

## Cosmologie- Sciences de l'Univers

### Chapitre III : Les météorites, objets d'accrétion.

Les météorites, non différenciées (chondrites) ont la composition globale du Soleil. Cependant, en calculant la composition moyenne de la Terre globale et en la comparant aux chondrites ordinaires, on constate une formidable correspondance. Ces objets étaient le matériel d'accrétion et de formation des planètes.

	Chondrite ordinaire	Moyenne de la Terre	Croute continentale	Croute océanique	Manteau	Noyau
SiO <sub>2</sub>	36	35-40	60	47	44	
Fe + FeS	21	20-25	0	0	0	>80
FeO	10	7-10	4	11	10	
MgO	24	20-25	3	12	36	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	2-3	15	14	4	
CaO	2,5	2-3	5	9	3	
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	1	1	6	2,5	1	

**Tab. Comparaison de la composition des chondrites et de la Terre globale.**

Suivant leurs compositions, il existe trois grandes familles de météorites :

- les météorites pierreuses : chondrites et achondrites ;
- les météorites métalliques : hexaédrites, octaédrites et ataxites ;
- les météorites mixtes : mésosidérites et pallasites.

Les météorites pierreuses contiennent moins de 20 % de fer alors que les mixtes peuvent en renfermer jusqu'à près de 50 % de leur poids. Les météorites métalliques sont les plus riches en fer métal dont la quantité peut atteindre 98 % du volume total de la météorite. Selon leur composition, leur structure et leur minéralogie, chacune de ces trois grandes familles peut être subdivisée en plusieurs classes.

#### **A- Les météorites pierreuses**

##### **A.1. Les chondrites**

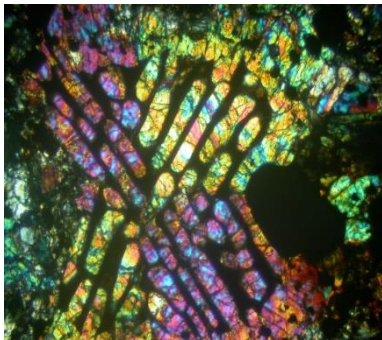
Ce sont des roches extra-terrestres chimiquement plus primitives. Les chondrites représentent un groupe constituant plus de 85 % des météorites récoltées à la surface de la Terre. Elles proviennent généralement de corps de petite taille n'ayant pas encore amorcé les processus de différenciation. Les chondrites tirent leur nom des petites sphérules qu'elles contiennent : les chondres. Ces derniers, résultent de la cristallisation de petites gouttelettes portées à l'état liquide dans la nébuleuse solaire. Ils sont principalement constitués de minéraux silicatés. Leur conservation, plus ou moins bonne, dépend du métamorphisme thermique et de l'altération aqueuse qu'elles peuvent subir plus tard sur le corps parent. Les chondrites les moins affectées par ces processus sont les plus primitives.

Selon leurs tendances chimiques, les chondrites peuvent être distinguées en plusieurs groupes : des chondrites de types carbonées, des chondrites ordinaires, des chondrites à

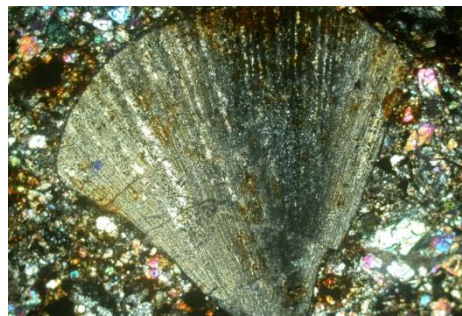
enstatite et les chondrites de type R ou rumurutites. Cette distinction est attribuée à l'existence d'hétérogénéités physico-chimiques dans la nébuleuse solaire.

Les chondrites sont généralement formées par quatre parties en proportions relatives entre elles :

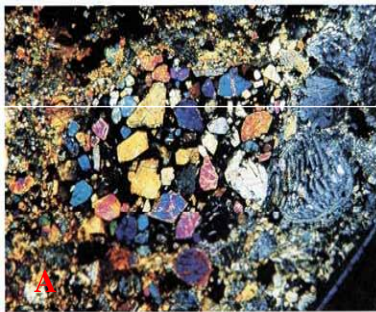
**a)- les chondres** : structures sphériques formées en apesanteur, de taille moyenne ~ 700 µm et contenant des silicates qui sont principalement de l'olivine et du pyroxène. La texture, dans laquelle du verre est souvent présent, témoigne d'un refroidissement très rapide. Suivant le degré de refroidissement des chondres, plusieurs textures peuvent être observées. Les chondrules porphyritiques sont formés à des températures plus basses que celles des chondrules barrés ou radiaux (**Figs.**).



Olivine barrée «BO»



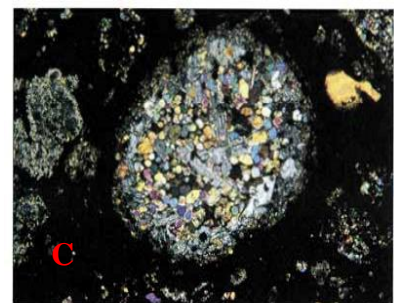
Pyroxène radial «RP»



Olivine porphyritique « PO »



Pyroxène porphyritique « PP »



Olivine et pyroxène porphyritiques « POP »

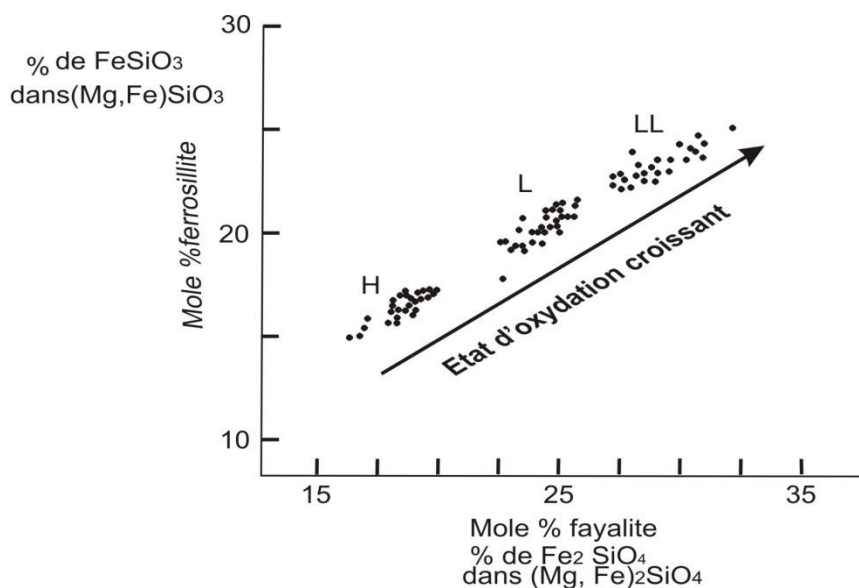
**b)- le métal** : c'est du fer métallique (ou fer réduit) associé au nickel en quantité variable selon le type de chondrite. Le fer métal est toujours associé à des sulfures ;

**c)- la matrice** : c'est une poussière silicatée à olivine, pyroxène (<10µm) et silicates amorphes et contenant une certaine quantité de métal.

### *Les Différents groupes de chondrites.*

**1- Les chondrites carbonées :** Ce type de météorites est caractérisé par la présence de composés de carbone comprenant des hydrocarbures à longue chaîne et des acides aminés semblables à ceux utilisés dans la synthèse de protéines dans la matière organique. Les chondrites carbonées sont formées dans un environnement riche en oxygène. Elles constituent, par ailleurs, 2,5 % de toutes les météorites récoltées.

**2- Les chondrites ordinaires :** Elles se caractérisent, le plus souvent, par des rapports variables des proportions d'olivine et de pyroxène. Le groupe se distingue principalement en trois sous-groupes : H, L et LL. Le sous-groupe H se rapporte à une teneur élevée en fer de 27 % en poids, le sous-groupe L à une teneur en fer de 23 % en poids et le sous-groupe LL à une teneur en fer inférieure à 20 % en poids. La majorité des chondrites ordinaires font partie des groupes distincts définis par les teneurs en fayalite des olivines et en ferrosilite des pyroxènes (Kallemeyn *et al.*, 1989). Les chondrites H, ayant le plus faible contenu d'oxygène.



*Classification des chondrites ordinaires selon les teneurs en fayalite de leurs olivines et en ferrosilite de leurs pyroxènes (Kallemeyn *et al.*, 1989).*

Les chondrites peuvent présenter différents types pétrographiques (3 à 7) qui refléteraient une profondeur et un taux de refroidissement dans le corps parent (astéroïde). Plus la recristallisation de la matrice et des chondres avance plus le type pétrographique est élevé. L'histoire des contraintes thermiques prévoit un diamètre pour les corps parents des chondrites ordinaires compris entre 160 et 180 km.

**3- Les chondrites à enstatite :** Ces chondrites sont fortement réduites avec la quasi-totalité du fer sous forme métal ou de sulfure comme la troïlite (FeS). Le silicate est surtout représenté par du pyroxène pauvre en fer de type enstatite.

**4- Les chondrites de type R :** Ces chondrites sont fortement oxydées, riches en olivine mais pauvres en métal. Elles diffèrent considérablement des chondrites ordinaires, carbonées et à enstatite par leur état d'oxydation.

## A.2. Les achondrites

Ce sont des météorites pierreuses, sans chondres, qui se sont formées à des époques et par des mécanismes de formation très variables. De nombreuses sous-classes ont été distinguées.

### 1- Les achondrites astéroïdales HEDDO (Howardites, Eucrites, Diogénites et Diogénites à Olivine) :

L'astéroïde qui est la source commune de ce groupe est probablement l'astéroïde 4Vesta. Ce groupe d'achondrites est subdivisé en plusieurs sous-groupes suivant la composition minéralogique :

**a. Les howardites :** Ce sont des météorites bréchiformes formant un mélange de roche basaltique (eucrites) et de cumulats ultrabasiques (diogénites).

**b. Les eucrites :** Elles ressemblent aux roches basaltiques terrestres.

**c. Les diogénites :** Ce sont des roches composées presque en totalité d'orthopyroxène et pouvant comprendre, en tant que minéraux accessoires, de l'olivine, du plagioclase et du spinelle.

**d. Les diogénites à olivine :** Les diogénites à olivine, proches des roches harzburgitiques terrestres.

### 2- Les achondrites planétaires

Ce sont des achondrites différenciées ayant pour origine la Lune ou la planète Mars. Elles ont été arrachées de leur corps d'origine à la suite d'impact très violent.

#### 2-1- Les achondrites martiennes :

Elles étaient nommées météorites SNCO d'après trois chutes restées célèbres : Shergotty, Nakhla et Chassigny et un quatrième type dénommé O (pour orthopyroxénites). Il a fallu attendre les missions Viking, en 1976, pour que l'on puisse comparer une mesure de la composition atmosphérique martienne avec les gaz emprisonnés dans ces météorites.

**a. Les shergottites :** Ces roches sont typiquement basaltiques. L'âge de formation des shergottites, autour de 200 millions d'années.

**b. Les nakhlites :** Elles ont un âge de formation de l'ordre de 1,3 milliards d'années. Les nakhlites sont composées principalement de clinopyroxène.

**c. Les chassignites :** Ce sont des dunités contenant plus de 95 % d'olivine. L'âge de cristallisation de ces roches est de 1,36 milliards d'années.

**d. L'orthopyroxénite :** elle est composée à plus de 98 % d'orthopyroxène. Cette orthopyroxénite représente en fait la plus vieille météorite provenant de la planète Mars avec un âge de cristallisation de 4,5 milliards d'années.

#### 2-2- Les achondrites lunaires

On dénombre quatre groupes principaux de météorites lunaires.

**a. Les basaltes :** Ces roches, tout comme celles rapatriées par les missions Apollo. Les "mare basalts" proviennent des mers lunaires. Ces trapps volcaniques datant de 3,8 milliards d'années environ (fin de la période intense de bombardement météoritique dans le système solaire) sont comparables à ceux que l'on peut trouver en Inde et qui correspondent à de vastes épanchements de laves couvrant plusieurs milliers de km<sup>2</sup> sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseurs.

**b. Les anorthosites :** Elles sont composées en majorité par du feldspath plagioclase calcosodique, et proviennent de ce que l'on pourrait appeler les « highlands » lunaires.

**c. Les gabbros :** Les gabbros lunaires, comme leurs équivalents terrestres, sont des roches cumulatives ou plutoniques. Les gabbros des météorites lunaires sont tous très riches en olivine.

## **B. Les météorites métalliques ou sidérites**

Les sidérites se subdivisent en trois catégories principales : les ataxites, les octaédrites et les hexaédrites. Les hexaédrites sont les plus pauvres en nickel (entre 5 et 6 %) et ont une structure microcristalline hexaédrique. Les octaédrites sont les plus courantes des sidérites et sont moyennement riches en nickel (entre 7 et 15 %). Les ataxites sont les plus riches en nickel (de 16 % jusqu'à très exceptionnellement 60 %).

## **C. Les météorites mixtes**

Elles sont représentées par deux sous-classes de météorites mixtes qui sont alors les mésosidérites et les pallasites.

Les mésosidérites sont formées par une partie silicatée et une partie ferro-métallique. La partie silicatée des mésosidérites est principalement composée de plagioclases et de pyroxènes très métamorphisés.

Les pallasites ont dans la quasi-totalité des cas une partie silicatée composée d'olivines riches en magnésium. Il semblerait que les pallasites résultent d'un mélange cœur/manteau d'un corps parent.