

Méthodes géophysiques et géochimiques

Cours du 1/2/2007

On est toujours dans le paragraphe

1. Analyses chimiques, minéralogiques et pétrologiques

1.1 Exemple d'analyse chimique : l'abondance des éléments chimiques dans l'Univers

Notion de nébuleuse solaire

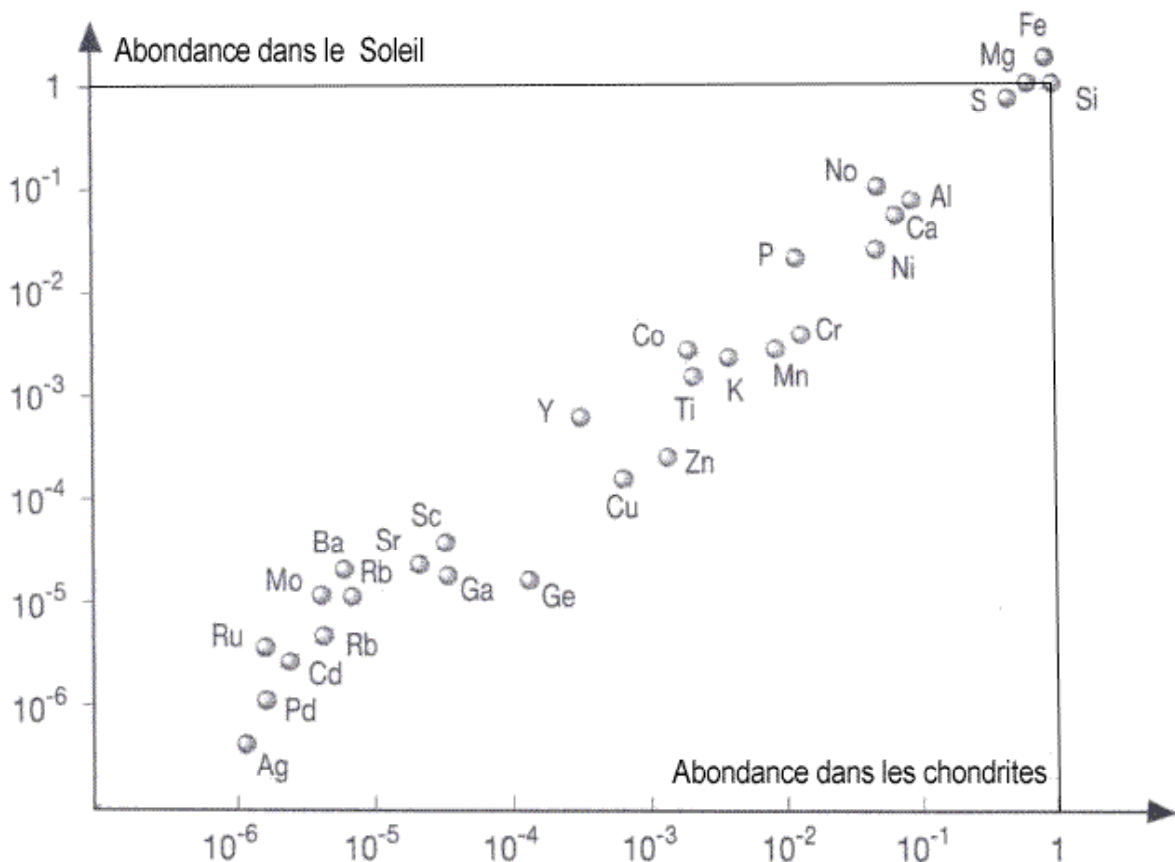
Il y a 4.567 milliards d'années (Ga), au moment où le nuage de gaz et de poussière qui va constituer le système solaire s'effondre sur lui-même, le soleil se forme au centre, un disque se constitue contenant des gaz et des poussières: la nébuleuse solaire, dans lequel les planètes vont se former. Voir document distribué (repris du cours panorama)

Certaines météorites, les chondrites sont des résidus solides de la nébuleuse solaire, qui n'ont pas subi beaucoup de modification depuis cette époque

On en reçoit sur Terre et on peut les analyser

Analyse chimique des chondrites

Document : Comparaison soleil/chondrites



On remarque que les chondrites et le soleil ont la même composition chimique (pour certains éléments) ce qui est logique vu le modèle décrit ci-dessus.

Les éléments présents ici sont ceux qui ne sont pas trop volatils

Les éléments volatils (H, He, C, N, O) sont en grande partie dans la phase gazeuse qui a disparu et s'est retrouvée pour l'essentiel dans les planètes géantes comme Jupiter.

On en déduit les principaux éléments chimiques constituant la Terre et les planètes telluriques : Mg, Si, Fe et...O (il est présent car dans la nébuleuse solaire, une partie de l'oxygène réagit avec Mg et Si pour former des solides, si la température le permet)

Note tous les éléments chimiques sont tout de même présents sur Terre mais pour beaucoup en très petites proportions

Quelle est la composition minéralogique de ces poussières qui ont formé les corps parents des chondrites et ont donc été au départ de la Terre ?

1.2. Exemple d'analyse minéralogique : minéralogie de la nébuleuse solaire

Notion de minéral en géologie

C'est un solide rencontré dans la nature caractérisé par une composition chimique précise et une structure cristalline (arrangement des atomes dans l'espace) bien précise

Notion de stabilité minérale.

Les minéraux présents sont le résultat d'une composition chimique à une température et une pression bien déterminées

Exemple de la séquence des poussières présentes aux différents endroits de la nébuleuse solaire :

Fe métal 1500 K

Forsterite Mg_2SiO_4 et enstatite $MgSiO_3$ 1400 K (NB la forsterite est une olivine et l'enstatite un pyroxène)

Olivines et pyroxènes contenant du fer : 800 K

Phyllosilicates 400 K

Glaces < 300 K

Important les phyllosilicates contiennent de l'eau structurale, sous forme de groupes OH dans les minéraux

La Terre se trouvait dans la zone à 1400 K mais elle a récupéré un peu de matériau provenant de plus loin dans la nébuleuse solaire (bombardements par des comètes ou des météorites contenant des phyllosilicates)

Quelques méthodes d'analyse des minéraux

- Diffraction des rayons X ou des électrons

Principe des franges d'interférence avec une lumière de longueur d'onde de l'ordre de l'angstrom (10^{-10} m) donc bien adaptée pour faire des interférences avec des objets dont la taille caractéristique est elle-même de l'ordre de l'angstrom. Loi de Bragg (en gros, plus les atomes du cristal sont rapprochés, plus les tâches d'interférence produites par les rayons X sont éloignées),

- Spectrométrie infra-rouge

Absorption de lumière infra-rouge par les vibrations des liaisons chimiques. Cela permet de caractériser des minéraux à distance lorsqu'ils sont éclairés par la lumière infra-rouge d'une étoile ou leur propre lumière infra-rouge qu'ils émettent parce qu'ils sont chauffés

NB en TD, on apprend à écrire une formule minérale sans erreur en équilibrant les charges (+2 pour Mg, + 4 pour Si, -2 pour O, + 3 pour Al, +1 pour Na, +2 pour Ca)

Formules à connaître : la forsterite Mg_2SiO_4 qui est une olivine ; l'enstatite $MgSiO_3$ qui est un pyroxène.

NB quand on écrit une formule, il est évident qu'il y a beaucoup d'autres éléments chimiques dans le minéral mais s'ils sont peu abondants, on ne les note pas.

1.3. Exemple d'analyse pétrologique : pétrologie des météorites

Notions de roche et de pétrologie ou pétrographie

Une roche est un assemblage de minéraux.

La science qui étudie les associations de minéraux, donc qui étudie les roches, est la pétrologie ou pétrographie

Quelques méthodes d'analyse des roches

- Microscopie optique (lames minces)

- Microscopie électronique

permet de voir des minéraux plus petits (grâce à la longueur d'onde plus courte des électrons, on peut voir des détails de quelques nanomètres voire encore moins)

permet de faire des analyses des rayons X émis en réponse au bombardement par les électrons. Ces rayons X sont caractéristiques des éléments chimiques présents dans la zone bombardée ; il est ainsi possible d'obtenir la composition chimique de cette zone bombardée et d'analyser chimiquement les différents minéraux présents dans l'image, même les plus petits. Attention : ne pas confondre cette utilisation des rayons X avec la diffraction des rayons X décrite ci-dessus

Etre capable de commenter une analyse chimique par rayons X telle que celle distribuée pendant le TD

Exemple d'étude de pétrologie : classification des météorites

Les météorites sont des roches. On les étudie et on peut ainsi reconstituer d'où elles viennent et leur histoire.

Document distribué sur la formation des météorites

Notion de corps parent d'une météorite (c'est la petite planète dont elle provient suite à une fragmentation)

Petites planètes différenciées avec un noyau et une croûte --> météorites de fer formées d'une roche à un seul minéral le fer métal ; achondrites basaltiques formées d'une roche qui s'appelle le basalte et qui correspond aux produits solidifiés après fusion partielle

Petites planètes indifférenciées (poussières de la nébuleuse solaire agglomérés et juste un peu chauffées) --> chondrites formées ou bien d'olivine+pyroxène+fer métal ou bien de phyllosilicates suivant d'où vient la petite planète dans le disque (zone chaude interne ou froide externe)