### *Pyroxène monoclinique.*

La distinction entre le pyroxène monoclinique, le pyroxène orthorhombique et l'olivine n'est pas toujours chose facile. Sa présence est cependant hors de doute. On l'observe, en sections prismatiques allongées, incolores, non pléochroïques, à teintes d'interférence allant du jaune brillant au jaune orange. On observe souvent deux clivages, l'un parallèle à l'allongement ou presque, assez continu mais faible, un autre perpendiculaire, plus fort mais discontinu. Les angles d'extinction, obliques, accusent des valeurs assez variables. Dans les cas les plus favorables, l'extinction est de  $38$  à  $40^\circ$ , mais on observe souvent des valeurs inférieures, ce qui est dû, en partie, à l'esquisse de maclage polysynthétique changeant, naturellement, l'allure de l'extinction, qui devient très onduleuse, sans cependant encore la définir nettement. D'ailleurs, lorsque le maclage polysynthétique est bien développé, les valeurs angulaires de l'extinction ne sont pas

davantage constantes. C'est le fait des torsions et des déformations auxquelles les éléments ont été soumis.

Quelques lamelles ou grains plus trapus montrent les deux séries orthogonales de clivages, typiques du pyroxène rhombique. Il y a aussi des grains tout à fait cassotés. Comme le pyroxène rhombique, il contient de fortes inclusions d'olivine et il est vitrifié dans ses clivages, suivant toutes les étapes signalées : simples inclusions minuscules, bandes continues, voile sur toute la surface de l'élément.

Je n'ai pas réussi à serrer suffisamment de près les indices du minéral dont la séparation est difficile, étant trop peu abondant et trop minuscule après écrasement des fragments entre deux porte-objets. La seule indication certaine à laquelle je suis arrivé est que le minéral a l'un de ses indices inférieur à 1692.

Il est probable qu'il s'agit du *diopside*.

#### Éléments accessoires.

FELDSPATHS. — J'y rapporte l'un ou l'autre rare élément, observé au cours de nombreuses recherches d'indices effectuées sur de la poudre de la roche en vue de déterminer les pyroxènes. Ces fragments se montraient, sous le microscope, en petits éléments allongés transversalement, maclés polysynthétiquement. Les lamelles, larges, bien ou mal individualisées, ont montré un angle d'extinction de 29 et 27° dans un cas, de 29 et 31° dans un second cas, de 35 et 37° dans un troisième, et une valeur beaucoup plus élevée dans un autre élément. Les teintes d'interférences étaient faibles. La valeur des indices, que je n'ai pu préciser, faute de pouvoir isoler l'élément, était sensiblement inférieure à celle des pyroxènes et de l'olivine. Ce sont là, naturellement, des données insuffisantes pour caractériser le minéral.

Je n'ai pas observé de *maskelynite*, généralement signalée dans les chondrites et considérée comme le produit de la fusion des feldspaths.

MERRILLITE. — Ce minéral, très voisin de l'apatite, et exclusif des météorites, a été décrit par Merrill, en 1915 <sup>(1)</sup>, pour la première fois et c'est Wherry qui, en 1917 <sup>(2)</sup>, lui dédia le nom du savant américain. On lui attribue la formule suivante : 3 CaO, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. J'ai reconnu le minéral dans une des lames minces. C'est un petit grain de 0<sup>mm</sup>25 de diamètre, incolore, à fort relief, très brillant. Il ne montre pas de clivage mais quelques cassures. Sa teinte d'interférence est très basse. Il est presque isotrope. Je n'ai pu obtenir de figure d'axe.

CORDIERITE. — Section hexagonale, incolore, à teinte d'interférence très basse, à extinction onduleuse oblique par rapport à l'allongement. Les deux indices sont peu inférieurs à 1548. Le minéral est souillé en bordure par un pig-

(1) *Proc. Nat. Acad. Sci.*, vol. I, 1915, p. 302.

(2) *American Mineralogist*, vol. II, n° 9, 1917, p. 119.

ment brun. Il contient en outre de minuscules inclusions dont je n'ai pu déterminer la nature.

Cet élément a été observé au cours d'une recherche d'indices effectuée au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Louvain. Comme c'est le seul observé, au cours de toute l'étude, il est possible qu'il ait été introduit avec le liquide indicial dans lequel des manipulations antérieures auraient pu l'avoir amené. Je ne le signale donc ici que sous toutes réserves.

#### **Éléments non déterminés.**

Parmi les minéraux que j'ai observés mais qu'il ne m'a pas été possible de déterminer, en raison de leur rareté ou du manque de propriétés optiques suffisantes je signale entre autres : un minéral incolore de section rectangulaire, à teintes d'interférence vives, à extinction nulle, onduleuse, à indices très inférieurs à 1560; de petits fragments jaune foncé, limpides, isotropes; des grains brun rougeâtre, arrondis ou réniformes, ne donnant ni de reflet ni de teinte en lumière réfléchie, isotropes.

#### **Éléments métalliques.**

Les éléments métalliques jouent un rôle important dans la constitution du bolide, non seulement sous forme de gros fragments ou de noyaux mais surtout par les innombrables grains distribués régulièrement dans toute la roche. Ceux-ci apparaissent particulièrement bien en sections polies.

FER-NICKEL ET COMPOSÉ COMPLEXE FER-SOUFRE-NICKEL. — La majorité des mouchetures qui apparaissent dans les sections minces ou polies ont, en lumière réfléchie, le reflet blanc d'argent qui a été généralement décrit pour les grains de fer-nickel, caractéristiques des météorites. De forme capricieuse, parfois très déchiquetées, distribuées dans toute la roche, elles dessinent une texture qui n'est pas sans analogie avec la texture graphique de certaines pegmatites. Les plages les plus grandes atteignent 1<sup>mm</sup>5. La plupart ont moins de 1 millimètre.

Le minéral remplit, généralement, les espaces entre les divers constituants silicatés de la roche. Il est souvent manifeste que le dépôt a profité des cassures et parfois des clivages des silicates. On voit, par exemple, un même cristal recoupé par un gros grain métallique et dont les deux fragments sont un peu déviés l'un par rapport à l'autre. Ou bien on voit l'élément métallique comblant un réseau de fissures élargies dans un cristal dont une partie a totalement et progressivement fait place au premier. Enfin il n'est pas rare que des fragments de pyroxène, inclus dans une plage métallique, s'éteignent simultanément. Comme cas plus particulier je signale celui d'une plage dont les trois quarts du contour sont ceux d'une lamelle prismatique.

Ces plages métalliques contiennent, assez souvent, des fortes inclusions de pyroxène et d'olivine, généralement granuleuses, plus rarement idiomorphes.

Les grains métalliques sont généralement absents dans les chondres. J'en ai cependant observé dans un de ceux-ci, disposés en ligne continue le long des fibres.

Les plages, en section polie, sont généralement rayées, ce qui s'explique par la grande ductilité du métal. Celui-ci est fortement attirable à l'aimant.

J'ai vainement essayé de faire apparaître les figures de Widmanstätten qui sont, comme on le sait, caractéristiques du fer-nickel des météorites. Je n'ai réussi qu'à en obtenir l'une ou l'autre, tout à fait peu probante.

Par contre, le traitement des surfaces polies par une solution de sulfate de cuivre a donné un plein résultat. L'attaque, toutefois, n'a pas affecté également l'ensemble des grains. Après une attaque prolongée, une partie seulement des plages, la plus grande dans la plupart des essais que j'ai faits, s'étaient recouvertes d'une pellicule de cuivre séparé. Plus rarement, une partie seulement d'une même plage avait réagi.

On sait que Wöhler, en 1852 <sup>(1)</sup>, avait déjà fait l'observation que tous les fers-nickel des météorites ne réduisent pas le sulfate de cuivre. Sur ce critère, il les distingua en fers actifs et en fers passifs. Après avoir rendu actifs les grains qui n'avaient pas réagi à la première attaque au sulfate de cuivre neutre, j'ai répété celle-ci, et une bonne partie des grains qui avaient d'abord résisté ont réduit le cuivre. Mais, dans tous les cas, un certain nombre des plages sont restées absolument passives.

Ces essais, accompagnés de réactions qui m'avaient indiqué la présence de nickel, auraient pu m'autoriser à conclure que les plages à reflet argenté brillant, ductiles, fortement magnétiques, étaient bien le fer-nickel généralement signalé dans les météorites. Mon attention, toutefois, avait été attirée, lors d'un essai avec l'acide nitrique dilué, par une forte odeur d'hydrogène sulfuré, alors que la présence de sulfure de fer ne se révélait sur les parties traitées qu'en quantité infime. J'ai isolé alors, soigneusement, des grains correspondant aux plages que je viens de décrire et je les ai traités par l'acide chlorhydrique dilué à froid. L'essai a amené la dissolution des particules métalliques en libérant une forte quantité d'hydrogène sulfuré. Dans les parties traitées, ne se trouvaient aucune des mouchetures à reflet jaune bronzé, qui seront décrites plus loin, susceptibles d'être prises pour un sulfure de fer. Celle-ci, d'ailleurs, traitées séparément, n'ont pas fourni la même réaction. Il est donc certain que dans une grande partie des particules métalliques à reflet argenté, qui paraissent avoir, en lumière réfléchie et vis-à-vis du sulfate de cuivre, les propriétés du fer-nickel, le *soufre* intervient comme élément important. Cela résulte aussi, d'ailleurs, de la grande quantité de soufre décelée à l'analyse et qui ne répondrait pas à ce qu'on observe sous le microscopique, si les seules mouchetures à reflet jaune bronzé représentaient l'élément métallique dans lequel intervient le soufre.

Sous quelle forme le soufre se trouve-t-il dans ces grains? C'est là une ques-

<sup>(1)</sup> WÖHLER, *Passiver Zustand des Meteoreisens*. (Annalen der Physik und Chemie von J. C. Poggendorff, Leipzig, 1852, LXXXV, 448-449.)

tion que je n'ai pu encore résoudre. Je ferai simplement remarquer que son association au fer n'a pas empêché la réduction du sulfate de cuivre. Se trouve-t-on en présence d'un minéral nouveau ? Ce n'est pas la première fois qu'on signale une association semblable du soufre aux éléments métalliques. Wöhler (<sup>1</sup>), déjà en 1859, a indiqué une association du soufre au fer-nickel à laquelle il a attribué la formule  $NiS + Fe_2S_3$ .

Le temps m'a fait défaut pour rechercher la constitution exacte de l'association qui se présente dans l'aérolithe de Bettrechies. C'est un problème sur lequel je reviendrai ultérieurement.

Y a-t-il, dans la météorite de Bettrechies, une association fer-nickel usuelle, distincte de l'association fer-nickel-soufre ? C'est une question à laquelle je ne puis répondre pour le moment. Je n'ai pas, jusqu'ici, observé de caractère sérieux qui m'ait permis de faire un départ entre les plages à reflet argenté en lumière réfléchie. Sans doute, toutes n'ont pas réduit, avec la même vitesse, le sulfate de cuivre et, parfois, une même plage n'a pas entièrement réagi mais ces réactions sont trop mal connues pour qu'il soit permis d'en tirer des conclusions. D'autre part, le traitement à l'acide chlorhydrique dilué, soit sur un ensemble de grains, soit, séparément, sur des grains ayant réagi rapidement avec le sulfate de cuivre et sur les autres, ne m'a pas révélé de différence perceptible.

SULFURES DE FER. — Outre les grains que je viens de décrire et dans lesquels le soufre contenu, qui représente très vraisemblablement la plus grande partie de la teneur totale de la roche, pourrait se trouver combiné à l'état de sulfures, on observe, dans les sections, des particules qui ont les caractères connus des sulfures de fer. Ce sont de minuscules mouchetures, atteignant rarement les dimensions des plages précédentes. En lumière réfléchie, elles ont un aspect très finement granuleux, une couleur jaune laiton à jaune bronzé, parfois très foncée, et un reflet moiré. Elles sont assez répandues, beaucoup moins cependant que les grains précédents, souvent indépendantes mais parfois associées à ces derniers.

Le minéral n'est pas attirable, ou très peu, à l'aimant. Sa dureté est relativement faible; il se laisse très facilement rayer au canif. Il noircit lentement sous l'action de l'acide nitrique. Vis-à-vis de l'acide chlorhydrique sa réaction est incertaine. Sous l'action du sulfure de cuivre il bleuit fortement mais il ne réduit pas le cuivre, ce qui serait, si l'on adopte les vues de certains auteurs, Meunier, Rose et Tschermak, entre autres, un critère pour la distinction entre la *troïlite* et la *pyrrhotine*.

La distinction entre ces deux minéraux est chose fort malaisée. On a proposé différents critères, dont les principaux sont énumérés ci-après :

1. La *troïlite*, d'après Verbeek, n'est pas magnétique, ce qui la différencie nettement de la *pyrrhotine*.

(<sup>1</sup>) WÖHLER, *Ueber die Bestandtheile des Meteorsteines von Capland*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1859, XXXV, 7.)

2. Lassaulx s'en tient à la couleur en lumière réfléchie : jaune laiton pour la pyrrhotine, jaune bronzé pour la troïlite.

3. Wöhler les différencie par l'acide chlorhydrique dilué, la pyrrhotine seule libérant du soufre en se décomposant.

4. D'après Meunier et d'autres auteurs, la pyrrhotine est sans action sur le sulfate de cuivre, tandis que la troïlite réduit le cuivre.

Toutes ces méthodes ont été battues en brèche les unes après les autres, et il semble bien que, seule, l'analyse chimique puisse différencier le monosulfure parfait (pour autant que la constitution de la troïlite soit constante) de la pyrrhotine.

On a généralement admis, depuis la découverte d'un cristal de pyrrhotine, par Rose, dans l'eucrite de Juvinas <sup>(1)</sup>, que le sulfure de fer des météorites pierreuses était de la pyrrhotine, tandis qu'on a réservé la troïlite plutôt aux fers météoriques.

N'ayant pu faire encore l'analyse chimique du minéral, je ne prendrai pas position sur sa nature. Je soulignerai simplement son absence de magnétisme. Vis-à-vis des divers critères signalés plus haut, notre sulfure de fer s'est comporté différemment : tantôt en faveur de la troïlite (couleur en lumière réfléchie, absence de magnétisme), tantôt en faveur de la pyrrhotine (réaction avec HCl et CuSO<sub>4</sub>) et tous les grains, d'ailleurs, n'ont pas toujours réagi de la même manière.

Peut-être, au surplus, ne faut-il pas exclure la possibilité de la présence de pyrite, bien que celle-ci soit généralement rejetée de la composition des météorites, mais son identification dans des parcelles aussi minuscules est chose difficile.

SCHREIBERSITE. — C'est un élément commun dans les fers météoriques, mais moins répandu dans les météorites pierreuses. On lui attribue la formule suivante : (Fe Ni So)<sub>3</sub> P. J'y rapporte, d'une façon douteuse, quelques plages ayant résisté à toute attaque prolongée du sulfate de cuivre, même après traitement avec l'acide nitrique concentré.

Le minéral, si je l'ai bien identifié, se présente en plages à reflets argentés comme le fer-nickel, très irrégulières, mais dont les limites montrent une multitude de petits angles, en partie rentrants. Un élément avait la forme d'une mince bande dessinant un angle droit et sa limite interne était caractérisée par les mêmes petits angles signalés ci-dessus.

L'élément serait plutôt rare, de préférence, indépendant, parfois associé au fer-nickel.

COHÉNITE ([Fe Ni Co]<sub>3</sub> C). — Je rapporte à ce minéral quelques rares plages à reflet argenté, semblables au fer-nickel et à la schreibersite, ayant résisté comme

<sup>(1)</sup> *Pogg. Ann.*, 1825, 4, 181.

cette dernière à l'action du sulfate de cuivre, mais à reflet extraordinairement brillant. Une de ces plages était soulignée par une bordure de fer-nickel, attaquée par le sulfate de cuivre.

**HYDROXYDE DE FER.** — Il est particulièrement abondant dans toute la roche. Il forme des auréoles autour des grains métalliques et il a généralement très fortement diffusé dans les silicates voisins, mais de façon capricieuse. Il a parfois profité des clivages, dans l'un ou l'autre chondre par exemple, où il dessine de belles indentations sur tout le pourtour.

Parfois, les taches de rouille sont indépendantes d'un grain métallique visible.

**MAGNÉTITE.** — Je n'en ai pas observé dans les lames. J'y rapporte des particules prises dans la croûte de fusion et qui sont très fortement attirables à l'aimant.

Je n'ai pas observé de chromite, bien que ce minéral soit signalé dans toutes les météorites pierreuses. L'analyse chimique n'a, d'ailleurs, pratiquement pas décelé de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (moins de 0,001 %).

#### B. — STRUCTURE ET TRANSFORMATIONS MÉTAMORPHIQUES.

La texture générale de la roche est bréchiforme, ainsi qu'il a déjà été mentionné plus haut. La figure 3 de la planche I la met bien en évidence. Des fragments de teinte gris clair sont empâtés dans une masse broyée, sillonnée d'un réseau serré de veinules sombres qui donnent à celle-ci une teinte gris-bleu très foncé. L'ensemble est en outre caractérisé par une proportion élevée de fer métallique<sup>(1)</sup> et de sulfure interstitiels et par de nombreux chondres qui rangent la météorite dans la catégorie des chondrites typiques.

##### Les fragments.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, les fragments sont composés essentiellement d'olivine et de pyroxène. Bien qu'ils représentent les parties de la roche ayant le moins souffert des phénomènes mécaniques, ceux-ci sont cependant suffisamment accusés pour avoir produit le broyage de la plus grande partie des éléments silicatés en un fin mortier dont les éléments sont restés emboîtés, sans avoir subi de déplacement appréciable. Le maclage polysynthétique des pyroxènes, qui est si fortement développé dans les portions cataclastiques de la roche, est ici généralement absent. Le métasilicate est simplement fibreux.

De toute évidence, ce mortier ne représente pas la structure primitive. Il est assez difficile de rétablir celle-ci. Par endroits, on observe un fond de pyroxène rhombique sur lequel se détachent des grains informes d'olivine, sans orientation

(<sup>1</sup>) Voir à ce sujet les réserves faites pages 17-19.

déterminée. Il semble donc que la texture primitive ait pu être pœcilitique. Quelques petits fragments montrent, cependant, une texture grenue. Ce sont là des textures habituelles des péridotites.

#### Zones broyées.

Les portions cataclastiques de la roche sont constituées des mêmes éléments, généralement anguleux, que ceux des fragments. La figure 1 de la planche II représente le contact d'un fragment avec une portion cataclastique. Celle-ci n'est que le produit de broyage de la matière qui constitue les fragments. La roche est, par conséquent, une brèche et non un tuf.

Les phénomènes mécaniques ont abouti, ici, à la dispersion des éléments triturés. Parfois, cependant, on reconnaît encore des fragments appartenant au même élément, à peu de distance l'un de l'autre, déviés et séparés par une plage métallique qui comble une forte fissure.

Les pyroxènes, plus rarement l'olivine, ont généralement subi un maclage polysynthétique dont l'origine mécanique est évidente. On reconnaît toutes les étapes du phénomène, depuis la simple ébauche, se marquant par une extinction anormale, jusqu'au maclage parfait, en passant par un maclage imparfait.

L'extinction des pyroxènes et parfois de l'olivine est très fortement onduleuse. Elle manifeste la torsion considérable qu'ont subie les éléments. Celle-ci est parfois plus nettement mise en évidence par la déviation des clivages et des lamelles polysynthétiques, ce qui rend difficile la lecture des angles d'extinction. L'exagération de cette torsion amène naturellement des cassures, dont on observe parfois les premières étapes.

Les phénomènes mécaniques se manifestent aussi sous forme de petites cassures avec rejet, qu'il est parfois possible de mesurer. Ces failles minuscules, ainsi que je l'ai signalé plus haut et figuré (pl. I, fig. 4), se manifestent, sur la cassure des fragments, par de beaux miroirs à fortes stries. Une des lames minces figurées (pl. III, fig. 3) montre l'une de ces cassures. Elle tranche la partie supérieure d'un chondre et plusieurs fragments. Les deux parties de l'un de ceux-ci, bien visibles sur la figure, permettent de mesurer le rejet qui est de 0<sup>mm</sup>44. La cassure traverse toute la lame. Elle est remplie de substance vitreuse noire. Quelques grains de fer-nickel, allongés, en jalonnent le parcours.

Des veinules noires, formant un réseau très complexe, s'anastomosant entre elles, emprisonnent les fragments des portions cataclastiques. Elles sont absentes ou rares dans les fragments. Elles sont généralement minces. L'une ou l'autre, plus forte, est en relation avec les cassures que j'ai signalées plus haut. Elles forment une gaine, parfois discontinue, aux chondres et bordent les éléments métalliques dont elles augmentent, apparemment, la surface lorsque ceux-ci sont observés en lumière transmise. Leur substance s'infiltré dans les cassures et dans les diaclases. Observées en lumière réfléchie, ces veinules ont une teinte brun foncé. Elles englobent, assez souvent, des éléments de fer-nickel, mais je n'ai pas observé de veinules métalliques continues. Elles sont, toutes, formées d'une substance

vitreuse qui, dans nos coupes, reste absolument opaque. La nature de la substance de ces veinules a fait, autrefois, l'objet de discussions. Shepard avait proposé, pour la désigner, le nom de *Chantonite*, terme qui fut repris par divers auteurs, notamment par Stanislas Meunier. Des analyses multipliées ont montré que la composition chimique de ces veinules et celle de la roche qu'elles affectaient étaient très voisines. On a, depuis lors, généralement admis qu'elles étaient le résultat d'une action thermique très intense sur les éléments de la roche.

On est moins d'accord sur le mécanisme de leur formation et sur le moment de leur production. Certains auteurs les considèrent comme dues à l'injection, dans la masse de la roche, de la matière fondue à la surface du bolide lors du déplacement de celui-ci dans l'atmosphère terrestre. D'autres spécialistes, à la suite de Tschermak, les regardent comme totalement indépendantes du verre de fusion superficiel. Quant au moment de leur formation, les uns les considèrent comme formées dans l'astre dont elles proviennent, d'autres pendant le passage du bolide dans l'atmosphère terrestre. Certains auteurs même ont conclu à l'existence, à la fois, de veinules cosmiques et de veinules telluriques.

Il sortirait du cadre de ce travail de refaire l'histoire de ces divergences d'opinions, pour laquelle il suffit de se reporter aux traités, et d'en entamer une discussion qui devrait nécessairement se baser sur plus d'éléments que ceux qui forment l'objet de cette étude.

Lacroix <sup>(1)</sup>, dans son travail sur l'eucrite de Beréba (Haute-Volta), a attribué la fusion des silicates des météorites à des phénomènes mécaniques. Pour justifier son opinion, le savant français a rappelé diverses observations montrant la possibilité du phénomène : fusion de la roche sous l'action d'une sonde, au sondage de Suizun en Californie, mylonites présentant un commencement de fusion signalées par Shand, Hall et Molengraaff.

La description que j'ai donnée plus haut montre une relation étroite entre les veinules et les phénomènes cataclastiques. Il me paraît donc logique d'admettre l'explication proposée par Lacroix en ce qui concerne la formation des veinules. Quant au moment où elles se sont produites, nous manquons d'éléments pour en juger. Tschermak a démontré qu'elles étaient antérieures à la formation de la croûte. Mieux vaut arrêter là les conclusions.

#### La croûte.

Une lame a été taillée perpendiculairement à la croûte dans une portion cataclastique de la roche. Elle est figurée planche II, figure 7.

L'épaisseur conservée dans la coupe varie de 0<sup>mm</sup>5 à 0<sup>mm</sup>8.

Elle est noire, complètement opaque. Dans sa partie inférieure, elle passe graduellement à la pâte cataclastique non affectée par la fusion superficielle.

---

<sup>(1)</sup> LACROIX, *L'Eucrite de Beréba (Haute-Volta)*. (Archives du Museum d'Histoire naturelle, 6<sup>e</sup> série, t. I, 1926, pp. 39-40.)

Contrairement à ce qu'on a généralement décrit chez les chondrites, elle ne présente pas trois couches distinctes. Cela peut être dû au fait que la partie externe aurait été enlevée au cours de la préparation de la lame mince. En raison de la nature et de la texture de la roche, la préparation des lames est, en effet, particulièrement difficile et on perd fatalement des fragments en bordure.

Dans toute son épaisseur, elle est mouchetée de points tout à fait minuscules, jaunes entre nicols, dont la détermination n'est pas possible. De gros éléments ont résisté à la fusion. Ce sont surtout des grains d'olivine, l'un ou l'autre pyroxène et quelques éléments minuscules associés à l'olivine, extraordinairement finement maclés polysynthétiquement. Dans un cas, j'ai pu mesurer, chez ces derniers, des angles d'extinction des lamelles de  $9^\circ$  et de  $25^\circ$ . Dans les autres cas l'extinction était trop irrégulière pour être mesurée. Je n'ai pu caractériser autrement ces éléments dont les macles polysynthétiques sont beaucoup plus fines que tout ce que j'ai observé dans les lames. Un grain de verre brun-rouge est couvert de minuscules cristallites, un peu jaunâtres entre nicols.

Les plages de fer-nickel sont encore bien reconnaissables en lumière réfléchie, avec le même reflet argenté qu'elles ont dans l'intérieur de la roche. On reconnaît aussi des mouchetures de sulfures mais beaucoup moins nombreuses et très petites.

#### Particules métalliques.

L'arrangement particulier des particules métalliques détermine une texture tout à fait caractéristique qui a un peu l'aspect des textures graphiques. Le mode de distribution particulier du fer-nickel montre qu'il s'est déposé après les éléments silicatés de la roche. Divers auteurs, à la suite de Meunier, ont admis que le métal provient de la réduction d'un chlorure dont la *lawrencite*, trouvée en petite quantité dans les météorites, représente le résidu.

On pourrait s'étonner que le métal n'ait pas subi l'effet des phénomènes cataclastiques intenses dont la roche a été l'objet. Renard <sup>(1)</sup> a déjà répondu à une objection semblable en invoquant la grande ductilité du métal. La réponse est peu satisfaisante. On n'aperçoit à aucun endroit le rapport entre cette ductilité et les efforts que les grains ont dû subir, même lorsque l'action mécanique est très évidente, dans les petites cassures avec rejet par exemple. En outre, on n'observe aucune différence entre les portions cataclastiques de la roche et les autres, tant au point de vue de la distribution des particules métalliques qu'au point de vue de leur forme, caractères qui devraient bien accuser la résultante des efforts mécaniques affectant la roche de façon inégale. Il reste d'ailleurs plus d'un problème à expliquer en cette matière. Il serait intéressant, par exemple, de trouver la raison pour laquelle le fer-nickel est pré-

(1) RENARD, *Recherches sur le mode de structure des météorites chondritiques*. (Académie royale de Belgique, Bulletin de la Classe des Sciences, 1899, nos 9-10, p. 543.)

cisément plus abondant dans les météorites qui accusent les phénomènes cataclastiques les plus intenses.

#### Les chondres.

On sait que l'on appelle ainsi de petits granules que Rose, le premier, désigna sous le nom de « kugeln », et qui se présentent dans une catégorie de météorites pierreuses que l'auteur allemand caractérisa du terme de « chondrit ». C'est de cette désignation que fut tirée par la suite le mot « chondre ».

Les chondres sont nombreux dans la météorite de Bettrechies. Les plus gros ne dépassent guère 1<sup>mm</sup>5, si je ne m'en réfère qu'aux observations faites dans les lames minces.

On en distingue deux espèces. Les uns, qui ont l'aspect des chondres typiques, sont de forme régulière, ronde ou ovale, nettement tranchée. Ils n'atteignent pas 1 millimètre et sont souvent beaucoup plus petits. Je les désignerai sous le nom de chondres proprement dits. Les seconds, plus grands, ont une forme généralement arrondie, mais moins régulière et moins nettement tranchée. Je les désignerai sous le nom de « chondroïdes », suivant en cela la terminologie proposée par Merrill <sup>(1)</sup>.

1. CHONDRES PROPREMENT DITS. — Les chondres de cette catégorie sont, de loin, les moins nombreux. Je les ai observés, uniquement, dans les parties cataclastiques de mes lames. Ils sont petits, 0<sup>mm</sup>30 à 0<sup>mm</sup>80, ronds ou ovales, à limite nette, soulignée par une bordure de verre brun foncé.

Les uns, les plus petits généralement, sont vitrifiés, de teinte brune. Entre nicols, ils laissent cependant transparaître une fine striation et montrent une certaine extinction onduleuse.

Tous les autres, plus typiques, sont composés d'enstatite fibreuse. Les fibres sont ordonnées, soit en un faisceau unique, dont la base se trouve sur la bordure du chondre ou même en dehors, soit, plus souvent, en plusieurs faisceaux qui se recoupent, parfois sans symétrie particulière, parfois, ainsi que je l'ai figuré (pl. III, fig. 3), en quatre quadrants très distincts.

Parmi les chondres de cette catégorie qui ont été figurés, on en remarquera un (pl. III, fig. 4), dont une partie semble avoir été tranchée net suivant une ligne de cassure appartenant à une courbe régulière, sans qu'on puisse retrouver le fragment à proximité.

2. CHONDROÏDES. — Ceux-ci sont, de beaucoup, les plus nombreux. On les observe, en grand nombre, dans les parties cataclastiques mais aussi dans les plus gros fragments de la brèche où ils sont toutefois très imparfaits, de forme plus irrégulière, moins nettement isolés du fond sur lequel ils se détachent mal. Dans

---

<sup>(1)</sup> MERRILL, *Composition and structure of meteorites*. (United States National Museum, *Bull.* 149, 1930.)

les portions cataclastiques, ils sont généralement mieux délimités, quoique leur séparation de la matière environnante soit parfois bien imprécise, mais leur contour est loin d'avoir la netteté des chondres proprement dits et leur forme, si elle est parfois assez ronde (voir pl. III, fig. 5) ou ovalaire, est souvent un peu irrégulière. Quant à leurs dimensions elles sont des plus variées.

Dans la constitution des chondroïdes interviennent l'enstatite et l'olivine, soit séparément, soit en association.

Parmi les *chondroïdes simples* (ceux qui ne sont composés que d'une espèce minérale), les uns sont monosomatiques, les autres polysomatiques.

Les chondroïdes **monosomatiques** sont représentés, dans nos lames, par des individus cryptocristallins, holocristallins et « barrés ». Les chondroïdes *cryptocristallins* s'observent spécialement dans les portions non cataclastiques. Ils sont mal différenciés de la « matrix ». Ils laissent généralement reconnaître un pyroxène mais j'en ai observé l'un ou l'autre qui se rapportait incontestablement à l'olivine. Les chondroïdes *holocristallins* sont peu nombreux. Ils sont composés soit d'enstatite fibreuse ou maclée, soit d'olivine, parfois aussi, rayée de grosses fibres vitreuses (pl. III, fig. 2). Les *chondroïdes « barrés »* sont les plus caractéristiques de cette catégorie. Ils sont exclusivement formés d'olivine. Ils sont rares. J'ai figuré le meilleur (pl. III, fig. 6). L'olivine s'allonge en barres ou en ponctuations ordonnées en files parallèles, les unes et les autres séparées par du verre noir opaque. L'extinction des barres et des points d'olivine est simultanée, mais son aspect onduleux et la légère déviation des barres et des files de ponctuations témoignent de la torsion subie par l'élément. Le chondre est imparfaitement différencié. Il n'est pas engainé dans une couche vitreuse continue, mais seulement dans une enveloppe discontinue, ponctuée en coupe, et ne portant pas sur tout le pourtour. La partie soulignée est nettement circulaire. Une partie du chondroïde n'est pas délimitée et passe à la matrix voisine, de laquelle il est impossible de la différencier. De ce côté, une partie du grain ne s'éteint pas avec le reste et est même polysomatique.

Les **chondroïdes polysomatiques** sont constitués, soit d'individus de pyroxène rhombique, soit d'olivine. Ils ont ordinairement la *structure porphyrique*, produite par l'intercalation de lignes ou de plages vitreuses entre les individus composants. Cette structure est ordinairement moins développée chez les chondroïdes à pyroxène que chez les chondroïdes à olivine. Un chondroïde à pyroxène à structure porphyrique est figuré planche III, figure 5, et un chondroïde à olivine, à structure semblable, planche III, figure 4. Les *chondroïdes à pyroxène* sont constitués d'éléments prismatiques allongés, fibreux ou maclés, portant les fortes inclusions d'olivine qui les affectent dans toute la roche. Les éléments du pourtour sont parfois tranchés net mais, le plus souvent, ils se sont ordonnés suivant la limite circulaire, couchés et parfois déformés suivant celle-ci. Dans certains cas même, celui qui a été figuré notamment (pl. III, fig. 5), en y regardant bien, on s'aperçoit que tous les individus du chondroïde

se sont ordonnés en harmonie avec la forme du grain. Le contour est souligné par une mince couche vitreuse et quelques particules, parfois poussiéreuses, de fer-nickel. Dans le cas figuré, quelques grains d'olivine englobés dans le chondroïde ne peuvent être considérés comme des inclusions mais ils sont si peu développés, qu'on peut considérer, néanmoins, le globule comme un chondroïde *simple*. Les *chondroïdes* à olivine ont ordinairement une structure porphyrique beaucoup plus accusée, le verre interstitiel étant plus développé. Dans certains cas, où l'olivine se présente en individus allongés, serrés, séparés par un verre brun relativement peu développé, ceux-ci manifestent un arrangement et une torsion, parfois compliquée de cassures, qui suggèrent un mouvement de rotation du grain dont on apercevrait clairement le sens. Les chondroïdes à olivine sont bien représentés dans nos lames.

Enfin, j'ai observé quelques chondroïdes *complexes*, formés d'agrégats de pyroxène et d'olivine.

On a beaucoup discuté sur l'origine des chondres. Certains auteurs, à la suite de Sorby, les considèrent comme formés par la brusque cristallisation de gouttelettes de silicates fondus, à la manière des gouttelettes laviques projetées des cratères volcaniques. Pour reprendre l'expression de Sorby, ce sont des « gouttes de pluie de feu ». La forme extérieure, dans cette hypothèse, est antérieure à la cristallisation des constituants qui a été hâtive.

Une seconde hypothèse explique l'arrondissement de ces grains par des phénomènes purement mécaniques. Elle a été appliquée, soit à tous les chondres indistinctement, soit à une partie d'entre eux seulement. Cette dernière opinion est celle de Merrill. C'est sur cette idée qu'il a distingué ses deux catégories de chondres. Les chondres proprement dits (vitreux, cryptocristallins, radiés) seraient dus à un refroidissement brusque de gouttelettes de silicates fondus. Les autres, les chondroïdes (holocristallins, porphyritiques, barrés) devraient leur forme arrondie au simple frottement.

En adoptant, pour la description qui précède, la distinction proposée par Merrill, je n'entends pas épouser l'opinion de l'auteur au sujet de la formation de ces corps globulaires curieux. J'ai simplement voulu marquer que les globules présents, en grande quantité, dans la météorite de Bettrechies, répondent à deux catégories qui paraissent bien différentes quant à la perfection de leur forme. Je n'ai pas essayé de rechercher l'origine de cette distinction. C'est une question d'un ordre trop général pour qu'elle puisse être discutée ici. J'ai réservé le nom de chondres proprement dits à ceux des globules qui répondent à l'aspect curieux signalé par les premiers auteurs, à savoir la structure fibreuse et de préférence en faisceau dont l'origine est marginale ou externe au grain. Sans vouloir attaquer le problème signalé, disons, cependant, que cette structure particulière des chondres proprement dits s'explique bien difficilement par des phénomènes mécaniques. Que tout puisse s'expliquer mécaniquement dans les chondroïdes, cela ne me paraît pas davantage évident. La disposition des individus,

en harmonie, dans certains cas, avec la forme du globule, reste un problème. Enfin, remarquons que les chondres proprement dits ne sont pas exempts de traces d'efforts mécaniques. Dans celui que j'ai figuré, planche III, figure 3, les fibres d'un quadrant sont tordues. Cette torsion pourrait être postérieure à la formation d'un chondre et, peut être, en rapport avec les efforts qui ont décapité le grain.

#### IV. — COMPOSITION CHIMIQUE

L'analyse chimique a été faite par M. Ronchesne, docteur en sciences, sur une portion sans croûte. Les résultats furent les suivants :

|                                |           |                  |
|--------------------------------|-----------|------------------|
| Si O <sub>2</sub>              | . . . . . | 38,51            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | . . . . . | 0,18             |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | . . . . . | 1,40             |
| Fe O                           | . . . . . | 6,92             |
| Fe                             | . . . . . | 20,12            |
| S                              | . . . . . | 7,61             |
| Ni O                           | . . . . . | 0,20             |
| Ni                             | . . . . . | 0,71             |
| Co O                           | . . . . . | 0,02             |
| Co                             | . . . . . | 0,07             |
| Mn O                           | . . . . . | 0,12             |
| Ca O                           | . . . . . | 2,07             |
| Mg O                           | . . . . . | 22,57            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | . . . . . | 0,03             |
| Ti O <sub>2</sub>              | . . . . . | 0,02             |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | . . . . . | moins de 0,001   |
| Cl.                            | . . . . . | moins de 0,00001 |
| K <sub>2</sub> O               | . . . . . | 0,18             |
| Na <sub>2</sub> O              | . . . . . | 0,52             |
|                                |           | 101,25           |

La teneur en FeO m'ayant paru un peu basse et, par contre, le pourcentage de soufre un peu élevé, M. Ronchesne voulut bien refaire une analyse partielle sur une nouvelle prise. Elle fournit les chiffres suivants :

|                                |           |       |
|--------------------------------|-----------|-------|
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | . . . . . | 1,15  |
| Fe O                           | . . . . . | 18,22 |
| Fe                             | . . . . . | 16,17 |
| S                              | . . . . . | 4,28  |
|                                |           | 39,82 |

La différence des deux teneurs en S et en Fe, dans les deux analyses, pourrait s'expliquer, en partie, par la présence, dans le prélèvement effectué pour la première analyse, d'un nodule métallique. Il ne faut pas perdre non plus de vue que, la roche étant très hétérogène, une analyse, faite sur un fragment relativement réduit, ne saurait en rendre exactement la physionomie. Quant aux teneurs différentes en FeO, j'y reviendrai plus loin.

Si l'on introduit, dans la première analyse, les résultats de la seconde, on obtient la composition suivante :

|  |        |
|--|--------|
| Si O <sub>2</sub> . . . . .              | 38,51  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,18   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 1,04   |
| Fe O . . . . .                           | 16,50  |
| Fe . . . . .                             | 14,64  |
| S . . . . .                              | 3,87   |
| Ni O . . . . .                           | 0,20   |
| Ni . . . . .                             | 0,71   |
| Co O . . . . .                           | 0,02   |
| Co . . . . .                             | 0,07   |
| Mn O . . . . .                           | 0,12   |
| Ca O . . . . .                           | 2,07   |
| Mg O . . . . .                           | 22,57  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,03   |
| Ti O <sub>2</sub> . . . . .              | 0,02   |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | néant  |
| Cl . . . . .                             | néant  |
| K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,18   |
| Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 0,52   |
|  | <hr/>  |
|  | 101,25 |

Le calcul de la composition virtuelle de la roche d'après la méthode américaine fournit, en se basant sur la première analyse, les données suivantes :

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Olivine . . . . .         | 13,85 |
| Hypersthène . . . . .     | 44,84 |
| Diopside . . . . .        | 8,12  |
| Acmite . . . . .          | 3,69  |
| Orthose . . . . .         | 0,55  |
| Fer-nickel . . . . .      | 7,54  |
| Troïlite (Fe S) . . . . . | 20,60 |
|                           | <hr/> |
|                           | 99,19 |

Si, l'on prend, au contraire, les chiffres de la seconde analyse, la composition s'établit comme suit :

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Olivine . . . . .         | 34,54 |
| Hypersthène . . . . .     | 33,98 |
| Diopside . . . . .        | 8,12  |
| Acmite . . . . .          | 2,77  |
| Orthose . . . . .         | 0,55  |
| Fer-Nickel . . . . .      | 8,21  |
| Troïlite (Fe S) . . . . . | 10,56 |
|                           | <hr/> |
|                           | 98,73 |

Dans les deux cas il y a lieu d'ajouter les teneurs en  $P_2O_5$ ,  $TiO_2$ , Co, et une partie de  $K_2O$ ,  $Al_2O_3$  et  $Na_2O$  qui n'ont pas été calculées.

Les compositions données ci-dessus appellent quelques commentaires.

1. Le pourcentage très divers en FeO, dans les deux analyses, détermine, dans la composition virtuelle, une teneur et une proportion relative très différentes, de l'hypersthène et de l'olivine.

Cette variation doit-elle être mise sur le compte de l'hétérogénéité de la roche? Peut-être en partie.

En réalité, le fer se trouve, dans les météorites pierreuses, sous des formes très différentes et parfois mal connues (c'est certainement le cas dans la météorite de Bettrechies) qui rendent l'analyse difficile et l'interprétation des résultats problématique, quand on n'a pu déterminer les réactions particulières de l'élément dans ses diverses combinaisons. Divers auteurs, Merrill <sup>(1)</sup> entre autres, ont signalé ces aléas. Le calcul de FeO, par différence, s'est souvent révélé très douteux et peu concordant avec les éléments silicatés de la roche. Klein <sup>(2)</sup>, pour ne citer qu'un cas, dans l'analyse de la météorite de Saint-Mark, signale une anomalie semblable. La teneur en oxyde ferreux que lui fournit le calcul est trop basse pour entrer dans la composition de l'olivine qu'il reconnaît au microscope.

Outre cet inconvénient quant à la signification de l'oxyde ferreux trouvé à l'analyse, la méthode américaine du calcul de la norme n'a peut-être pas de sens ici, en ce qui concerne les proportions relatives de l'olivine et de l'hypersthène.

Les anciens auteurs se basaient, pour faire cette répartition, sur la solubilité et l'insolubilité des silicates de la roche dans l'acide chlorhydrique dilué. On se rendra compte des résultats différents auxquels cette méthode conduit par

<sup>(1)</sup> MERRILL, *Composition and structure of météorites*. (United States National Mus., 149, 1930, p. 57.)

<sup>(2)</sup> KLEIN in COHEN, *On the Meteoric stone which fell at the Mission of St. Mark's. Transkei, on January 3, 1903*. (Annals of the South African Museum, Vol. V, 1906, Part. I, p. 14.)

l'exemple qui suit. Il représente la teneur moyenne en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$  et  $\text{MgO}$ , de la météorite de Saint-Denis-Westrem dont l'analyse a été faite par Klément (1) en 1886. Les teneurs de ces éléments sont très voisines de celles de ces mêmes éléments dans la première analyse de la météorite de Bettrechies. On remarquera que les proportions d'olivine et de pyroxène rhombique, calculées par l'auteur suivant la méthode que je viens d'indiquer, sont considérablement différentes de celles que fournit la méthode américaine du calcul de la norme.

## Météorite de Saint-Denis-Westrem.

|                          |       |                      |       |
|--------------------------|-------|----------------------|-------|
| $\text{SiO}_2$ . . . . . | 40,20 | } Bronzite . . . . . | 26,18 |
| $\text{FeO}$ . . . . .   | 16,22 |                      |       |
| $\text{MgO}$ . . . . .   | 25,08 |                      |       |

Klein, dans le travail que je viens de signaler, calcule de la même façon les proportions relatives des deux éléments.

En conclusion, dans le cas qui nous occupe, il y aurait lieu d'établir, sur des bases plus certaines, la teneur réelle en oxyde ferreux et de discriminer, à l'analyse, la proportion qui entre dans la composition de l'olivine et dans celle des pyroxènes rhombiques.

Cette réserve faite, l'observation au microscope ne me paraît pas répondre à la disproportion considérable entre l'olivine et le pyroxène rhombique dans la première composition présentée plus haut. La trituration d'une partie importante des silicates, dans la roche, rend, naturellement, l'appréciation, au microscope, peu certaine, je m'empresse de l'ajouter. A ce facteur s'ajoute aussi celui de l'hétérogénéité de la roche, dont l'effet se manifeste déjà dans nos lames à cet égard.

La teneur en  $\text{FeO}$  a, naturellement, sa répercussion sur la nature des silicates.

D'après la première analyse, les deux silicates se caractériseraient comme suit :

Hypersthène à 14 % de  $\text{FeSiO}_3$   
Olivine à 14 % de  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$

Les résultats de la seconde fournissent :

Hypersthène à 28 % de  $\text{FeSiO}_3$   
Olivine à 30 % de  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$

La mesure des indices de réfraction m'avait conduit, d'autre part, à reconnaître deux pyroxènes rhombiques, l'un à 10 %, l'autre à 18 % de  $\text{FeSiO}_3$ , sans qu'il ait été possible de déterminer la proportion de l'un et de l'autre. L'olivine, d'après la même méthode, aurait une teneur de 22 % de  $\text{FeSiO}_4$ . Ces chiffres sont

(1) KLEMENT, *Notice sur la composition chimique de la météorite de Saint-Denis-Westrem*. (Bull. du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, IV, 1886, pp. 273-282.)

un peu intermédiaires entre ceux fournis par les deux analyses et, au moins pour les pyroxènes, plus voisins des résultats de la première. Il ne faut, toutefois, pas perdre de vue que la détermination des indices, pour les raisons qui ont été exposées plus haut, n'a pas une valeur absolue et qu'on ne peut donc y ajuster l'analyse chimique. Au surplus, des recherches relativement récentes ont montré que la teneur en  $K_2O$  des pyroxènes en fait notablement baisser les indices. Il se pourrait donc que les alcalis contenus dans nos pyroxènes rhombiques, en proportion appréciable, en aient abaissé les indices de façon notable. La teneur en  $FeSiO_3$  du métasilicate pourrait donc être supérieure à celle que semblent indiquer les indices observés. On se rapprocherait un peu, dans ce cas, des résultats de la seconde analyse.

2. Dans chacune des compositions virtuelles présentées, intervient une certaine proportion d'acmite, due à un reliquat de  $Na_2O$  qui ne peut se combiner avec  $Al_2O_3$ .

La présence d'acmite est évidemment anormale ici, ce minéral ne se présentant que dans les roches correspondant à un bain très sodique, ce qui n'est pas le cas. C'est une de ces anomalies auxquelles conduit le calcul tout théorique de la norme, dans des cas spéciaux.

La soude qui intervient dans cette acmite théorique doit, peut-être partiellement, être rapportée à un feldspath que j'ai déterminé, dans la composition virtuelle, comme orthose, pour suivre en cela les règles habituelles du calcul de la norme. De toute façon, il reste une proportion importante, la très grosse partie, de la soude qui ne saurait constituer des feldspaths. Une faible partie, minime puisque le résultat de l'analyse n'indique qu'une teneur en  $P_2O_5$  insignifiante, entre dans la composition de la *merrillite*. La majeure partie doit être rapportée aux pyroxènes rhombiques. On sait que les alcalis ont été communément signalés dans les analyses des pyroxènes rhombiques des météorites, de façon plus constante que chez les mêmes éléments des roches terrestres et en proportion plus forte. La teneur totale de la soude rapportée à l'hypersthène, dans la première composition, exprimerait un pourcentage un peu inférieur à 1,2 %. Des teneurs semblables, et même supérieures, ont déjà été signalées <sup>(1)</sup>.

3. Je n'ai pas observé, sous le microscope, l'orthose qui apparaît à l'analyse chimique. Je n'ai pas décelé davantage la maskelynite qui est considérée comme son produit de vitrification. Cela n'exclut pas sa présence cependant. Les produits de broyage rendent, en effet, précaire l'observation microscopique pour des éléments qui n'existent pas dans la roche, en proportion appréciable. Il se pourrait aussi que la potasse ne contribuât pas à former un feldspath mais entrât dans la composition des pyroxènes. La faible teneur en  $Al_2O_3$  serait, dans ce cas, combinée à une partie de la soude, pour former un plagioclase plus ou moins

<sup>(1)</sup> Voir COHEN, 1894, *Meteoritenkunde*, I, p. 281; analyse de Rammelsberg sur la météorite de Bishopville, et analyse de Winkler sur la météorite de Rittersgrün.

calciue. Cette hypothèse n'est pas à écarter, en raison d'éléments maclés polysynthétiquement, dont j'ai mentionné plus haut l'observation et que j'ai cru pouvoir tenir pour des plagioclases.

4. La teneur en troïlite est certainement beaucoup trop élevée dans l'une et l'autre composition. Une très grande partie du soufre est, certainement, associée au fer-nickel ou au fer métallique seul, suivant une autre formule que celle de la troïlite, déterminant un composé dont les caractères sont nettement différents de ceux du monosulfure de fer. J'ai exposé, précédemment, les raisons de cette conclusion. Il n'y a pas lieu d'y revenir ici.

Au surplus, je rappelle que les caractères de la troïlite m'ont paru bien incertains. Ce n'est donc que sous réserves que j'ai retenu ici le monosulfure de fer.

5. On remarquera l'absence de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  à l'analyse. A ma connaissance, il est plutôt rare que la chromite ne soit pas présente dans les chondrites. L'observation microscopique ne m'en avait du reste pas fait découvrir.

6. Le carbone n'ayant pas été dosé, la cohénite n'apparaît pas à l'analyse.

7. La schreibersite ne se manifeste guère, la teneur en  $\text{P}_2\text{O}_5$  étant insignifiante. Je n'ai, du reste, observé ce dernier minéral que dans une seule section polie et en très petite quantité.

Il est vraisemblable, cependant, que le Ni et le Co de l'analyse se rapportent aux deux derniers minéraux.

8. Le  $\text{P}_2\text{O}_5$  devrait aussi contribuer à former la merrillite, mais celle-ci est si rare dans nos lames qu'elle ne saurait se manifester en teneur appréciable à l'analyse.

## CONCLUSION AU POINT DE VUE SYSTÉMATIQUE

Le système de classification généralement en usage est celui qui a été proposé par Rose <sup>(1)</sup>, en 1864, développé par Tschermak en 1872 et illustré par le même auteur en 1883 <sup>(2)</sup>. C'est celui qui a été suivi par Brezina, dans sa classification des météorites du Musée de Vienne, travail qui, par l'importance du matériel étudié, sert toujours de base pour la systématique.

<sup>(1)</sup> ROSE, 1864, *Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten auf Grund der Sammlung im mineralogischen Museum zu Berlin*. (Abhandl. der Akad. der Wiss., 1863, Berlin, 1864.)

<sup>(2)</sup> TSCHERMAK, *Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten erläutert durch photographische Abbildungen*. Stuttgart, 1883.

Daubrée et Meunier, et plus récemment Prior, ont proposé d'autres méthodes, basées davantage sur la composition minéralogique. Mais ces systèmes, insuffisamment mis au point et ne tenant pas assez compte des caractères particuliers des roches cosmiques, n'ont pas été admis.

Je situerai donc la météorite qui nous occupe dans la classification de Rose-Tschermak.

Par sa forte teneur en fer métallique, l'abondance de ses chondres et la nature de ses silicates fondamentaux (pyroxène rhombique et olivine) la météorite de Bettrechies répond aux caractères des *chondrites*.

Dans cette catégorie, je la situe, plus spécialement, parmi les *chondrites intermédiaires bréchiformes*. Mes raisons, pour la placer à cet endroit, sont basées sur les caractères suivants :

1. Dureté assez grande de la roche (nettement plus grande que dans les chondrites blanches) composée de fragments de teinte claire distribués dans une masse cataclastique de ton gris-bleu foncé.

2. Chondres blancs et gris, mais les premiers dominant de très loin, intimement soudés à la masse fondamentale et se brisant avec elle. Ils sont très nombreux.

En lame mince, ils apparaissent bien délimités, surtout dans les portions cataclastiques. Même dans les portions non cataclastiques, la confusion avec les chondrites cristallines n'est pas possible à cet égard. Une comparaison avec une lame mince, taillée dans la météorite d'Ensisheim (type cristallin), m'a montré, sous ce rapport, une distinction encore nette.

3. La roche se laisse polir assez facilement.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- BREZINA, 1881, *Ueber die Meteoreisen von Bolson de Mapimi*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 83, pp. 473-477.)
- 1882, *Bericht über neue oder wenig bekannte Meteoriten IV*. (Sitzber. d. K. K. Akad. d. Wiss. z. Wien, Bd. 85, Heft 4, pp. 335-413.)
- 1885, *Die Meteoritensammlung des K. K. Mineralogischen Hofkabinetes in Wien*. (Jahrbuch der K. K. geol. Reichsanstalt, 1885, Bd. 35, I.)
- 1895, *Die Meteoritensammlung des K. K. naturhistorischen Hofmuseums*. (Annalen des K. K. Hofmuseums, Bd. 10, pp. 231-370.)
- BUCHNER, 1864, *Die Meteoriten in Sammlungen, ihre Gewichte, mineralogische und chemische Beschaffenheit*. Leipzig, 1863, in-8°.
- CASTILLO (DEL), 1889, *Catalogue descriptif des météorites du Mexique*.
- CHLADNI, 1794, *Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen und über einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen*. Riga, in-4°, 1794.
- COHEN, 1894-1905, *Meteoritenkunde*, I-II-III.
- 1895, *Meteoreisen-Studien*. (Annalen des K. K. Hofmuseums, Bd. X, pp. 81-93.)
- 1906, *On the Meteoric stone which fell at the Mission Station of St. Marks*. Transkei, on January 3, 1903. (Annals of South. African Museum, Vol. V, pp. 1-16.)
- DAUBRÉE, 1866, *Expériences synthétiques relatives aux Météorites. Rapprochements auxquels ces expériences conduisent tant pour la formation de ces corps planétaires que pour celle du globe terrestre*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 62.)
- 1876, *Expériences faites pour expliquer les alvéoles de formes arrondies que présente très fréquemment la surface des météorites*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 82, pp. 949-955.)
- 1877, *Observations sur la structure intérieure d'une des masses de fer natif d'Ovifak*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 84, pp. 66-70.)
- 1877, *Actions physiques et mécaniques exercées par les gaz incandescents et fortement comprimés, lors de la combustion de la poudre. Application de ces faits à certains caractères des météorites et des bolides*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 84, pp. 413-419 et 526.)
- 1878, *Imitation des cupules et érosions caractéristiques que présente la surface des météorites...* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 86, pp. 517-518.)
- 1878, *Sur le grand nombre de joints, la plupart perpendiculaires entre eux, qui divisent le fer météorique de Sainte-Catherine*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 86, pp. 1433-1434.)

- DAUBRÉE, 1879, *Recherches expérimentales sur l'action érosive des gaz très comprimés et fortement échauffés; application à l'histoire des météorites et des bolides.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 89, pp. 325-330.)
- 1879, *Sur une météorite sporadosidère tombée le 31 janvier 1879 à la Bécasse (Indre).* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 89, p. 597.)
- 1889, *Note accompagnant la présentation d'un catalogue descriptif des Météorites du Mexique rédigé par Antonio del Castillo.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 109, pp. 725-727.)
- DUPREZ, 1855, *Sur l'aérolithe tombé à Saint-Denis-Westrem (Fl. or.).* (Bull. Acad. roy. Belg., 2<sup>e</sup> sér., t. 22, pp. 54-56.)
- FAURA I. SANS, 1921, *Meteoritos caiguts a Catalunya.* (Bull. Centre Excursionista de Catalunya, an. XXXI, n<sup>o</sup> 322, pp. 270-288.)
- 1922, *Meteoritos caídos en la Península Ibérica.* (Iberica.)
- FLETCHER, L., 1908, *An introduction to the Study of meteorites.* (British Museum, Mineral Department.)
- FONVIELLE (DE), 1876, *Les combustions météoriques.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 82, p. 527.)
- FOULLON, 1883, *Ueber die mineralogische und chemische Zusammensetzung des am 16 Februar 1883 bei Alfianello gefallen Meteorsteines.* (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, t. 88, Heft I, pp. 433-443.)
- FOURNIER (DOM), 1895-1896, *Note sur une météorite tombée à Lesves.* (Annales de la Soc. géol. de Belgique, t. 23, p. LXXXVIII.)
- GLENN, 1925, *A new meteorite from Baldwyn.* (Amer. Journ. Sciences, I, vol. IX, n<sup>o</sup> 54, p. 488.)
- GURLT, 1875, *Ueber Meteorsteinfalle im Altethume und über angebliche neuere Meteorsteinmassen.* (Verhandlungen naturh. Vereines, 32 Jahrgang, p. 189.)
- HÄIDINGER, 1859, *Die organische Substanz im Meteorsteine von Kaba.* (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 34, Heft 1, pp. 7-8.)
- 1859, *Die Bestandtheile des Meteorsteines von Kaba im Teneser Banate.* (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 34, Heft 1, pp. 8-10.)
- 1859, *Der Meteorit von Kakova bei Dravitza.* (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 34, Heft 1, pp. 11-20.)
- 1859, *Die Meteoriten des K. K. Hof-Mineralien-Cabinetes am 7 Jänner 1859 chronologisch geordnet.* (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 34, Heft 1, pp. 21-26.)
- 1859, *Notiz über der Meteorit von Aussun im K. K. Hof-Mineralien-Cabinete.* (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 34, Heft 4, pp. 265-267.)
- 1860, *Der Meteorit von Saint-Denis-Westrem im K. K. Hof-Mineralien-Cabinete.* (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 42, Heft 21, pp. 9-14.)
- 1860, *Die Meteoritenfälle von Oruenggouk bei Bassein in Pegu und Dhurmsata im Punjab.* (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 42, Heft 24, pp. 301-306.)

- Haidinger, 1863, *Der Fall eines Meteoriten bei Dacca in Bengalen am 11 August 1863*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 48<sup>2</sup>, Heft 10, pp. 595-600.)
- 1864, *Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteoritenschwärme im Zusammenhange betrachtet*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 49<sup>2</sup>, Heft 1, pp. 6-16.)
- 1864, *Der Meteorstein von Tourinnes-la-Grosse, bei Tirlemont, im K. K. Hof-Mineralien Cabinet*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 49<sup>2</sup>, Heft III, pp. 123-128.)
- 1864, *Der Meteoritenfall von Tourinnes-la Grosse, Nr 2*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 49<sup>2</sup>, Heft 2, pp. 158-160.)
- 1864, *Eine grosskörnige Meteoreisen-Breccie von Copiapo*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 49<sup>2</sup>, Heft 2, pp. 480-497.)
- 1866, *Der Meteoritensteinfall am 9 Juli 1866 bei Knyahinya nächst Nagy Berezna im Ungher Comitate*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 54, Heft 2, pp. 200-205.)
- 1866, *Idem*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 54, Heft 3-4, pp. 475-522.)
- HEIN, 1866, *Analyse eines Meteoriten aus Dacca in Bengalen*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 54<sup>2</sup>, Heft. 3-4, pp. 558-561.)
- HINTZE, *Handbuch der Mineralogie*, Bd. I, Ab. I, pp. 153-189.
- KLEIN, *Microscopic Structure and chemical Composition — Revised and annotated after the Author's death — in Cohen. On the Meteoric stone which fell at the Mission Station of St. Mark's*. (Annals of the South African Museum, Vol. V, Part I, pp. 8-15.)
- KLEMENT, C., 1886, *Notice sur la composition chimique de la météorite de Saint-Denis-Westrem (Flandre orientale)*. (Bull. du Mus. roy. d'Hist. nat. de Belgique, t. IV, n° 4, pp. 273-282.)
- KOCH, 1882, *Bericht über den am 3 Februar I. J. stattgefundenen Meteorsteinfall von Mócs in Siebenbürgen*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 85-86<sup>1</sup>, Heft 2, pp. 116-132.)
- LACROIX (A.), 1926, *L'Euclite de Bereba (Haute-Volta) et les météorites feldspathiques en général*. (Archives du Museum d'Hist. naturelle de Paris, 6<sup>e</sup> sér., t. I, pp. 15-58.)
- MEUNIER, ST., 1878, *Les Fers météoriques de Sainte-Catherine*. (La Nature, vol. 6, pp. 27-30.)
- 1878, *Sur les formes extérieures des météorites*. (La Nature, vol. 6, pp. 139-142.)
- 1888, *Détermination lithologique de la météorite de Fayette county, Texas* (extrait d'une note). (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 107, 1888, pp. 1016-1018.)
- 1885-1886, *Mémoire sur la Géologie des Météorites*. (Bull. Soc. Géol. France. 3<sup>e</sup> sér., t. 14, pp. 68-79.)
- 1885, *Sur la classification et l'origine des Météorites*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 101, pp. 728-730.)
- 1887, *Examen minéralogique du fer météorique de Fort Duncan (Texas)*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 104, pp. 872-874.)

- MEUNIER, ST., 1887, *Observations sur la météorite de Grazac; type charbonneux nouveau qu'elle représente.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 104, pp. 1771-1772.)
- 1889, *Sur la météorite d'Eagle Station; nouveau spécimen de brahinite.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 108, pp. 762-763.)
- 1889, *Altération remarquable du fer météorique de San Francisco del Mezquitil.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 108, pp. 1028-1029.)
- 1889, *Détermination lithologique de la météorite de San Emigdio Range, Californie.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 109, pp. 206-207.)
- 1889, *Analyse de la météorite de Phu-Hong; remarques sur le type limerickite.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 109, pp. 875-878.)
- 1889, *Analyse de la météorite de Migheï (Russie); présence d'une combinaison non signalée jusqu'ici dans les météorites* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 109, pp. 976-978.)
- 1898, *Guide dans la collection de météorites avec le catalogue des chutes représentées au Museum.* (Museum d'Histoire naturelle de Paris.)
- MERRILL, 1930, *Composition und structure of meteorites.* (United States National Museum, Bull. 149.)
- PHIPSON, 1863, *Détails sur la météorite d'Alais (Cosmos, 1863),* p. 481.
- PISANI, 1874, *Analyse d'une météorite tombée dans la province de Huesca, en Espagne.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 79, p. 1507.)
- PRINZ, W., 1885, *Les Météorites tombées en Belgique et les Météorites en général.* (Ciel et Terre, 5<sup>e</sup> année.)
- QUETELET, 1868, *Sur les chutes d'aérolithes en 1868.* (Bull. Acad. roy. de Belgique, 2<sup>e</sup> sér., t. 26, p. 265.)
- RAMMELSBERG, 1860, *Handbuch der Mineralchemie.* Leipzig, 1860.
- 1870, *Die chemische Natur der Meteoriten.* (Abhandlungen der Akad. des Wissenschaften, Berlin, 1870, pp. 75-160.)
- 1879, *Die chemische Natur der Meteoriten.* (Abhandlungen der Akad. der Wissenschaften, Berlin, 1879.)
- RATH (VOM), 1875, *Die Meteoriten des naturhistorischen Museums der Universität Bonn.* (Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der Preussischen Rheinlande und Westfalens, 32<sup>e</sup> année, pp. 353-376.)
- 1875, *Ueber die Meteoritensammlung des Naturhistorisch Universitäts Museums.* (Verhandlungen des naturh. Vereines..., 32<sup>e</sup> année, p. 185.)
- 1875, *Ein Stück Meteoreisen von Oviak.* (Verhandlungen des naturh. Vereines..., 32<sup>e</sup> année, p. 201.)
- REICHENBACH (VON), 1858, *Ueber die Rinde der Meteorsteine.* (Annalen der Physik und Chemie von J. C. Poggendorff, Bd. 104, pp. 473-482.)
- 1859, *Ueber die chemische Beschaffenheit der Meteoriten.* (Annalen der Physik und Chemie von J. C. Poggendorff, Bd. 107, pp. 353-374.)
- 1859, *Ueber das Gefüge der Steinmeteoriten.* (Annalen der Physik und Chemie von J. C. Poggendorff, Bd. 108, pp. 291-311.)
- 1860, *Meteoriten in Meteoriten.* (Annalen der Physik und Chemie von J. C. Poggendorff, Bd. 111, pp. 353-386.)

- RENARD, 1879, *Sur la structure microscopique et la composition minéralogique de la météorite de Tourinnes (Brabant)*. (Annales de la Société belge de Microscopie, t. 5, Mém. p. 43-50.)
- 1896, *Notice préliminaire sur la météorite de Lesves*. (Bull. Acad. roy. de Belgique, Classe des Sciences, n° 6, pp. 654-663, 3° sér., n° 31, 1896.)
- 1897, *Recherches sur le mode de formation des météorites pierreuses (chondrites)*. (Bulletin de la Société belge de Géologie, t. 11, 2° sér., pp. 61-65.)
- 1899, *Recherches sur le mode de structure des météorites chondritiques. Universalité des phénomènes du métamorphisme mécanique*. (Bulletin Acad. roy. de Belgique, Classe des Sciences, nos 9-10, pp. 537-558.)
- ROSE, 1863, *Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten auf grund der Sammlung im Mineralogischen Museum zu Berlin*. (Abhandlungen der Akad. der Wissenschaften zu Berlin, 1863.)
- SHANNON and LARSEN, 1925, *Merrillite and chlorapatite from Stony Meteorites*. (Amer. Journ. Science, I, vol. IX, n° 51, pp. 250-260.)
- SHEPARD, 1861, *Catalogue of the Meteoric Collection of Charles Upham Shepard, deposited in the Cabinet of Omherst College*. (American Journal of Science and Arts (2), 31, pp. 456-459.)
- 1867, *New classification of Meteorites, with an Enumeration of Meteoric species*. (American Journal of Sciences and Arts (2), 43, pp. 22-28.)
- SMITH, LAWRENCE, 1876, *Recherches sur les composés du carbone pur dans les météorites*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 82, pp. 1042-1043.)
- 1876, *Sur les combinaisons du carbone trouvées dans les météorites*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. 82, pp. 1507-1509.)
- SORBY, 1864, *On the microscopical structure of Meteorites*. (Proceedings of the Royal Society of London, 1863-1864, XIII, pp. 333-334.)
- TSCHERMAK, 1872, *Die Meteoriten des K.K. Mineralogischen Museums am 1 October 1872*. (M. M., Bd. 2 [1872], pp. 165-172.)
- 1874, *Das Krystallgefüge des Eisens, insbesondere des Meteoreisens*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 70, Heft V, pp. 443-474.)
- 1874, *Die Trümmersstruktur der Meteoriten von Orvinio und Chantonmay*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 70, Heft V, pp. 443-474.)
- 1882, *Ueber die Meteoriten von Mócs*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 85-86<sup>1</sup>, Heft 3, pp. 195-209.)
- 1883, *Beitrag zur Classification der Meteoriten*. (Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. 88, Heft I, pp. 347-371.)
- 1883-1885, *Die Mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten erläutert durch photographische Abbildungen*. Stuttgart, 1885.
- VERBEEK, 1886, *De Meteoriet van Djati-Pengilon (Java)*. (Jaarboek Mijnwezen, Amsterdam, 1886.)
- WEINSCHENK, 1889, *Ueber einige Bestandtheile des Meteoreisens von Magura*. (Annalen K. K. Hofmuseums Wien, Bd. 4, pp. 93-101.)
- WIGGLESWORTH, CLARKE, 1924, *The evolution and disintegration of matter, Shorter Contributions to general geology 1923-1924*, pp. 72-74. (United States Geological Survey.)
- WÜLFING (E. A.), 1897, *Die Meteoriten in Sammlungen und ihre Literatur*. Tübingen, 1897.
-

PLANCHE I

## EXPLICATION DE LA PLANCHE I

FIG. 1. — Fragment A de l'aérolithe du Hainaut (1×).

La figure montre très nettement la croûte de fusion et les piéroglyptes qui dépriment la surface.

FIG. 2. — Même fragment (1×).

Les piéroglyptes sont vus, ici, sous une autre incidence qui montre qu'ils sont ordonnés autour d'un bec puissant.

FIG. 3. — Fragment A (1×) vu suivant sa cassure.

Celle-ci montre la structure bréchiée, à gros éléments, de la roche. Remarquer, vers le centre, un petit nodule métallique. A droite, à l'endroit où la limite dessine une forte courbe, gros noyau enrichi en pigment métallique.

FIG. 4. — Fragment B (1×) vu sur une des surfaces de cassure.

Remarquer, dans l'angle supérieur à droite, un gros fragment métallique mettant en évidence un beau miroir de faille avec fortes stries.

FIG. 5. — Fragment B (1×).

Tranche sur une des arêtes naturelles du bolide. Remarquer l'arrondissement de l'arête et la striation de la croûte de fusion perpendiculairement sur celle-ci.

FIG. 6. — Fragments D et E (1×).

Ils montrent la croûte de fusion fortement striée parallèlement.

---

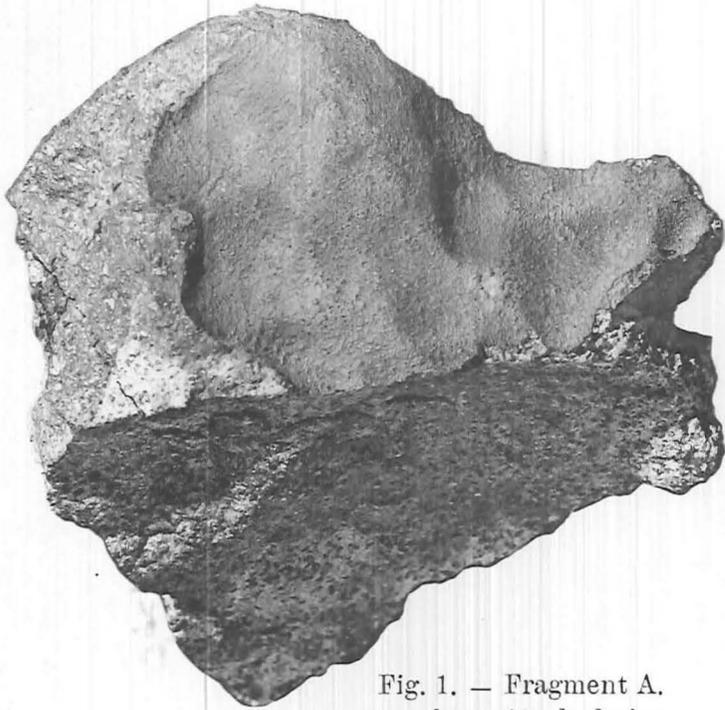


Fig. 1. — Fragment A.  
avec la croûte de fusion.

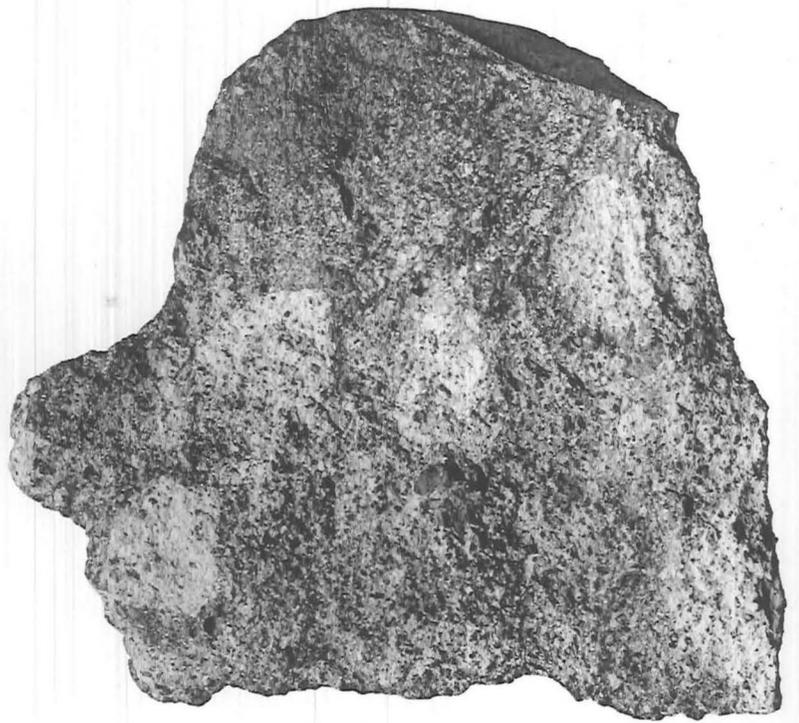


Fig. 3. — Fragment A.  
Texture bréchiforme.

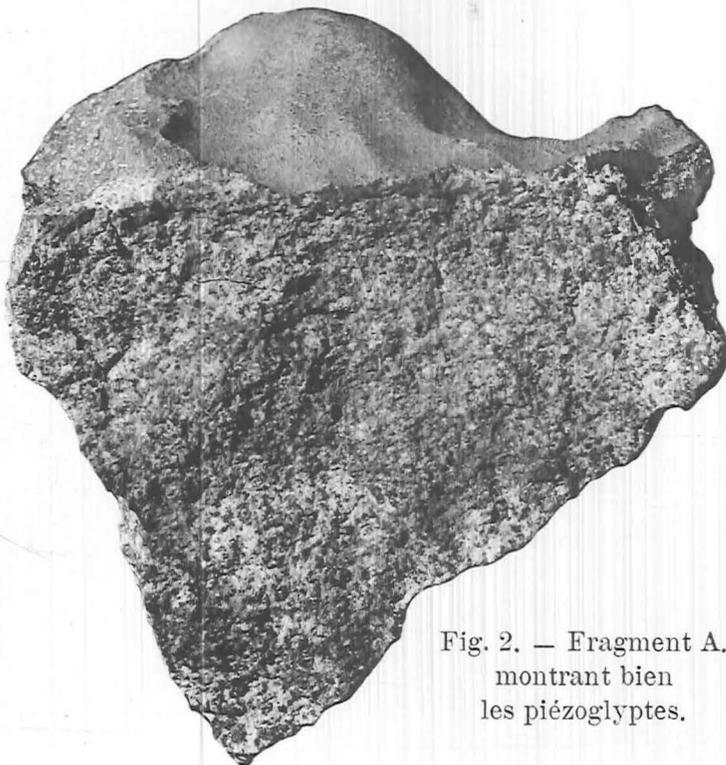


Fig. 2. — Fragment A.  
montrant bien  
les piéroglyphes.

Fig. 4. — Fragment B.  
Miroir de faille sur un  
élément métallique.

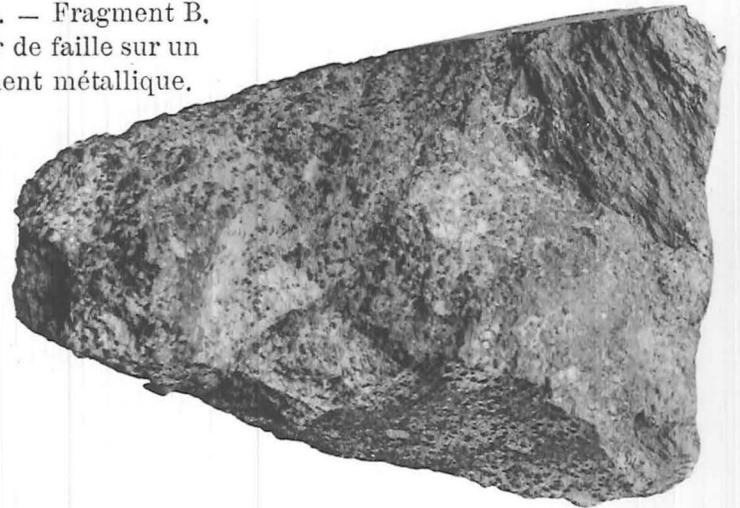
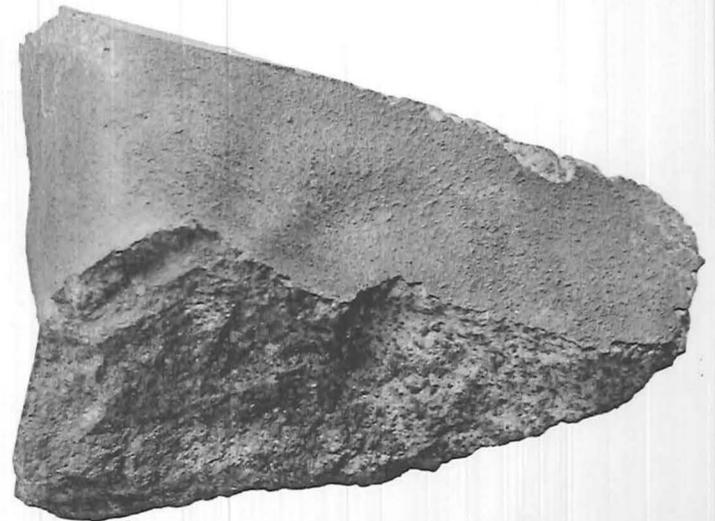


Fig. 6. — Fragments D. et E.  
remis bout à bout.  
Croûte striée.



Fig. 5. — Fragment B.  
Croûte de fusion striée.



## EXPLICATION DE LA PLANCHE II

FIG. 1. — Section mince (10×). Nicols décroisés.

Elle montre le contact entre un fragment de la brèche et une portion cataclastique (plus noire).

FIG. 2. — Lame mince (34×). Nicols croisés.

Portion riche en pyroxènes rhombiques et monocliniques. Dans la partie supérieure à gauche, remarquer un grain composé de trois cristaux différemment orientés; le plus grand, qui couvre toute la partie supérieure du grain, montre un fin maillage polysynthétique.

FIG. 3. — Lame mince (34×). Nicols croisés.

Elle montre quelques beaux éléments prismatiques de pyroxène. Les plages plus claires sont de l'olivine.

FIG. 4. — Section mince (34×). Nicols croisés.

Dans la portion centrale forte plage de pyroxène rhombique fibreux, à maillage polysynthétique seulement esquissé. Vers le bas, éléments prismatiques de pyroxène monoclinique.

FIG. 5. — Lame mince photographiée en lumière réfléchie (34×).

Les plages blanches sont du fer-nickel et une association fer-nickel-soufre. Les plages plus grises (jaune bronze en réalité), paraissant poussiéreuses, représentent le sulfure de fer.

FIG. 6. — Lame mince photographiée en lumière réfléchie (34×).

Les plages unies plus claires sont du fer-nickel. Un peu en dessous du centre, une plage déchiquetée, allongée transversalement, plus grise (jaune en réalité), poussiéreuse : c'est le sulfure de fer.

FIG. 7. — Section mince (34×). Nicols croisés.

Elle montre la croûte noire de fusion, mouchetée de minuscules particules de silicates et de gros fragments d'olivine ayant résisté à la fusion.



Fig. 1. — Contact entre fragment et pâte.

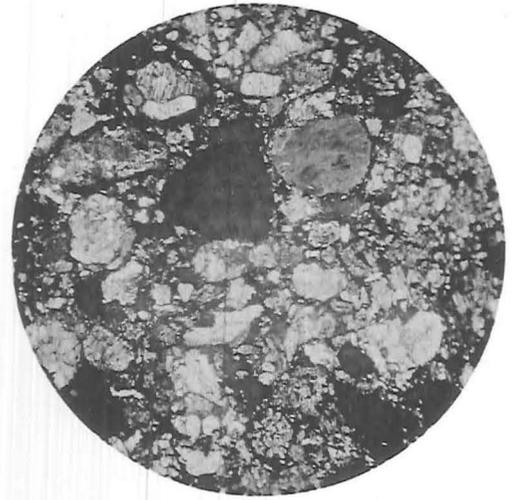


Fig. 2. — Pyroxènes rhombiques.

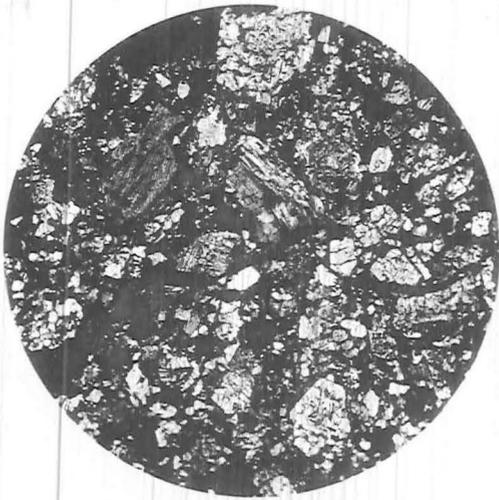


Fig. 3. — Pyroxènes fibreux  
et fragments d'olivine.

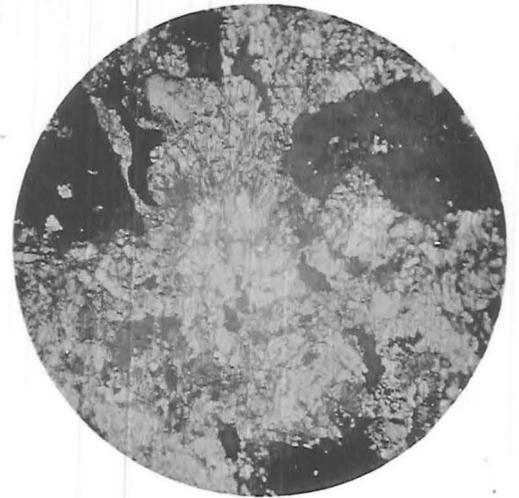


Fig. 4. — Enstatite fibreuse.



Fig. 5. — Plages métalliques  
en lumière réfléchi.

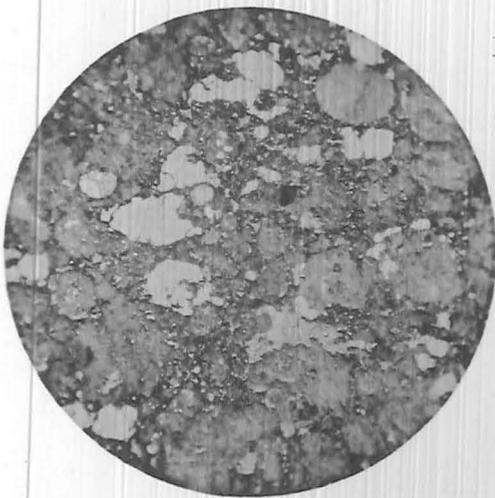


Fig. 6. — Plages métalliques.

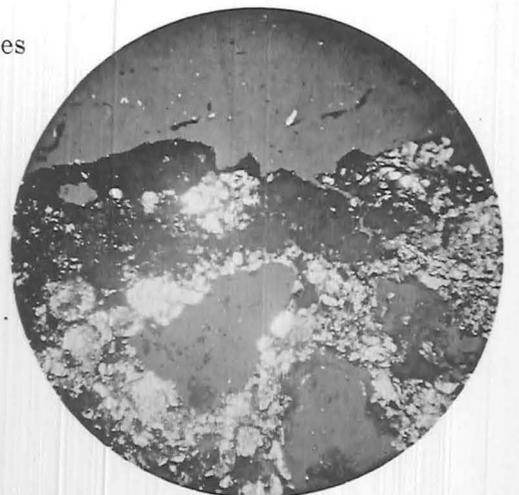


Fig. 7. — Coupe dans la croûte.

III 12071 Pl. 11. 12071 1877

**PLANCHE III**

## EXPLICATION DE LA PLANCHE III

FIG. 1. — Lame mince (34×). Nicols croisés.

Cristaux prismatiques allongés d'olivine, séparés par des plages noires de verre de fusion.

FIG. 2. — Lame mince (34×). Nicols croisés.

Olivine très fibreuse.

FIG. 3. — Lame mince (34×). Nicols croisés.

Chondre d'enstatite à belle structure fibreuse. Les fibres sont réparties en quatre faisceaux. Dans l'un de ceux-ci (quadrant supérieur de droite), elles sont un peu tordues. La partie supérieure du grain est tranchée par une cassure faulleuse qui se marque mal sur la photographie. La partie enlevée a été laminée. On peut très bien apercevoir le rejet de la cassure. A droite du chondre, en effet, les deux parties d'un grain sectionné restent visibles. L'extrémité gauche de la partie supérieure est venue se placer au-dessus de l'extrémité droite de la partie inférieure.

FIG. 4. — Lame mince (34×). Nicols croisés.

Elle montre un chondre d'enstatite fibreuse apparemment amputé, un chondroïde du même élément et un chondroïde d'olivine (en haut à gauche), à structure porphyrique.

FIG. 5. — Lame mince (34×). Nicols croisés.

Chondroïde, à structure porphyrique, formé d'individus de pyroxène rhombique, en partie maclé et en partie fibreux, avec fortes inclusions d'olivine.

FIG. 6. — Lame mince (34×). Nicols croisés.

Chondroïde d'olivine « barrée ». Le contour, bien circulaire, est souligné par un pointillé de verre noir, qui n'accuse, toutefois, pas entièrement la circonférence. Sur une petite partie de celle-ci, le chondroïde n'est pas différencié de la pâte qui le voisine.

---

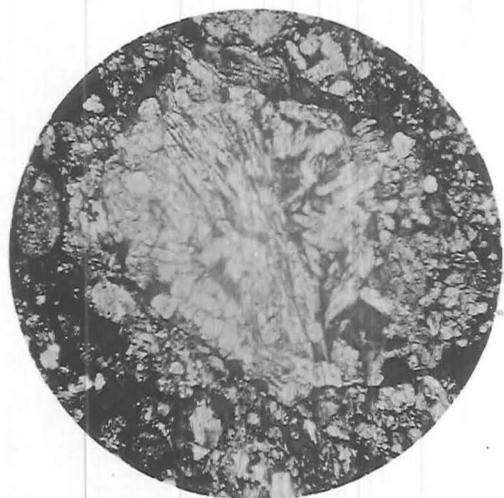


Fig. 1. — Agrégat d'olivine.



Fig. 2. — Olivine fibreuse.



Fig. 3. — Chondre d'enstatite.

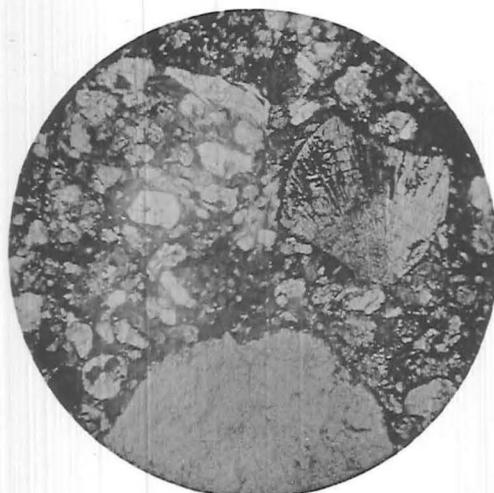


Fig. 4. — Chondre d'enstatite  
et chondroïde d'olivine.

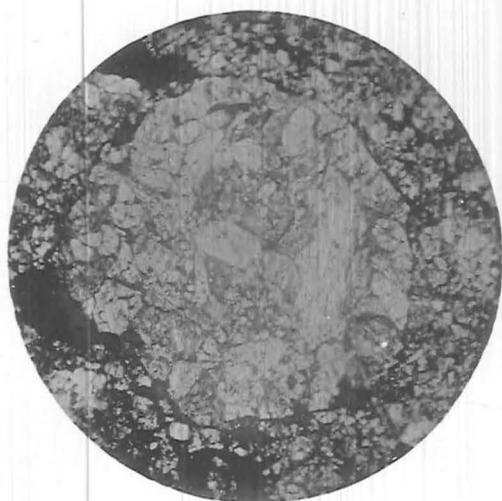


Fig. 5. — Chondroïde de pyroxène rhombique.

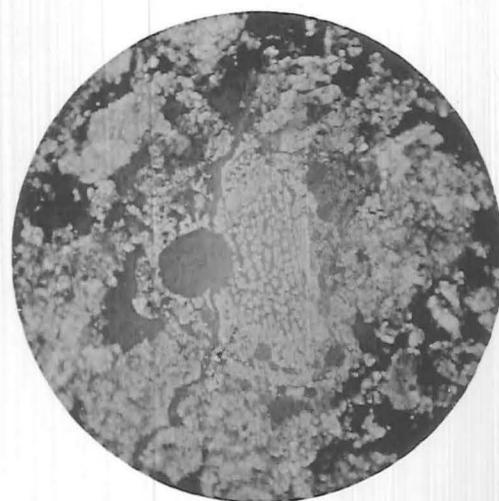


Fig. 6. — Chondroïde d'olivine.

M. LECOMPTE. — L'Aérolithe du Hainaut.