

## Méthodes géophysiques et géochimiques

### 1.3. TD

#### Introduction

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 forme : la nébuleuse solaire, dans lequel les planètes vont se former.

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

**La météorite est l'objet issu de la collision de petites planètes et tombé sur Terre.  
Le corps parent est la petite planète qui a produit la météorite lors d'une collision**

On en reçoit sur Terre et on peut les analyser

#### Analyse chimique des chondrites

Citez deux méthodes permettant de déterminer la composition chimique globale d'une chondrite.

##### - Dissolution puis

- dosages colorimétriques potentiométriques

- chromatographie

- Formation un plasma (gaz très chaude et ionisé) et émission lumineuse (ICP-AES) ou spectrométrie de masse (ICP-MS). L'ICP-MS permet aussi une analyse isotopique.

##### - Méthodes sans dissolution.

- Fluorescence X

- Microsonde électronique (le faisceau électronique permet d'analyser des zones petites de l'ordre du micron)

- Microsonde ionique. Permet aussi l'analyse isotopique

Toutes ces analyses nécessitent l'utilisation de standards.

#### Composition minéralogique des chondrites

Rappelez la notion de minéral en géologie

**Minéral : c'est un solide rencontré dans la nature et doté d'une composition chimique précise et d'une structure (arrangement des atomes dans l'espace) bien définie.**

**Exemples  $Mg_2SiO_4$  la forsterite (appartient au groupe des olivines) ;  $MgSiO_3$  l'enstatite (appartient au groupe des pyroxènes)**

**Roche: c'est une association de minéraux**

**Exemple : un granit est une roche (contenant comme principaux minéraux le quartz et l'orthose (groupe des feldspaths))**

**Filiation : Composition chimique --> minéraux s'arrangeant en roches en fonction des conditions de milieu (en géologie, le plus souvent la pression et la température).**

Donnez quelques méthodes d'analyse des minéraux

**Analyse de la composition chimique**

**- Séparation puis dissolution voir ci-dessus. Ou méthodes sans dissolution**

**Analyse de la structure d'un minéral**

**- Diffraction des rayons X. Figure d'interférence à travers un réseau de points distants de l'ordre de l'angstrom en utilisant une lumière dont la longueur d'onde est de l'ordre de l'angstrom**

**Analyse des isotopes**

**- Séparation puis Plasma et spectrométrie de masse (possible aussi sur la roche totale).**

Une chondrite, c'est une roche ou un minéral ?

**C'est une roche.**

Donnez quelques méthodes d'analyse des roches.

**Reconnaissance des minéraux dans les roches**

**- Lames minces et microscopie optique  
- microscopie électronique à balayage**

**Pétrologie et classification des météorites**

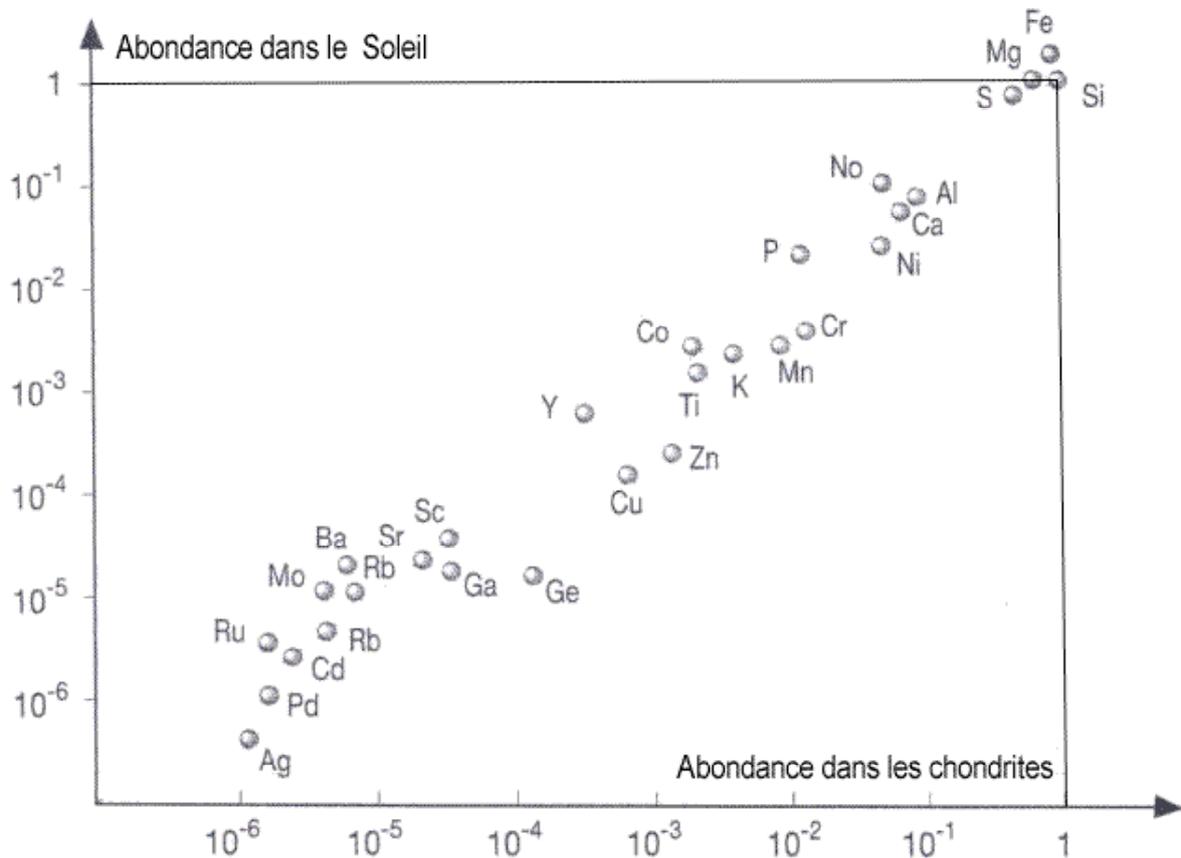
Sachant que les principaux éléments chimiques présents lors de la formation des corps parents des chondrites sont O, Mg, Si et Fe, essayez de deviner les principaux minéraux présents dans les chondrites.

**Mg, Si et O se combinent pour former des silicates de magnésium. Forsterite  $Mg_2SiO_4$  et Enstatite  $MgSiO_3$ . Fe qui a moins d'affinité pour O que Mg et Si reste seul et forme du fer métal.**

**Si la température devient suffisamment importante, le métal fond et migre vers le centre de la petite planète**

**Lors de la collision qui produira des météorites, le premier cas donnera naissance à des chondrites, le second à des météorites métalliques et des achondrites.**

Document 1 : Comparaison soleil/chondrites



Note importante : dans ce document, on n'a pas fait figurer l'élément O qui est au niveau de Mg et Si pour ce qui concerne les chondrites, mais beaucoup plus abondant dans le soleil.

Comment peut on mesurer la composition chimique du soleil ?

**En analysant la lumière en provenance de la surface du soleil (même principe que l'émission lumineuse par les ions d'un plasma chaud, voir ci-dessus ICP-AES)**

Commentez ce document.

**Les chondrites et le soleil ont la même composition chimique, du moins pour les éléments pas trop volatils. C, H, O sont volatils et concentrés dans les phases gazeuses**

Qu'en déduisez vous pour la composition globale de la Terre ?

**C'est la composition chimique des chondrites.**

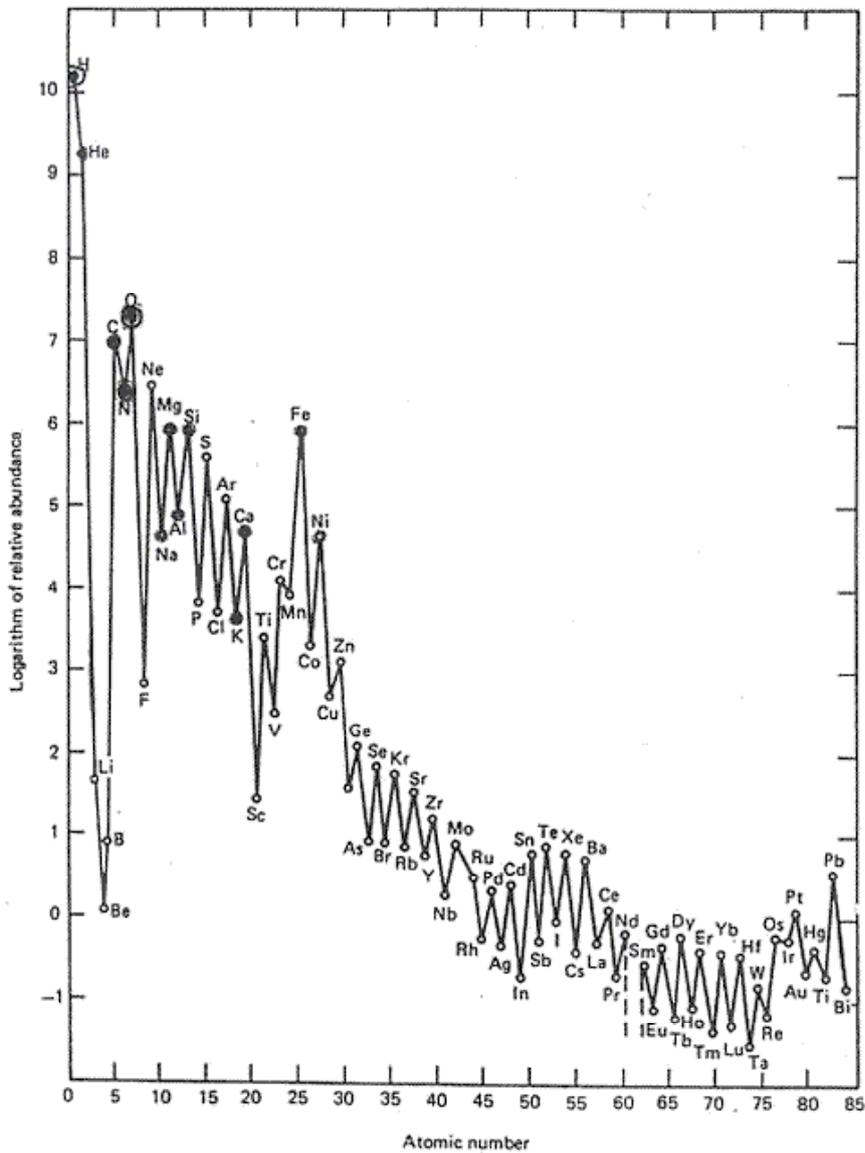
Qu'en déduisez vous pour la structure de la Terre ?

**C'est celle d'une planète différenciée avec un noyau métallique (fer) au centre et un manteau de silicates de magnésium (forsterite et enstatite) autour.**

Document 2 : courbe d'abondances cosmiques

**Sujet non traité en 2008**

SOURCE : Site Planète Terre, ENS Lyon. [www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/](http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/)



Décrire la courbe.

Comment peut on l'obtenir ?

Mettez la en rapport avec la composition chimique du soleil, des chondrites

Expliquez ses principales caractéristiques

## Commentaires sur la courbe d'abondance cosmique

1. H et He sont largement dominants
2. Les autres éléments chimiques sont peu abondants, et ce d'autant moins qu'ils sont plus lourds

Ces deux aspects se comprennent bien si l'on sait que tous les éléments chimiques plus lourds que He sont fabriqués dans les étoiles, que plus un élément est lourd plus l'étoile qui le fabrique a besoin d'être grosse et qu'il y a peu de grosses étoiles et beaucoup de petites

## Courbe de stabilité des noyaux atomiques

Cette courbe explique des pics d'abondance (comme celui du fer) et l'alternance d'abondances entre noyaux à Z pair et à Z impairs.

Cette courbe permet de comprendre le phénomène de fusion nucléaire qui, lors de la synthèse des noyaux, libère de l'énergie qui rend les étoiles lumineuses.

## Lien avec le système solaire

Notre système solaire a cette composition chimique moyenne. Les éléments lourds sont déjà présents dans le Soleil et dans les planètes car plusieurs générations d'étoiles ont fonctionné auparavant et injecté les éléments synthétisés dans l'espace. En effet, le soleil a 4.5 milliards d'années alors que l'Univers a 13 milliards d'années. Le soleil lui-même est une petite étoile qui à cette période de sa vie ne fait que la transformation (fusion nucléaire) de H en He.