

# COMETES, METEORITES, POUSSIÈRES COSMIQUES :

## Matériaux des planètes

La découverte des comètes est très ancienne.

### I- Comètes dans le système solaire :

#### 1) Zones chaude-froide du disque protoplanétaire

La puissance du vent solaire chasse les éléments volatils dans les zones les plus externes du disque protoplanétaire.

2 zones : zone des roches ( interne )  
Zone des glaces ( externe )

#### 2) Nuage de Oorte et ceinture de Kuiper

D'abord concentré dans le disque protoplanétaire, les comètes sont dispersées par le passage d'étoiles ou de nuages.

10 000 000 : tout est dans le disque et après a lieu la dispersion.

#### 3) Nuage de Van Oorte

Echelle en unité astronomique c'est-à-dire la distance Terre-Soleil.

Le système solaire :  $10^5$  unités astronomiques

#### 4) Ceinture de Kuiper : astronome hollandais ( 1905-1973 )

Les comètes restées sont localisées dans le disque.

Dimension de la ceinture :  $\approx 200$  unités astronomiques

#### 5) Quelques objets de la ceinture de Kuiper

Le rayon des objets est l'intermédiaire entre le rayon des comètes ( 10km ) et Pluton.

Certains sont plus gros.

#### 6) Enigme de Pluton

Plusieurs lunes ?

Plusieurs objets tournent autour de Pluton.

Charon : lune plus grosse.

#### 7) Comètes à courte période ( $P < 200$ ans )

2 types de comètes :

- courte période : comète de type Jupiter venant de la ceinture de Kuiper ( période  $< 20$  ans )

Comète de Halley ( période de 76 ans et vient de plus loin ) : partie intérieur du nuage de Oorte.

- longue période

#### 8) Comètes à longue période ( $P > 200$ ans )

Comètes du nuage de Van Oorte

### II- Composition et structure des comètes

#### 1) Queue des comètes

Elle s'approche du soleil pour prendre une partie des glaces.

Comète : « boucle de neige sale » avec les poussières.

Très loin du soleil : noyau sans queue , la glace se transforme, formation de coma, queue double ( 1<sup>er</sup> : plus longue queue de gaz à l'opposé du soleil )

Rapprochement vers le soleil : sublimation si intense = queue de poussière.

La comète perd de la matière.

#### 2) Structure des comètes

Queue d'ions ( 100 millions de km)  
Nuage d'H (100 millions de km)  
Noyau (qqs km)  
Coma : autour du noyau, enveloppe lumineuse ( 100 000km)  
Queue de poussières ( 10 millions de km )  
1986 : Comète de Halley mission Giotto  
2001 : Comète de Borrelly, densité = 0,1 g/cm<sup>3</sup>

### 3) Composition de la coma

Spectrométrie ( dans le visible, l'ultra violet et l'infrarouge) permet de voir que la coma est composée de molécules de composés n'existant pas spontanément.

1980 : idée de ce qu'était une comète.

### 4) Queue de plasma

La queue de plasma (état physique ) est rectiligne, contrôlée par la déformation du champ magnétique autour de la comète.

Composition de la queue de plasma : atomes + molécules ionisées.

### 5) Queue de poussières

Comète Hale-Bopp ( 1997 ) : Taille des particules de poussières  $\approx 1\mu\text{m}$  contenant des espèces cristallines ( Variété de silicates ).

Mission Stardust : sonde avec panneaux solaires permettant de se déplacer.

#### a) Poussière : silicates

Chambre blanche : aucune poussière.

Impact des poussières cosmiques dans l'aérogel.

Microscope électronique à transmission ( très haute résolution  $\approx 1\text{\AA}$  ) permet de définir le réseau cristallin.

#### b) Poussière + verre + métaux + sulfures.

Les cristaux sont emballés dans la matrice vitrale.

### 6) Composition des poussières cométaires

Olivine : silicate de Mg.

Taille des individus cristallins  $\approx$  quelques dizaines de  $\text{\AA}$

Olivine amorphe est associée avec de l'olivine cristallisée.

pH : molécules organiques complexes avec un grand nombre d'atomes.

## III- Composition du noyau des comètes :

### 1) Mission Deep Impact

Sur la comète 9P/Tempel1.

4 juillet 2005 à 1506 UA ( Unités astronomiques ) de la Terre.

Taille du Tempel1 : 4x4x14 km

Densité : 600kg/m<sup>3</sup>

### 2) Surface noire des comètes

### 3) Composition chimique des comètes

Nuage de gaz et de poussière représente  $\approx 6\ 000\ 000\text{kg}$  de matières cométaires soit :

- 5 000 tonnes d'eau
- 1 000 tonnes de poussières

Molécules identifiées : H<sub>2</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, HCN, CO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>OH, H<sub>2</sub>CO, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.

Poussières identifiées : silicates amorphes ( pyroxène + olivine )

## Silicates cristallisés ( Mg + olivine )

### 4) Mission Rosetta

Visite des astéroïdes RHODIA ( 2008 sept. ) et LUTETIA ( 100km de diamètre juillet 2010 ) près de Mars qui se mettra en orbite autour d'une comète Lhuryunov-Gerasimenko en 2014.

### 5) Formation des comètes

La plupart des molécules libérées sont ensuite cassées par des radiations :



Les grains de silicates sont collés par la matière organique, ils servent de point de condensation des glaces ( eau ). Chaque grain se trouve aggloméré dans des agglomérats plus gros. Les agglomérats se collent entre eux pour faire des objets de quelques km. La surface des comètes est noire => effet des rayons cosmique qui se dégradent.

### 6) Molécules organiques

Les molécules organiques ont été identifiées dès 1868 ( présence de C ).

Spectroscopie : 1875

Perfectionnement des spectromètres : molécules plus complexes.

Identification des molécules : spectroscopie de très grandes  $\lambda$ .

La liste des molécules s'allongent constamment.

### 7) Rapport D/H des comètes

Deutérium ( D ) : deux fois plus lourd que l'Hydrogène, un fractionnement s'opère dans les réactions entre les solides, les liquides et les gaz.

D/H est plus élevé dans le système solaire externe que dans le système solaire interne qui est plus chaud selon la réaction :



Le rapport D/H des comètes est 10 fois plus élevé que la composition proto-solaire => origine interstellaire pour la glace d'eau cométaire.

L'eau sur la Terre est apportée par les éléments externes c-à-dire les comètes externes.

## IV- Les astéroïdes et les météorites :

### 1) Résonance orbitale

Il y a des secteurs où les astéroïdes sont stables et des secteurs où elles sont chassées.

### 2) Astéroïdes : blocs rocheux

Les astéroïdes sont des corps rocheux de composition variable suivant qu'ils sont des débris des planétésimaux différenciés ou non.

De type S, C et M.

### 3) Recherche des micrométéorites

La recherche de micrométéorites est devenue très fructueuse.

Elles se concentrent dans les lacs bleus de fusion des glaces en Antarctique.

( Les météorites sont noires donc il manque du blanc c'est pourquoi elles sont en Antarctique )

### 4) Météorites

4 grands types de météorite voire 3 au début :

- les météorites de fer composées que de métaux

- les météorites pierreuses : silicates ( de Mg + olivine + plagioclase + cristaux de fer-nickel ) + métaux

Chondrite : - chondres et pas de plagioclase

- Silicate de Mg

- Météorite avec des éléments volatils



## VI- Age et composition des chondrites

### 1) Chondrites CI et nébuleuses proto-solaire

L'existence d'une correspondance quasi-parfaite de composition de la couronne externe du soleil et des chondrites CI confirme la composition chimique de la nébuleuse pré-solaire.

### 2) Isotopes de l'oxygène des chondrites

Ce sont des chondrites ordinaires et plus particulièrement les chondrites à enstatite isotopique qui sont plus proches de celle de la Terre.

Pente 1 : combustion de He formant de l'ozone enrichi de façon égale en  $^{17}\text{O}$  et en  $^{18}\text{O}$ .

Pente  $\frac{1}{2}$  : fractionnement isotopique au cours de la formation des minéraux composant les météorites.

La Terre est plus cousine des météorites que des chondrites.

### 3) Signature isotopique des CAIs

Le rapport  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  des inclusions réfractaires change avec la position de la ligne de « gel ».

### 4) Age des chondrites

Méthode de la datation absolue :

- Age Pb-Pb (enrichissement en  $^{207}\text{Pb}$  par désintégration de U) des CAIs de la météorite Allende  $\approx$  4 560 millions d'années.
- Age Pb-Pb des chondrites  $\approx$  4 555 millions d'années.

Radioactivités éteintes :

Les teneurs anormales de  $^{129}\text{Xe}$  et  $^{26}\text{Mg}$  sont dues à des intégrations radioactives de  $^{129}\text{I}$  et  $^{26}\text{Al}$ .

Ces éléments radioactifs ont une courte demi-vie.

Ces teneurs témoignent de la formation précoce des météorites peu de temps après l'explosion d'une supernova qui a créé les isotopes instables  $^{129}\text{I}$  et  $^{26}\text{Al}$ .

Les CAIs sont formés par l'effondrement du nuage.

### 5) Chondrites : roches polygéniques

Les météorites chondritiques résultent de l'accrétion gravitaire d'éléments formés dans différents endroits du disque protoplanétaire.

### 6) Formation des chondrites et des comètes dans le système solaire

Chondrites ordinaires :  $600^\circ\text{C}$

Chondrites carbonés :  $300^\circ\text{C}$

Comètes :  $200^\circ\text{C}$

## VII- Poussières cosmiques :

### 1) Nuages interstellaires : extinction

Les poussières provoquent l'extinction stellaire et le rougissement dans le visible.

### 2) Minéralogie des poussières

### 3) Flux actuels de poussières cosmiques

40 000 tonnes par an.

### 4) Chronologie possible du système solaire