

# Pourquoi étudier les météorites?



**B. Zanda**

*Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie*  
**Muséum national d'Histoire naturelle**



**Sonder l'espace,  
sonder le temps!**

- L'arrivée des météorites sur la Terre
- L'origine des météorites
- Ce que nous apprennent les météorites
  - primitives
  - évoluées
- Rechercher les météorites



# I. Une arrivée fracassante

2013/02/15 09:26:24





**Des pierres qui se sont « frottées » à l'atmosphère terrestre!**



*Trainée de poussières et de condensation du météore de Chelyabinsk*



*Destruction provoquée par le bolide de Chelyabinsk*



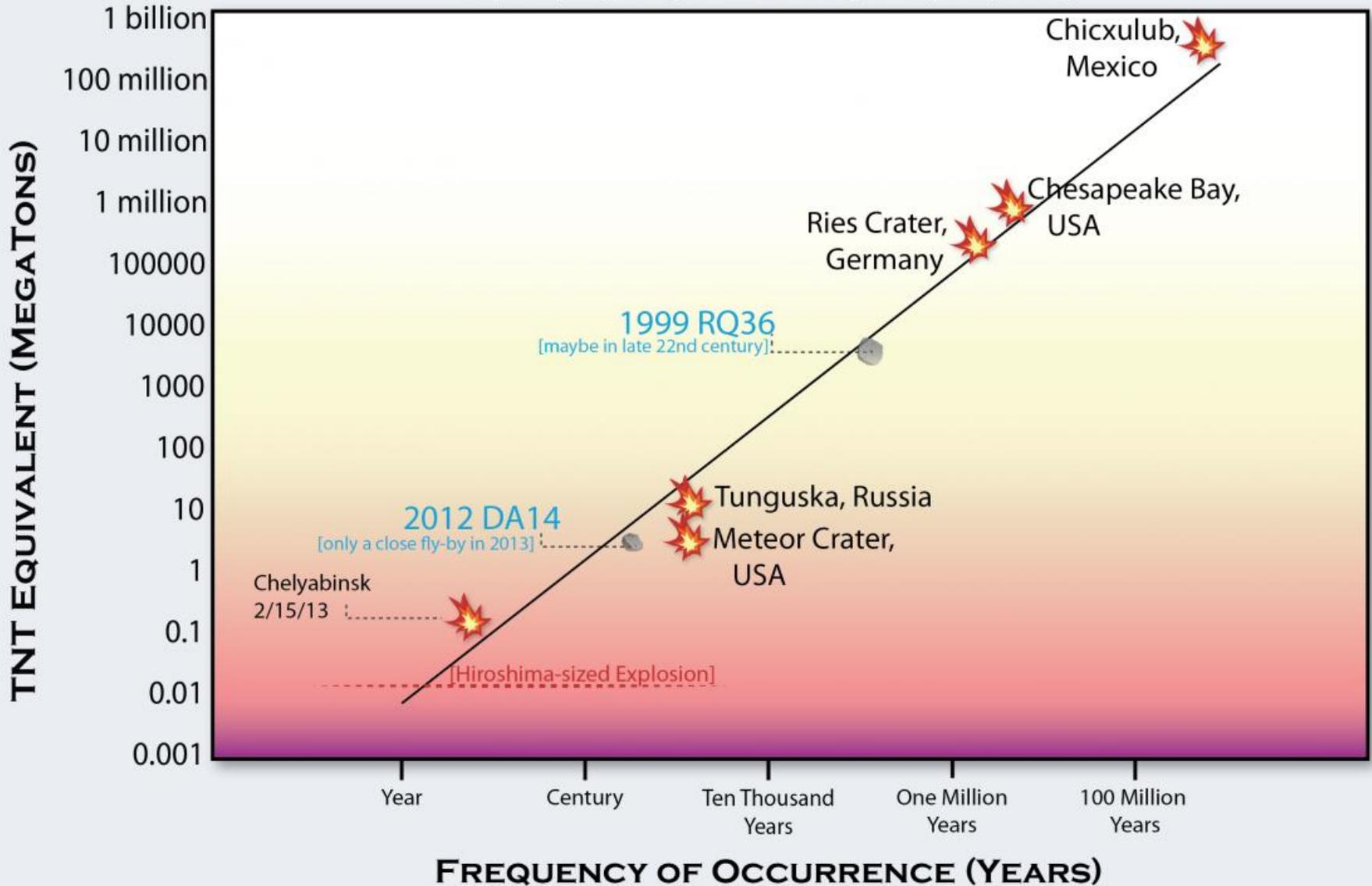
*Destruction provoquée par le bolide de Chelyabinsk*





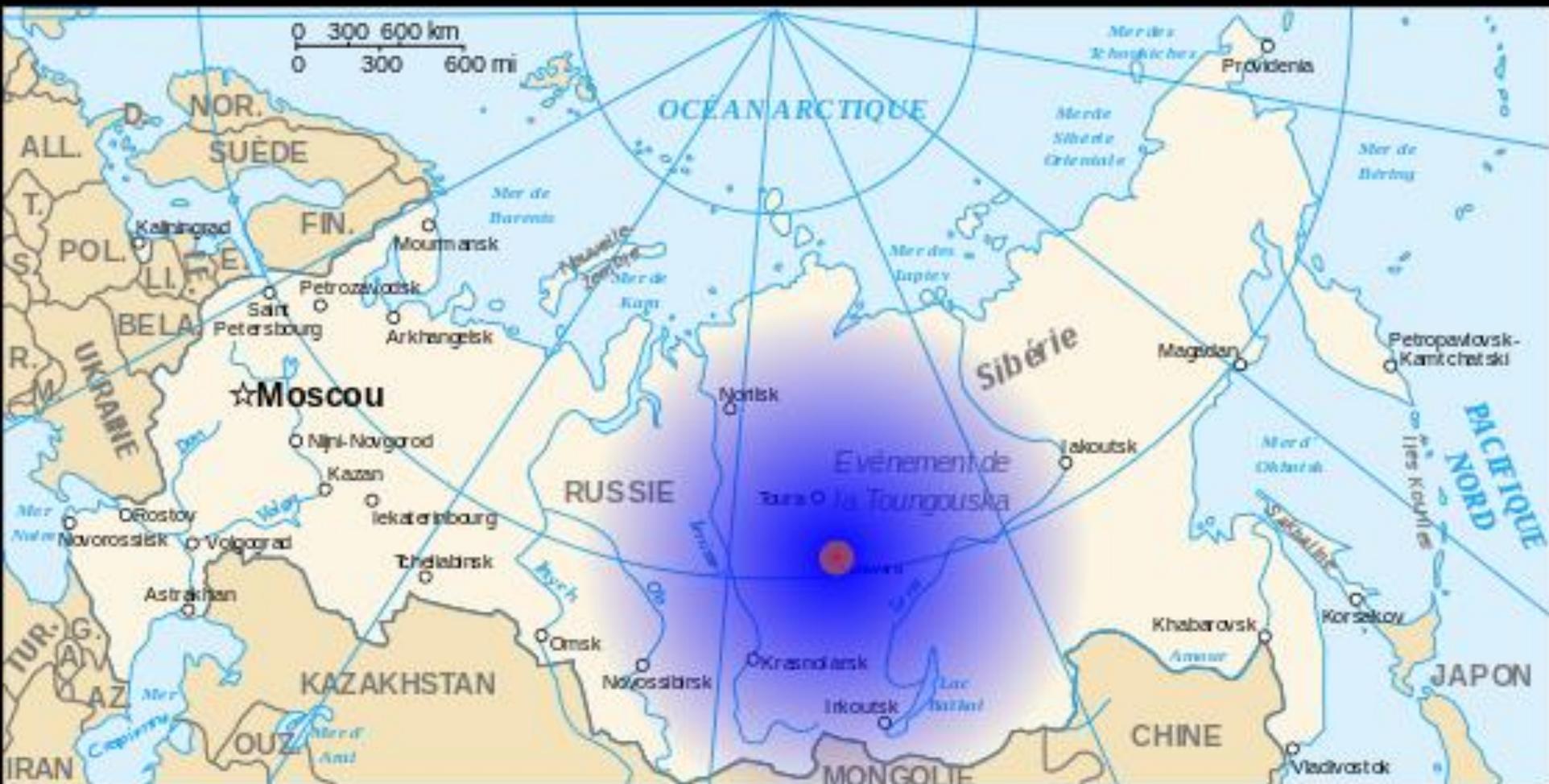
# ROCKS FROM SPACE

## ENERGY OF IMPACT EVENTS



**Tunguska, mai 1929 – 21 ans après l'événement...**





### Situation et hypocentre de l'évènement de la Toungouska.

Rouge : forêt détruite ( $r = 20 \text{ km}$ ) ; orange : forts dégâts ( $r = 100 \text{ km}$ ) ; dégradé bleu : bruit de l'explosion ( $r = 1\,500 \text{ km}$ ).

# Les impacts:

An aerial photograph of the Barringer Crater in Arizona. The crater is a large, circular impact crater with a dark, shadowed interior and a lighter, eroded rim. The surrounding landscape is a flat, arid plain with some smaller, shallow depressions and a winding road or path in the foreground.

Des témoins de la construction  
du Système solaire

*Barringer crater, photo A. Carion*



*Cratère de Vredefort, Afrique du Sud, Photo Pierre Thomas*



*Météorite de Saint-Mesmin, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*



*Vue d'artiste W. K. Hartmann*

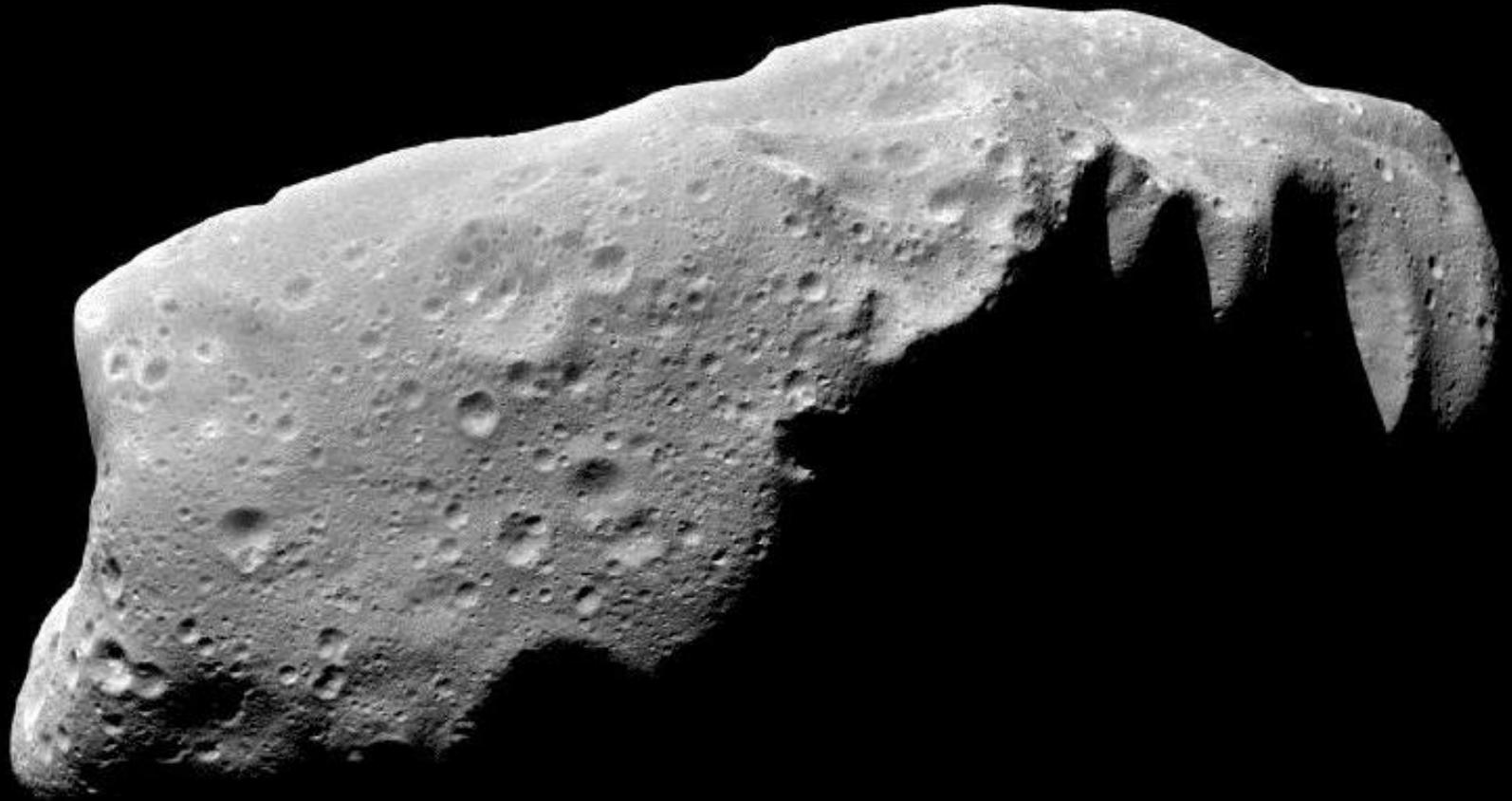
# Lune

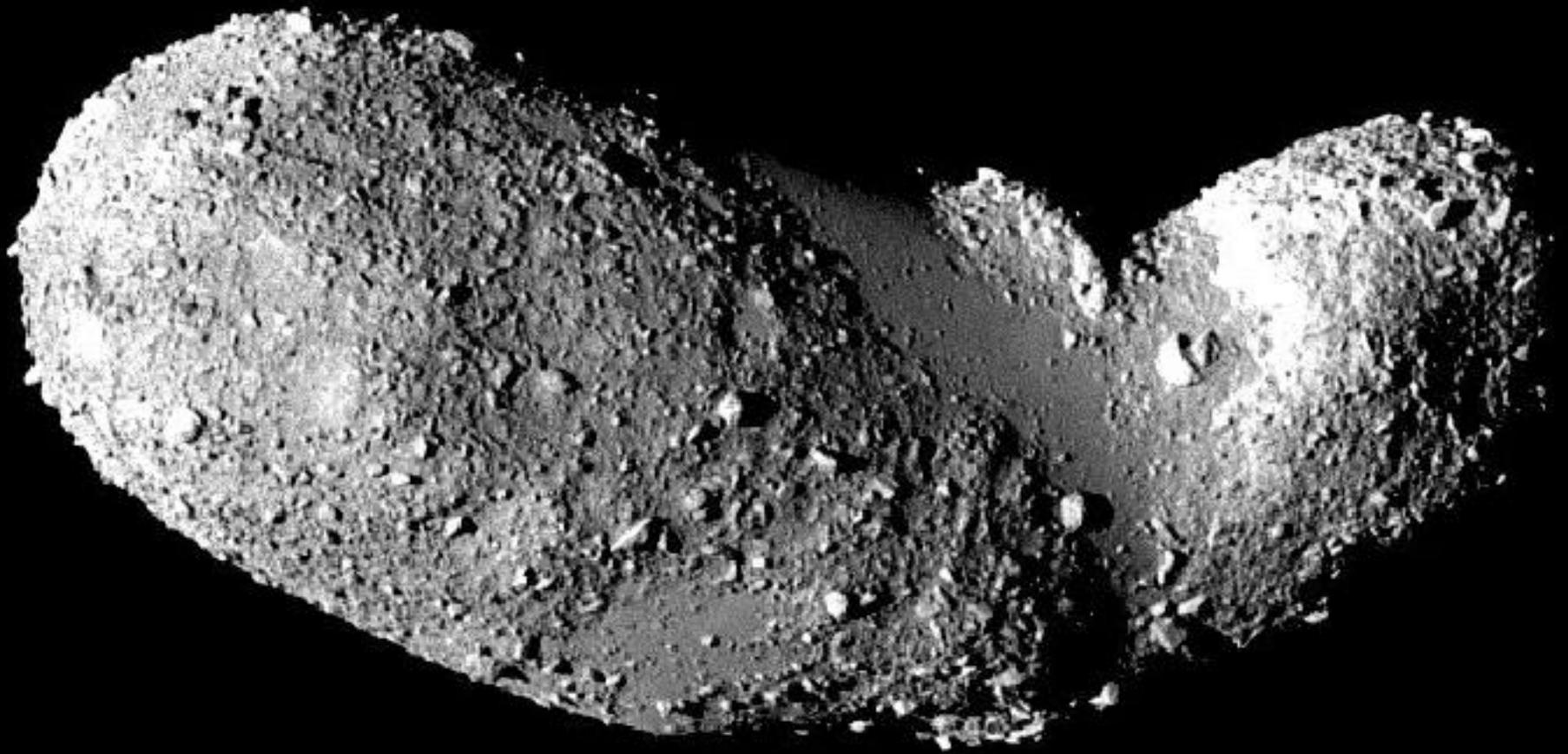


météorite  
lunaire

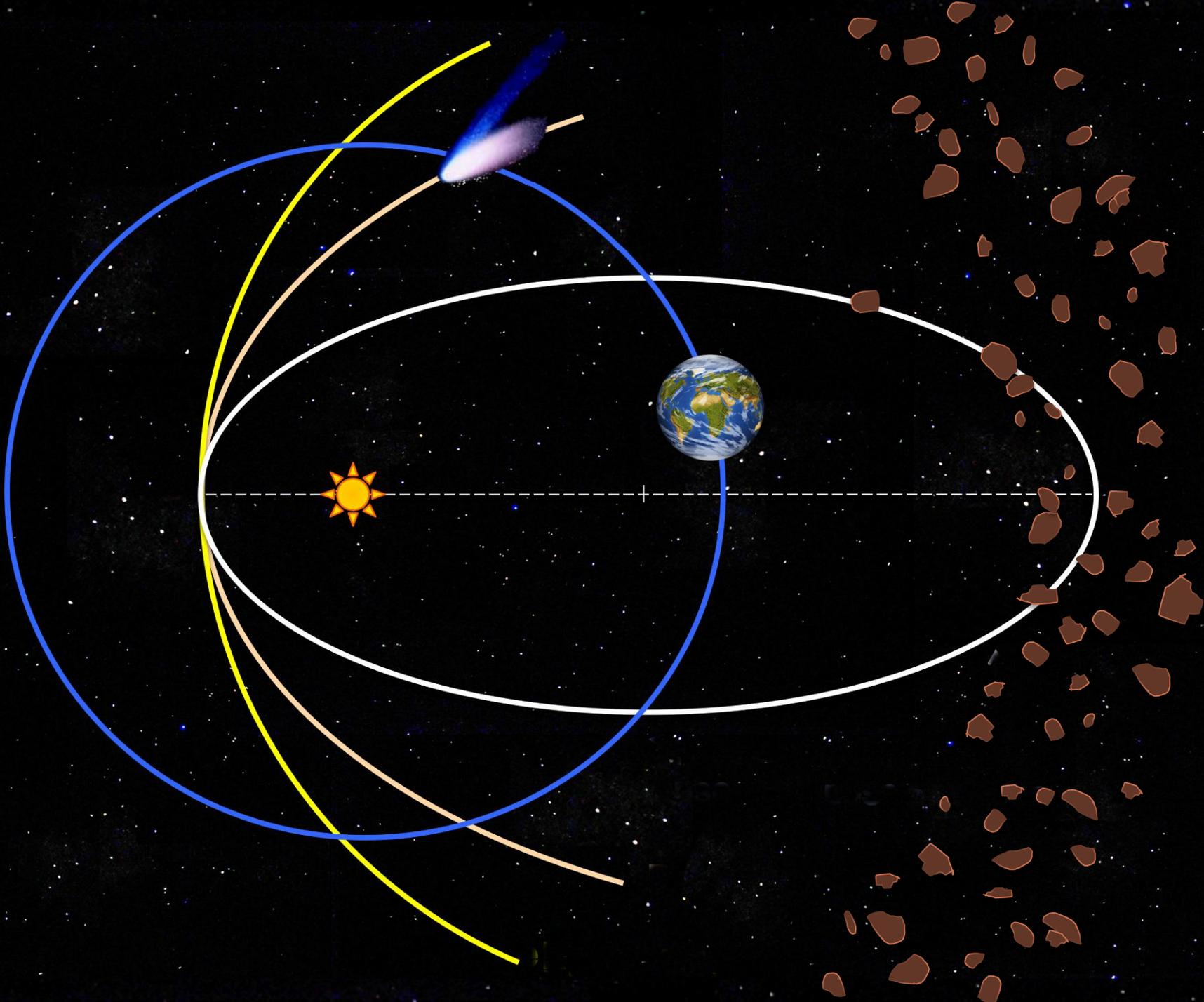


## II. Des fragments de « planètes »





*Astéroïde Itokawa, © JAXA*

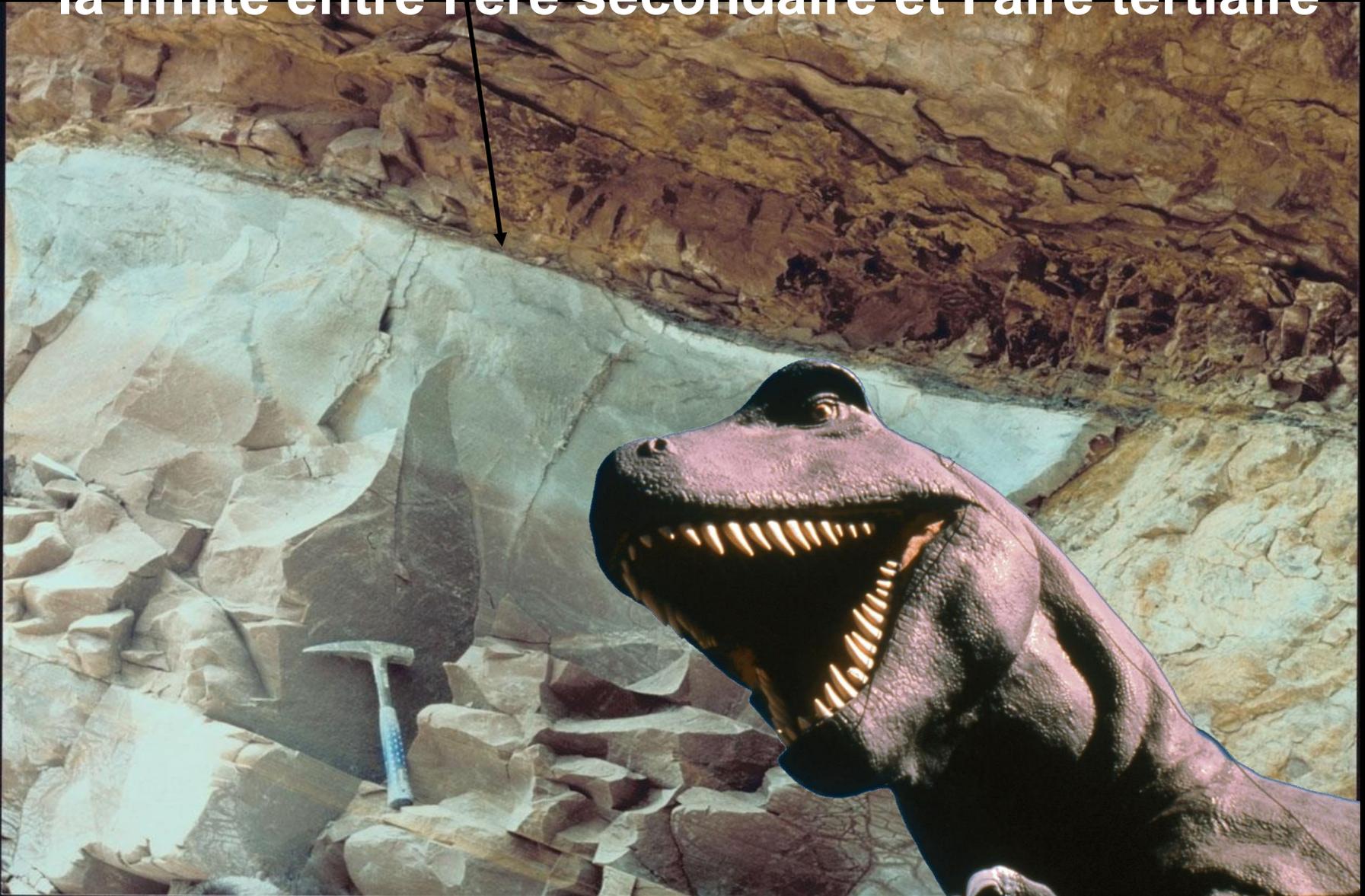


# Formation de la Lune par un "impact géant"



*Peinture W. K. Hartmann*

**Il y a 65 millions d'années:  
la limite entre l'ère secondaire et l'aire tertiaire**



# Lune

Terrains  
anciens

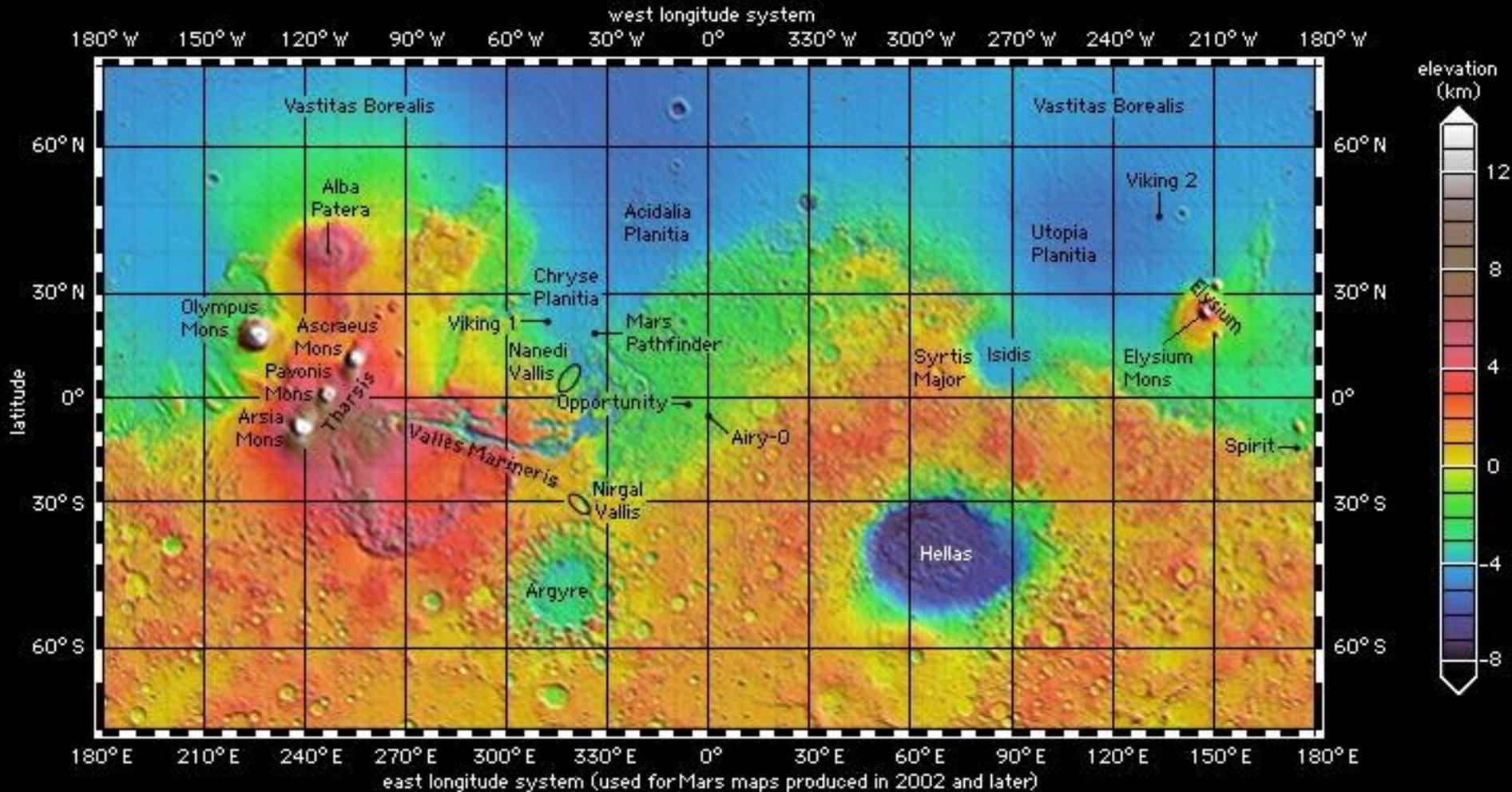


Terrains  
jeunes



# Mars

## Terrains jeunes



Source: Mars Orbital Laser Altimeter (MOLA) Science Team

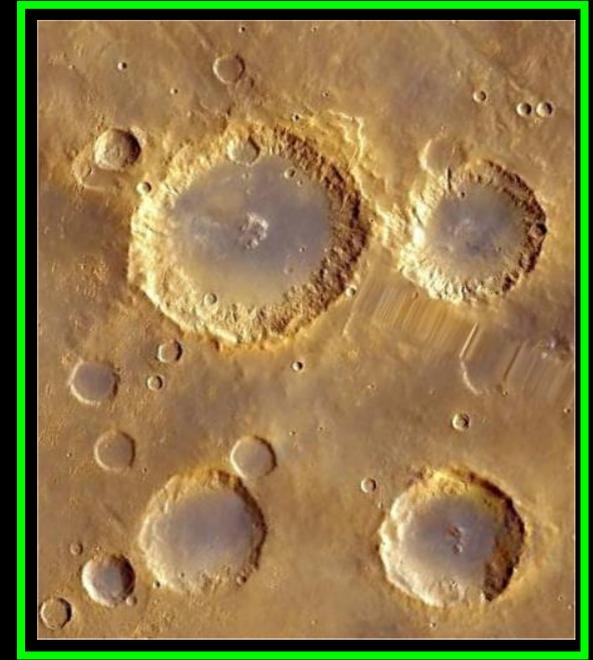
© 2004 Encyclopædia Britannica, Inc.

## Terrains anciens

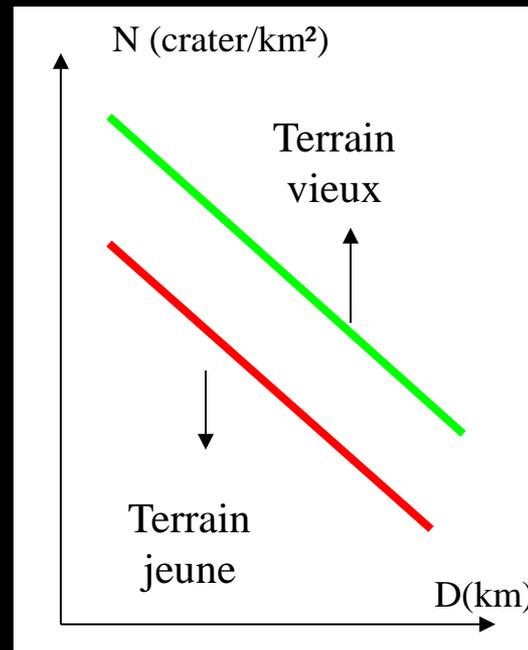
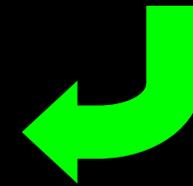
# Reconstituer l'histoire des impacts dans le Système solaire



10 km



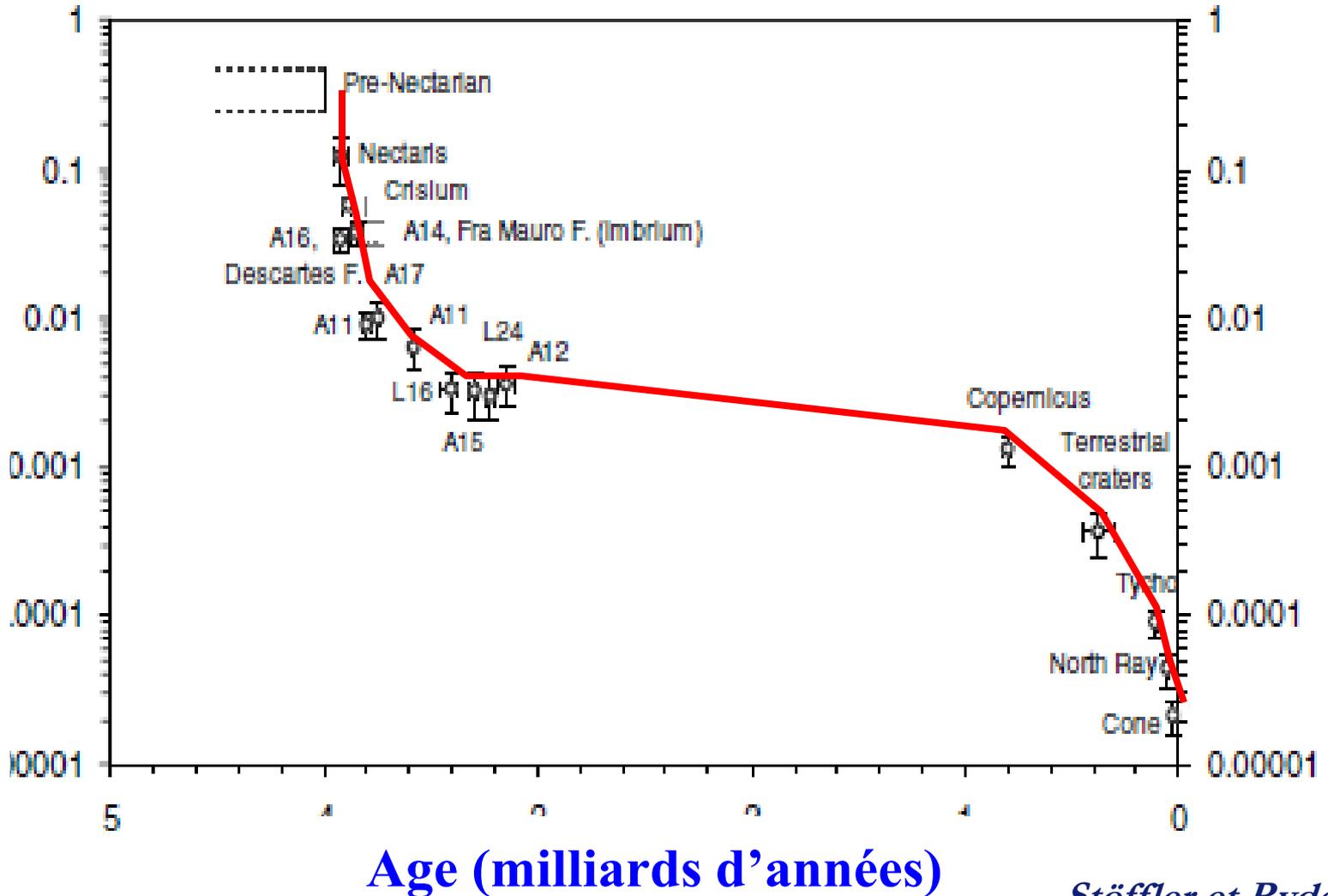
10 km



*Montage S. Bouley*

# Reconstituer l'histoire des bombardements et de la construction du Système solaire

Nombre de cratères par km<sup>2</sup> dont le diamètre est >1km



Stöffler et Ryder,  
2001

Relation âge-densité de cratères

# III. Des objets



**d'investigation scientifique**

# Le disque protoplanétaire, il y a 4,57 milliards d'années

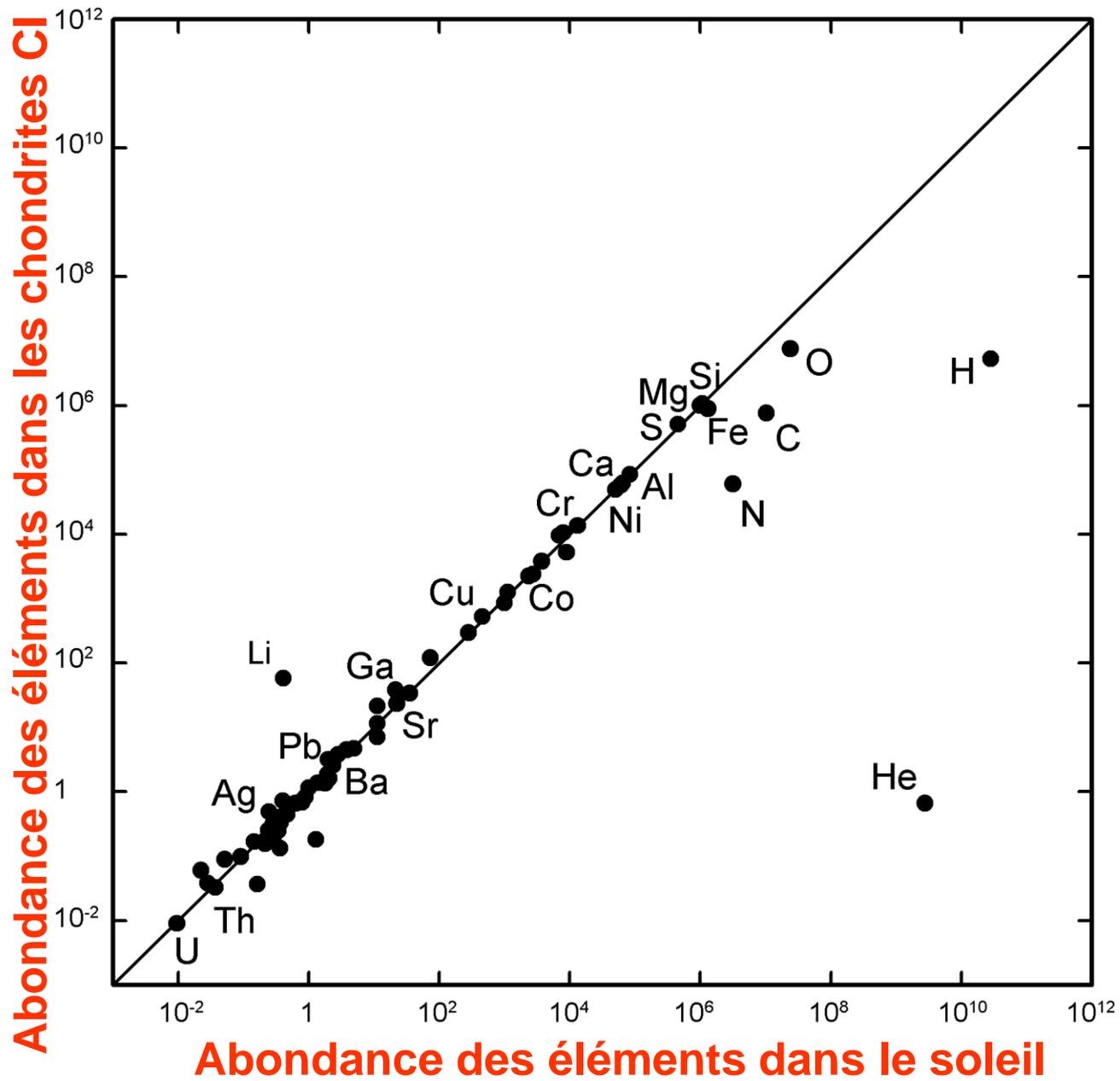
H et He formés dans le big bang

Autres éléments chimiques composant gaz et grains formés dans des étoiles disparues avant la formation du Soleil

Grains condensés au voisinage de ces étoiles ou dans le milieu interstellaire



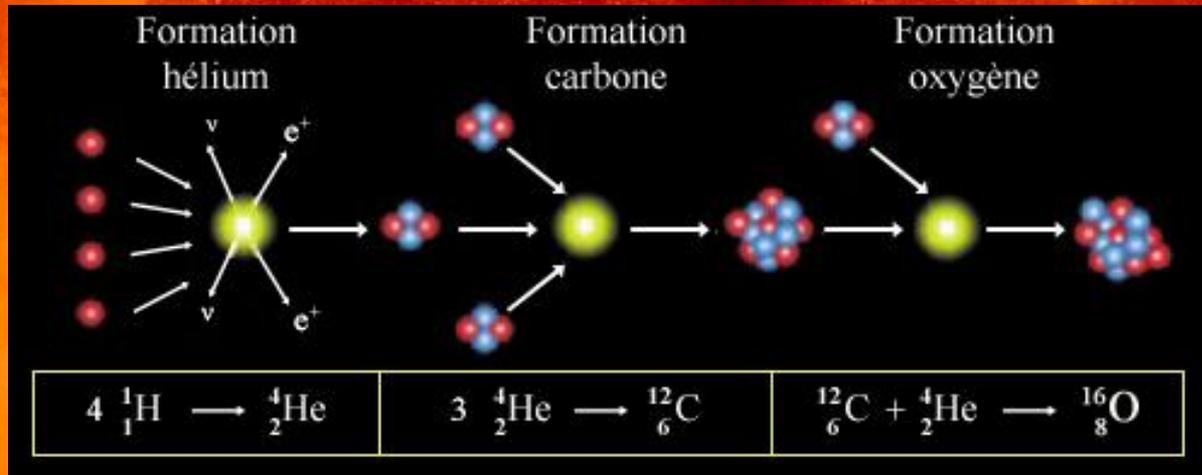
*Météorite d'Orgueil, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*



abondance par rapport au silicium (=  $10^6$ )



# La découverte de la nucléosynthèse dans les étoiles a valu le prix Nobel à W. Fowler en 1983!

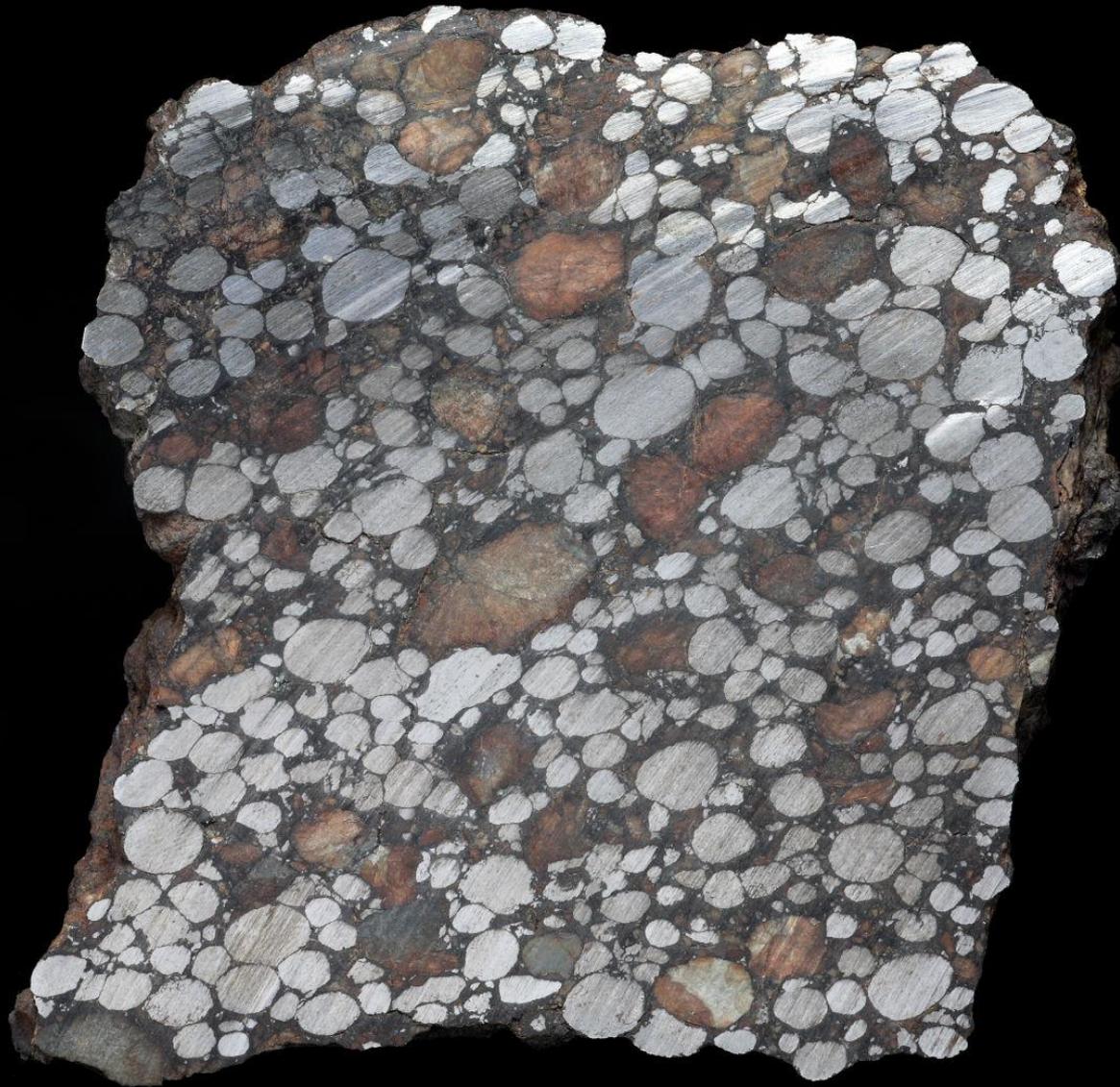




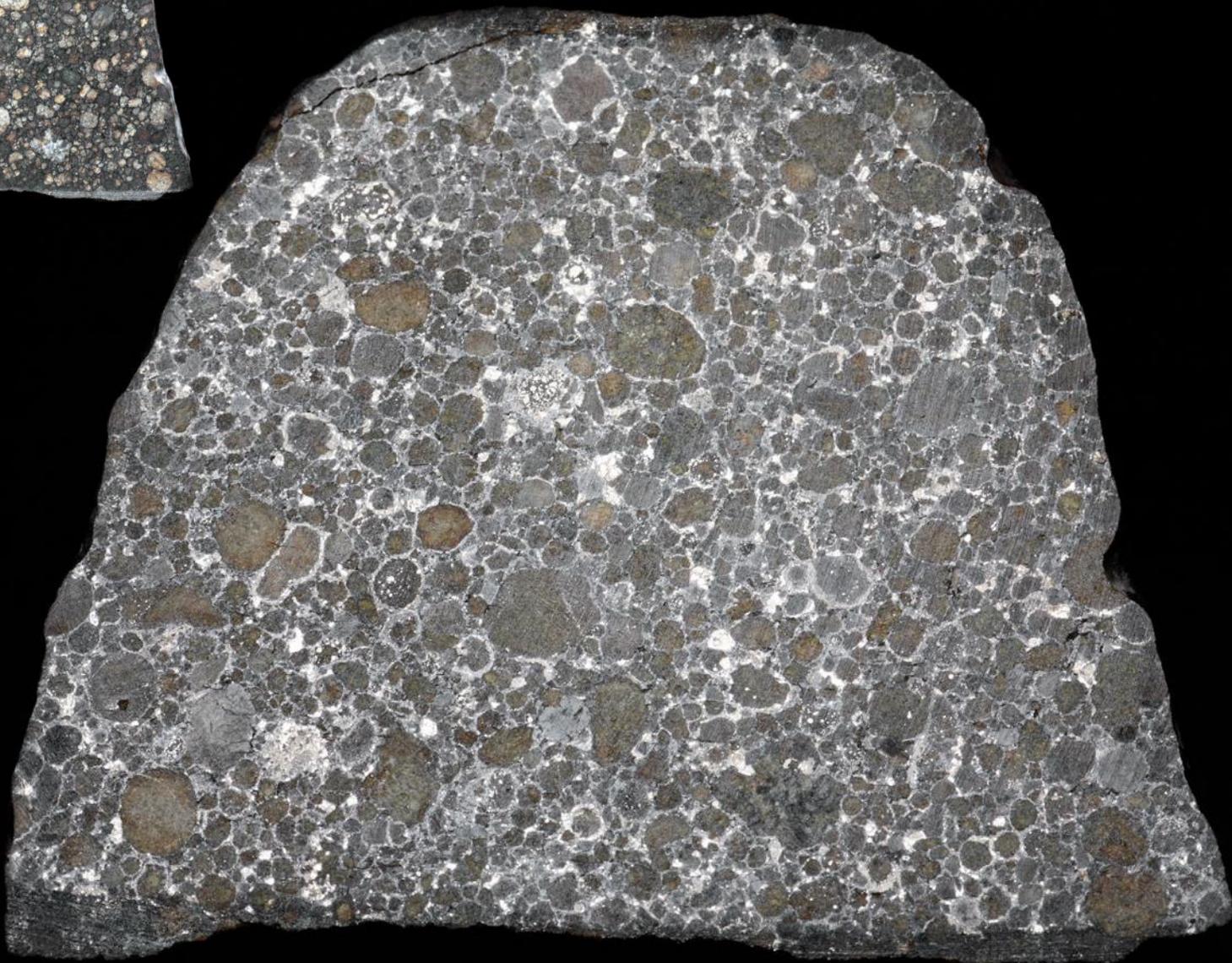
*Météorite d'Hedjaz, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*



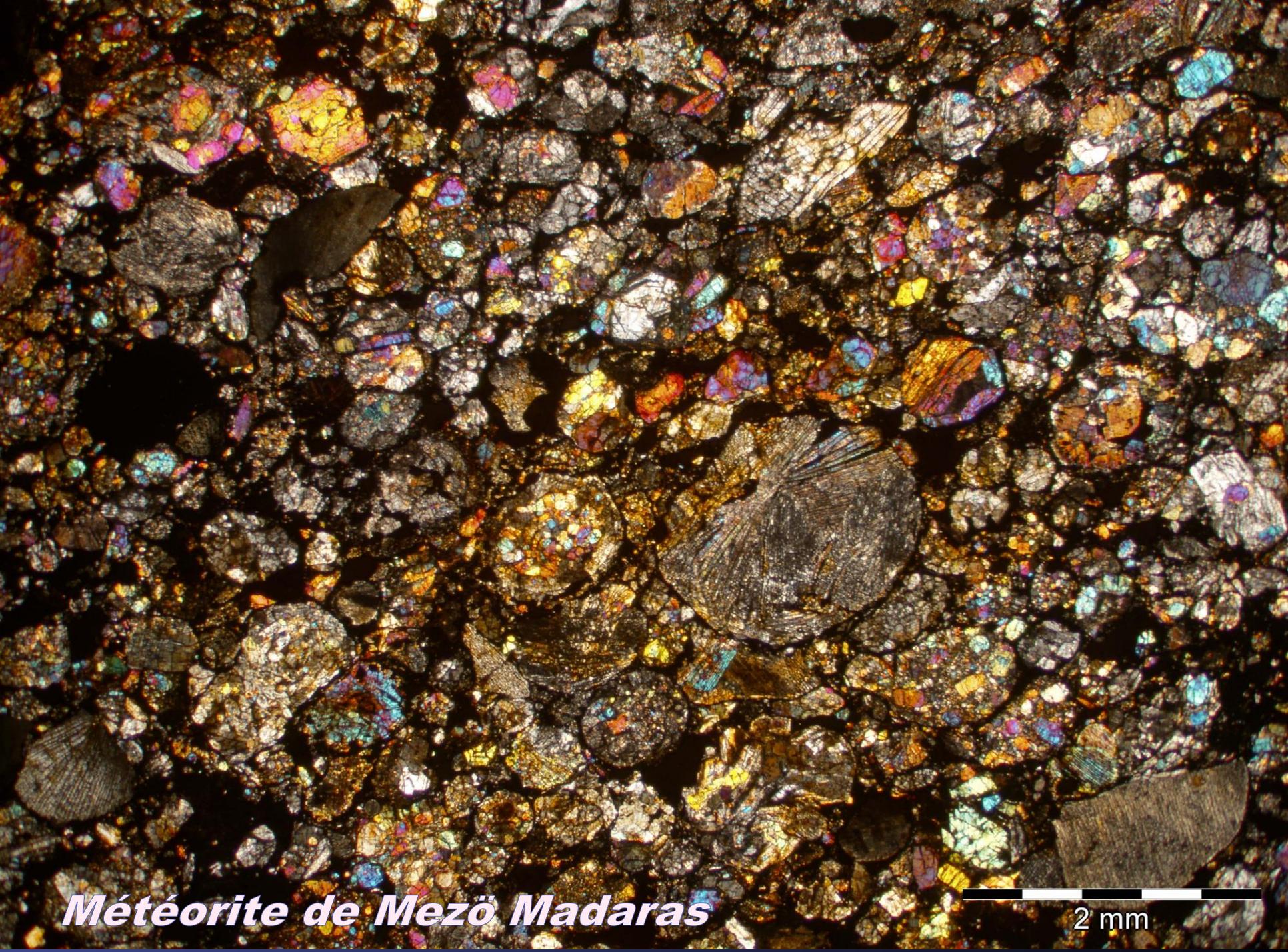
*Météorite de Kernouvé, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*



*Météorite de Gujba, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*

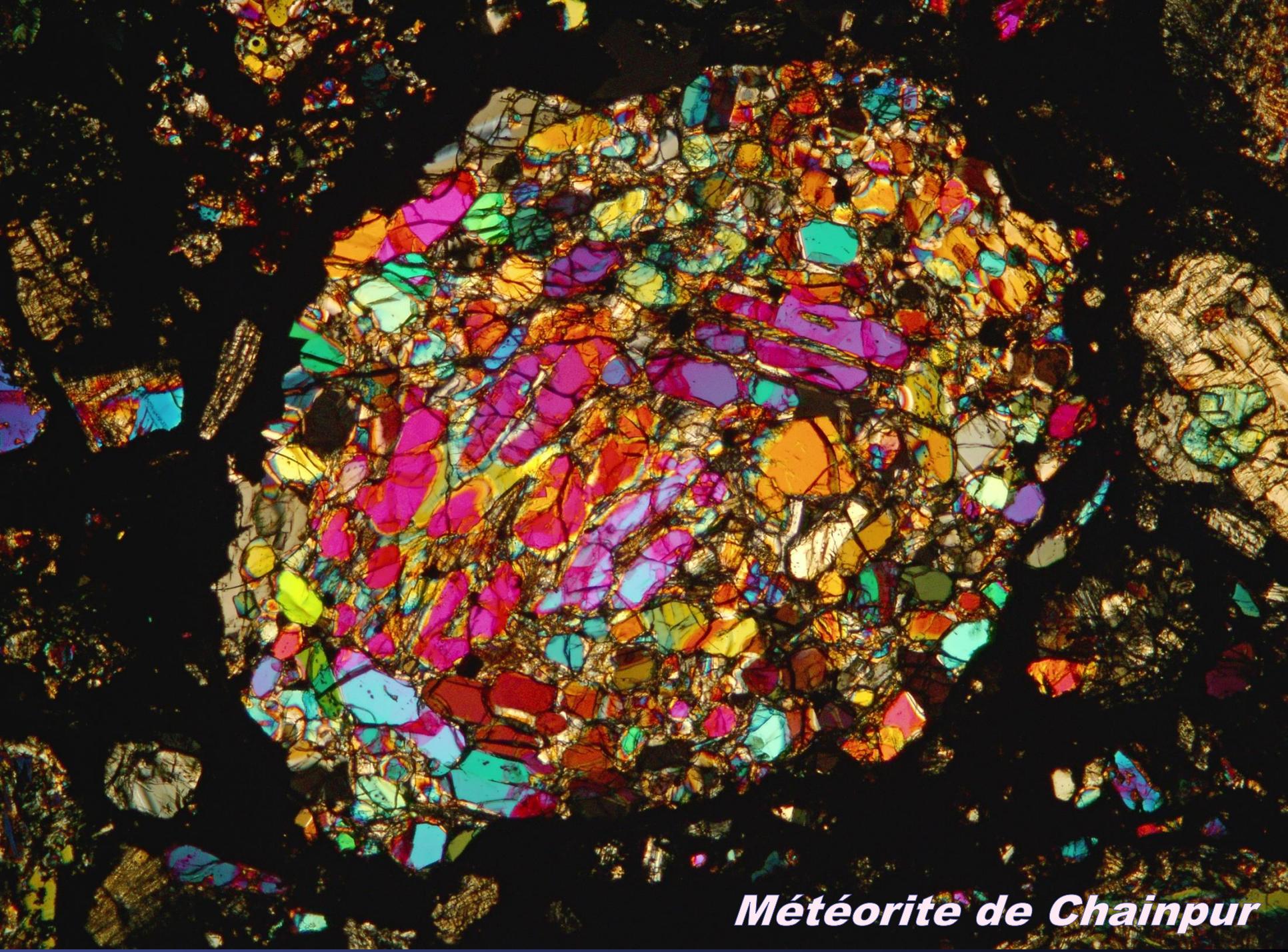


*Météorite d'Adam Talha, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*



***Météorite de Mezö Madaras***

2 mm



***Météorite de Chainpur***



100  $\mu\text{m}$

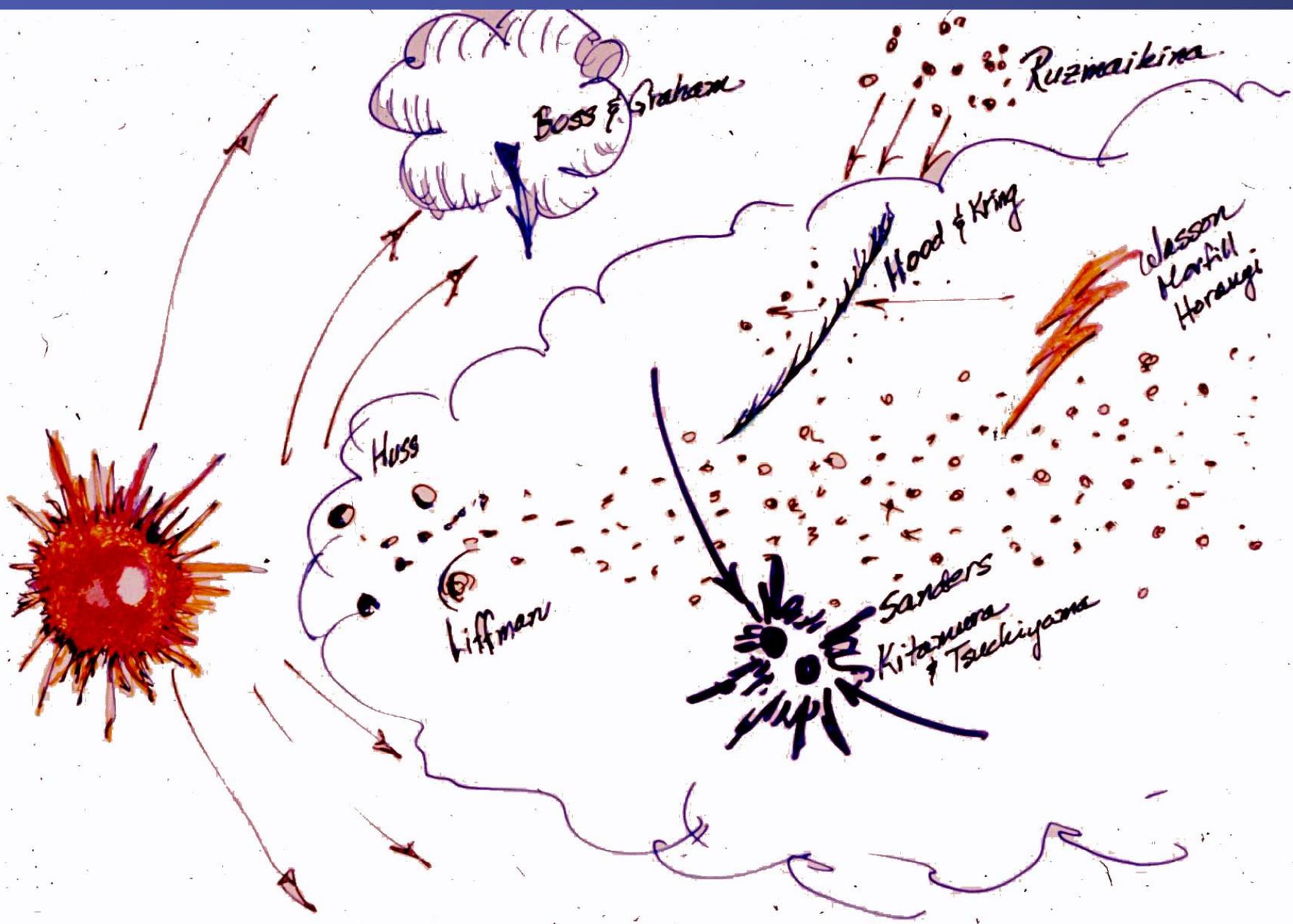
*Météorite de Chainpur*

Tu v-v-vois, mon vieux whisky, toi t-t-tu  
t'es transformé en b-b-boule, mais moi  
je suis d-d-d-devenu un joli petit z-oiseau!...  
Tchip!... Tchip!... Tchip!...

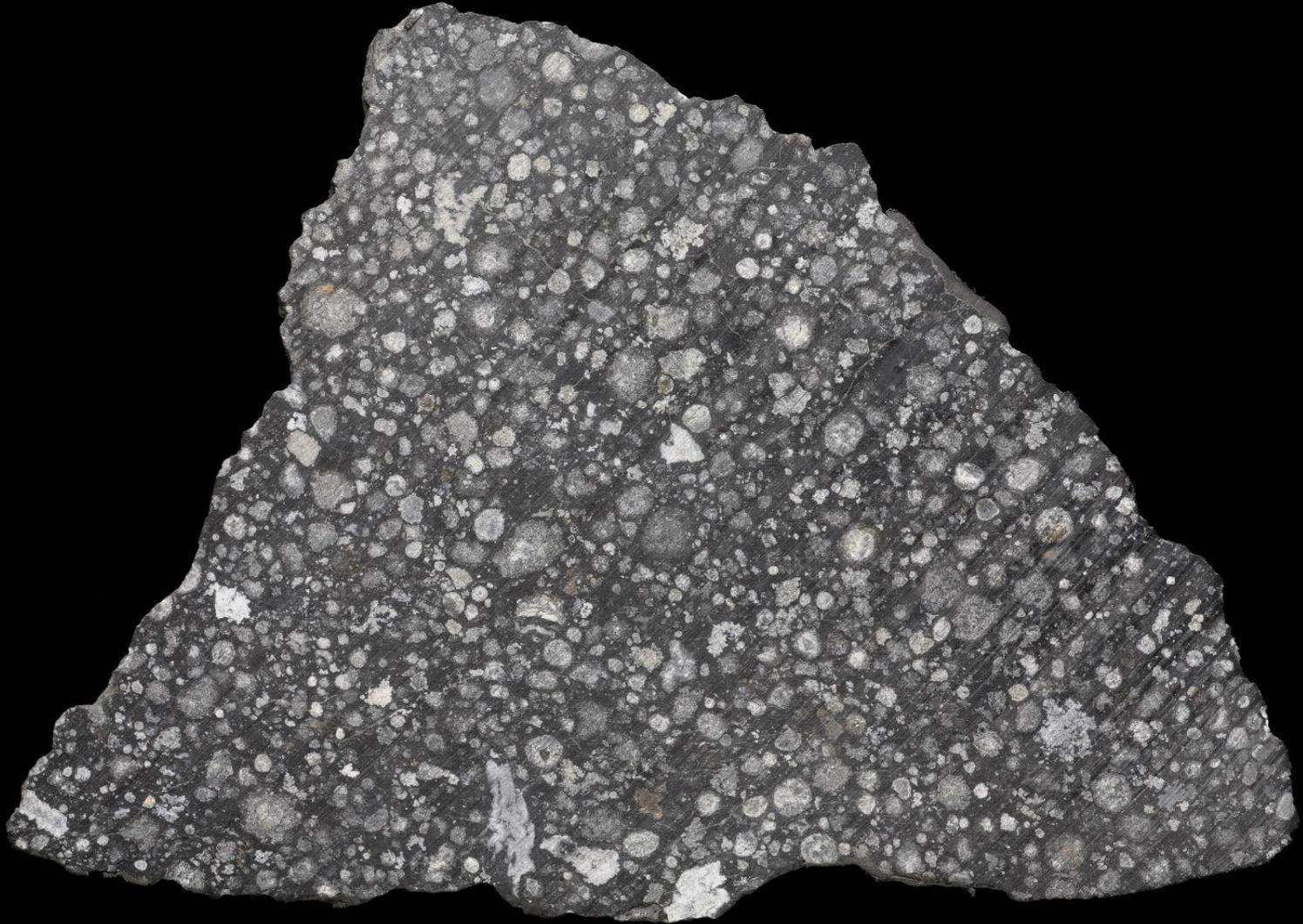


Tintin! Tintin!...  
Où es-tu?...





**Le Système solaire s'est formé  
il y a 4,567 milliards d'années!**



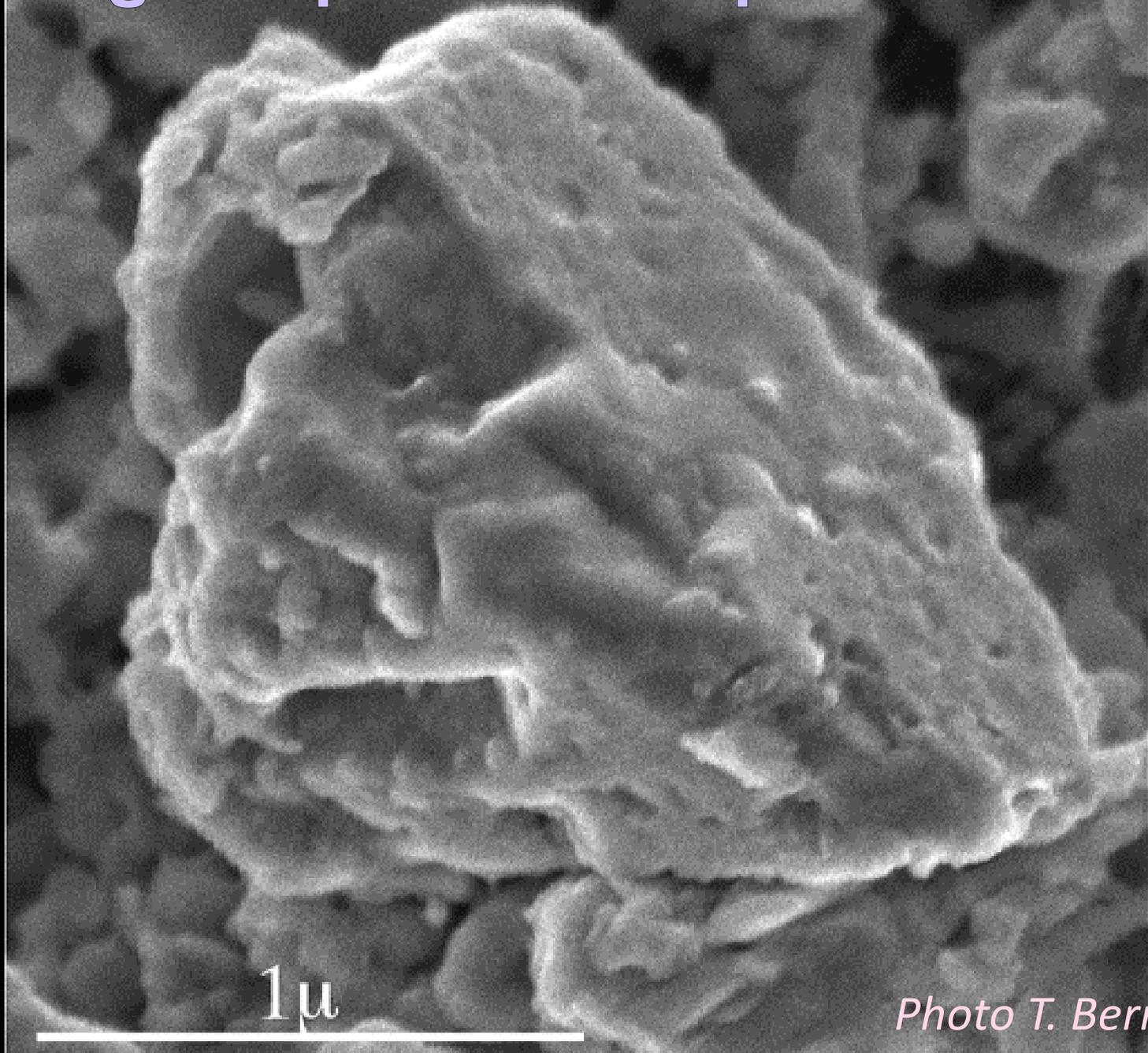
*Météorite de Bali, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*

**Dans la matrice fine des  
chondrites carbonées sont  
préservés des éléments plus  
anciens que le Soleil**



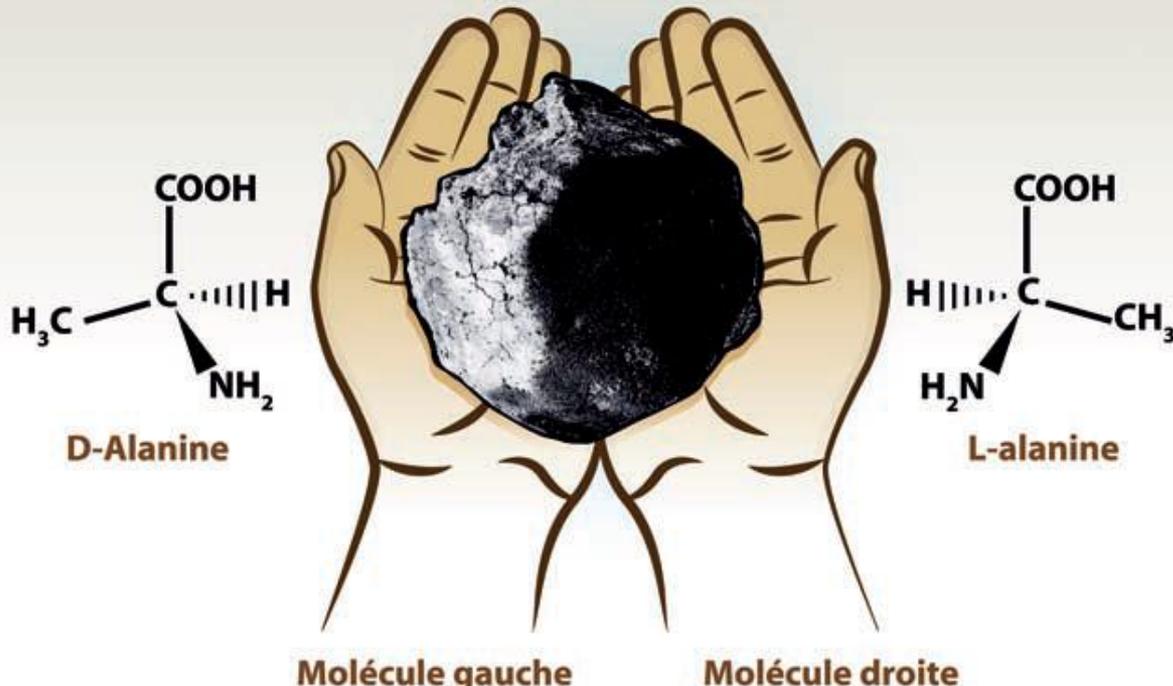
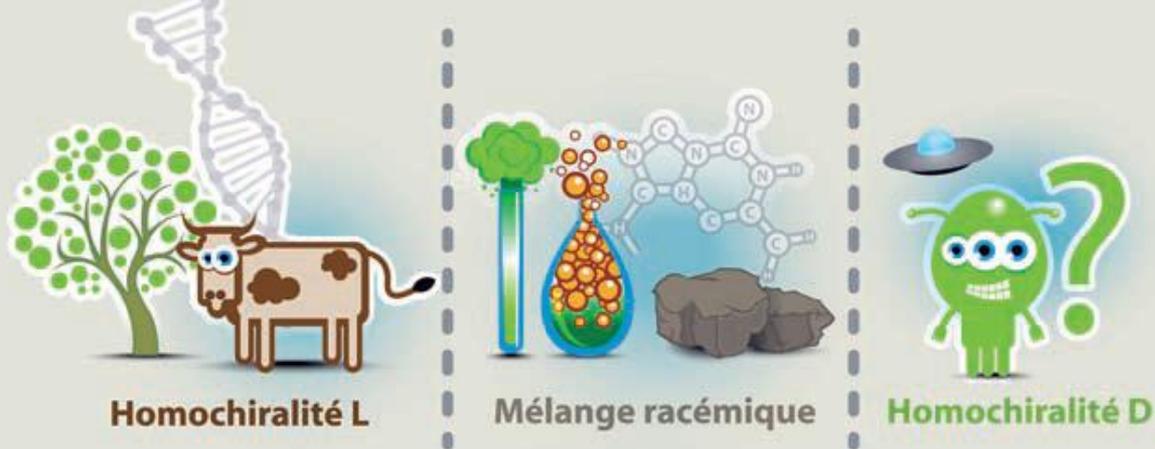
*Météorite de Banten, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*

Un grain plus vieux que le soleil!

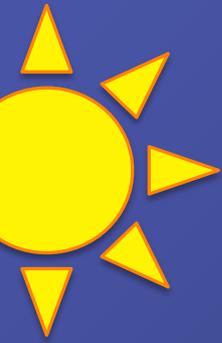


1μ

*Photo T. Bernatowicz*



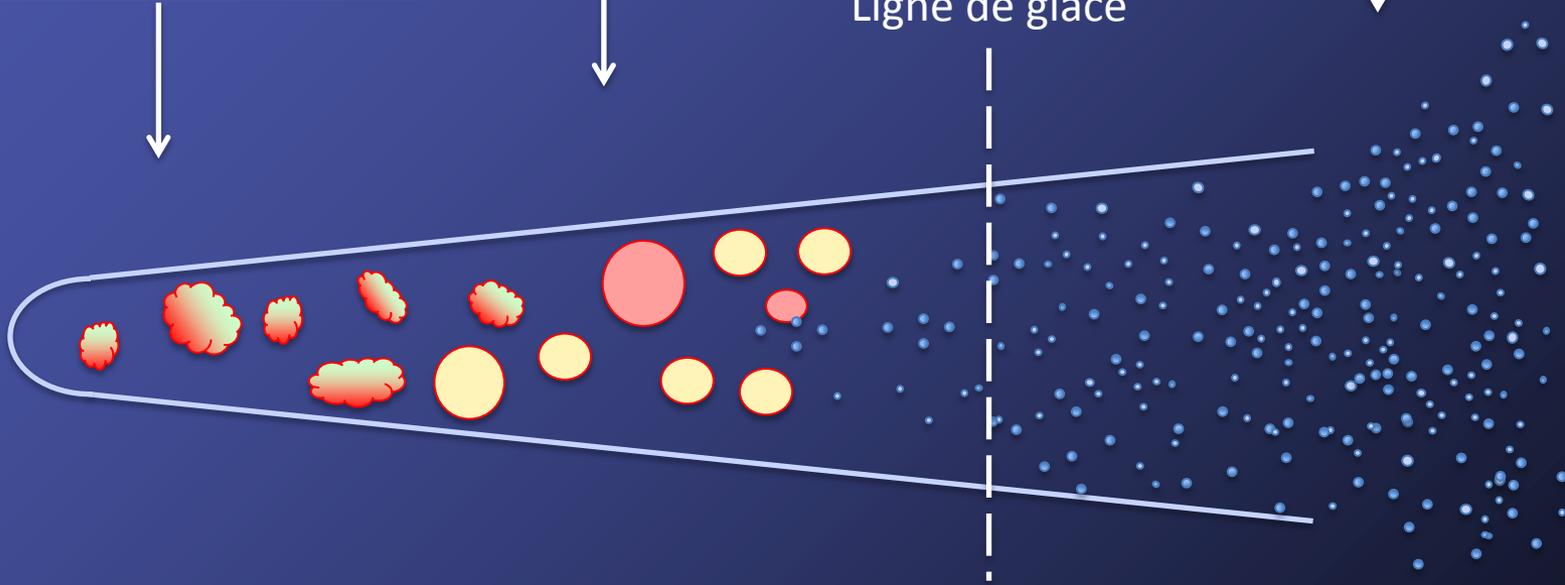
**La matière organique des météorites n'est pas d'origine biologique... mais elle pourrait avoir contribué à l'origine de la vie sur Terre!**



Premiers condensats  
(*datation du Système solaire*)

Chondres

*Hère be dragons*



Région  
entièrement  
vaporisée

Région  
intermédiaire

Matériaux  
interstellaires  
préservés



**Les chondrites  
nous renseignent  
sur la genèse du  
Système solaire**



**Saint-Sauveur, 10 juillet 1914... un échantillon  
du matériau ayant servi à former la Terre?**



*Météorite de Youndegin, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*



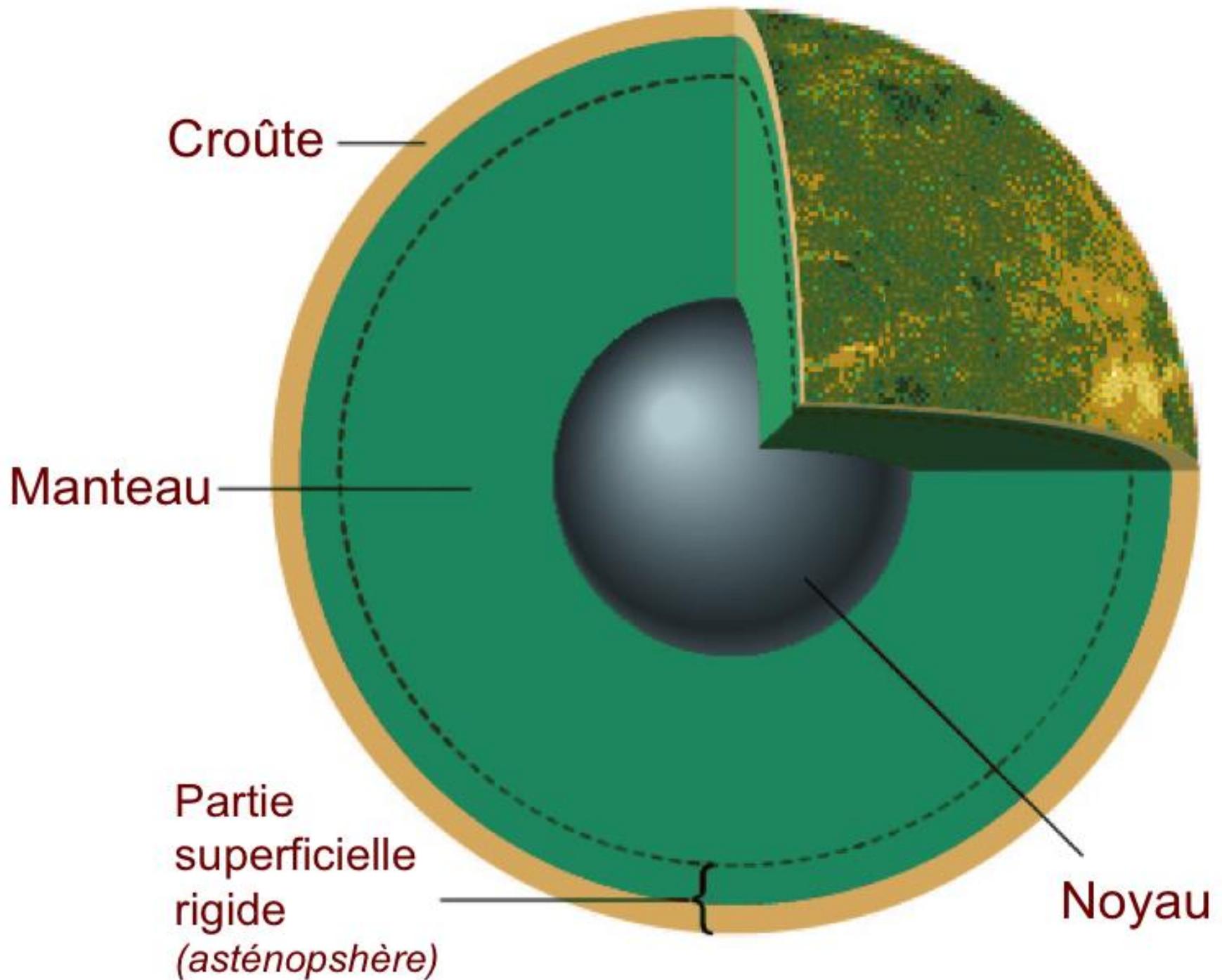
*Météorite de Boriskino, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*



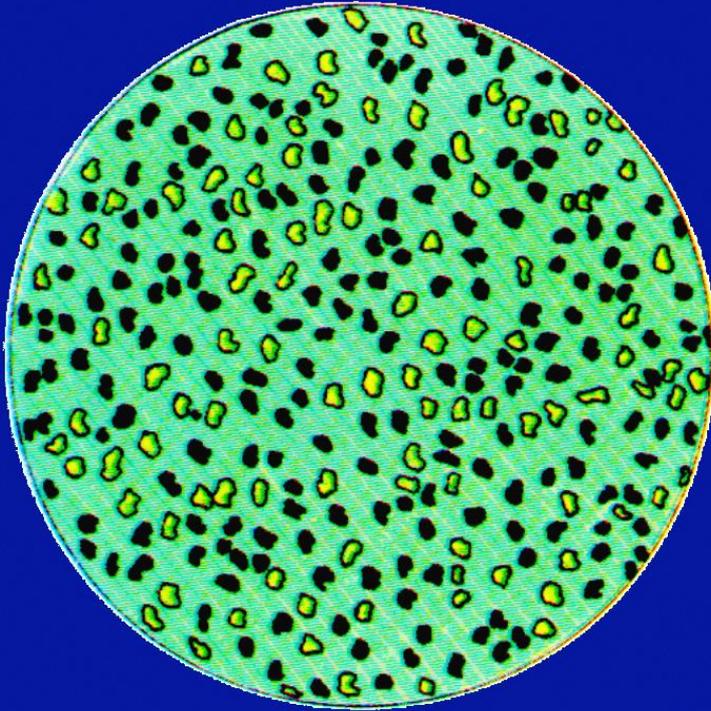
*Météorite de Portales Valley, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*

L'intérieur de la Terre est chaud

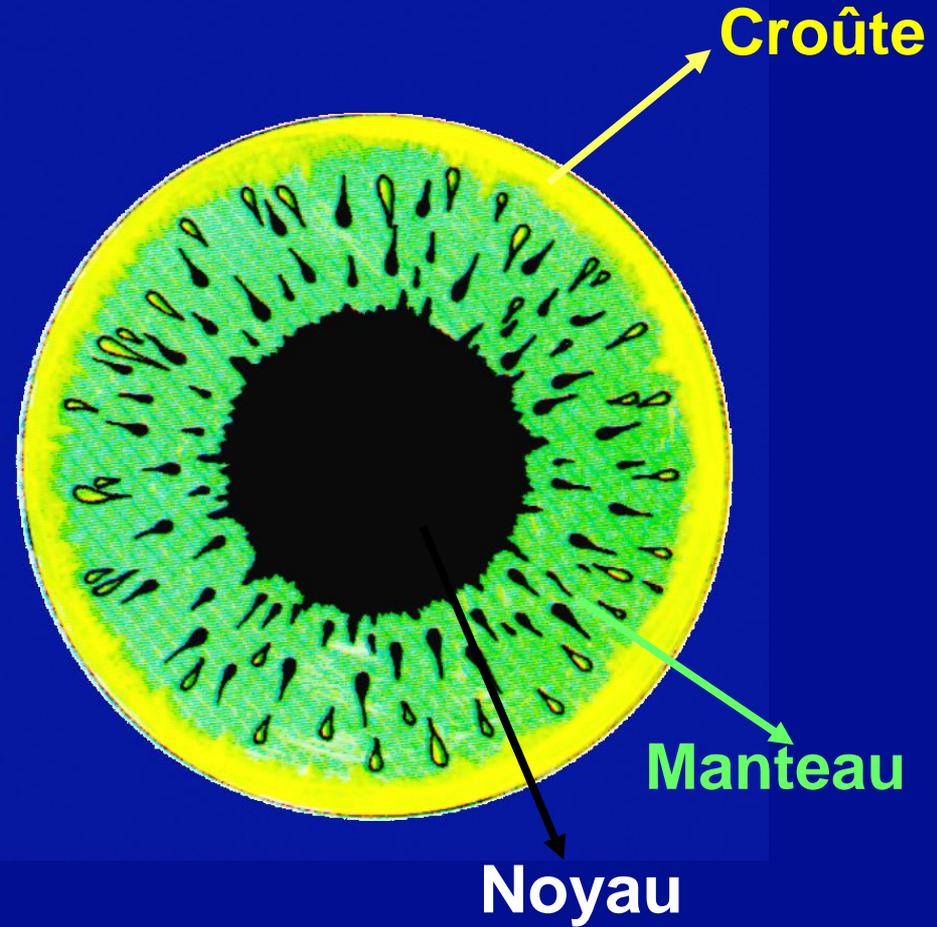




# Corps primitif



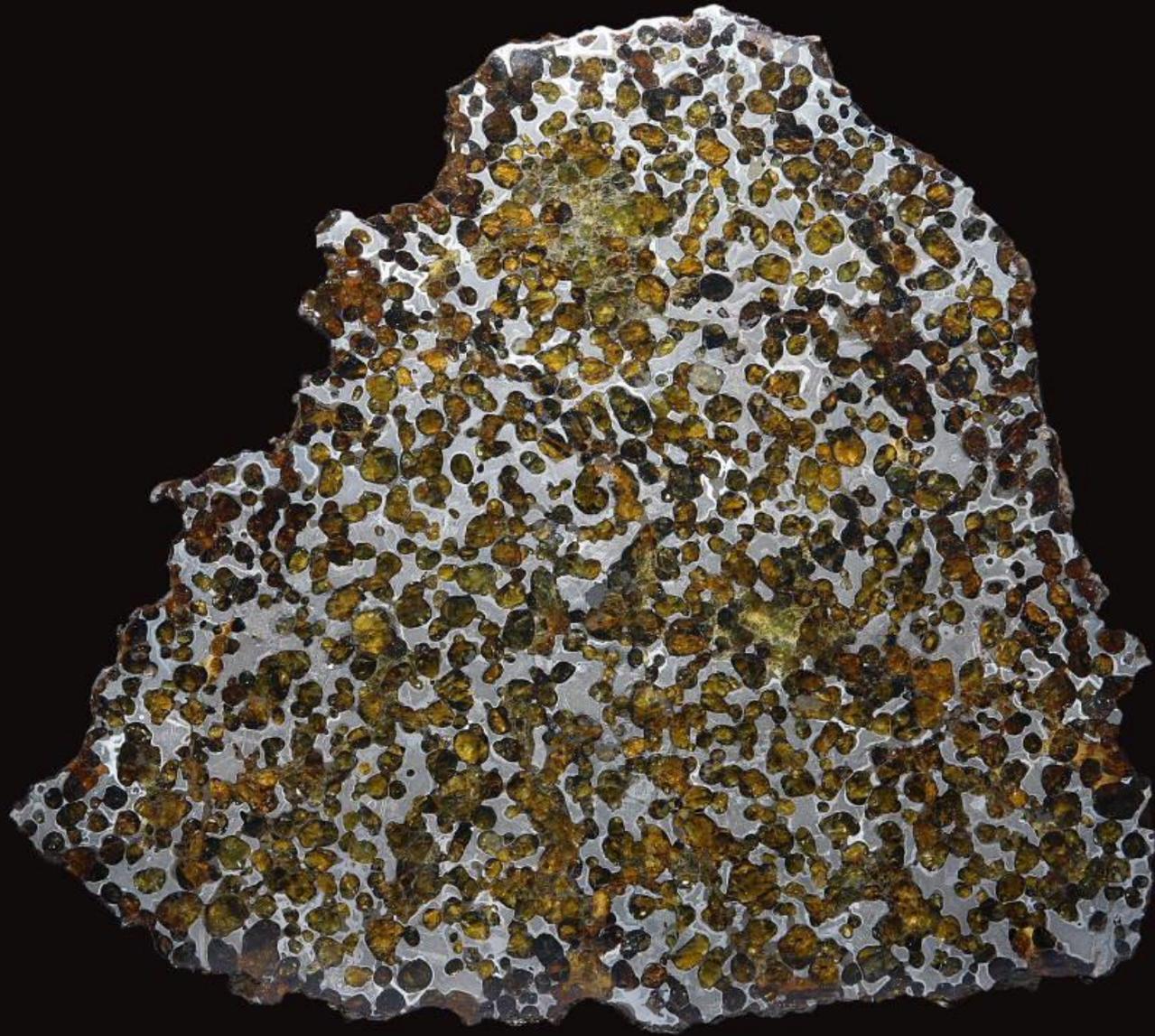
# Corps différencié



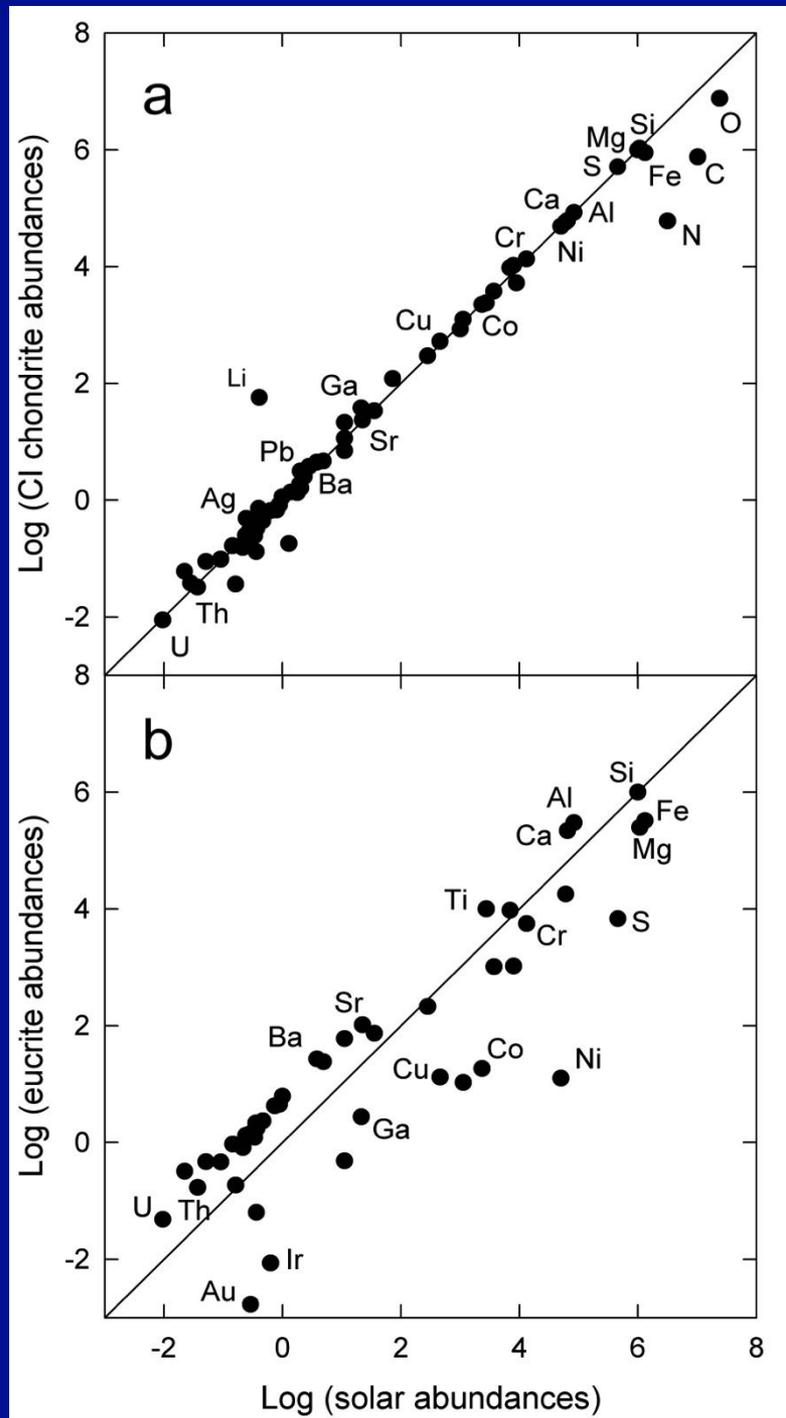
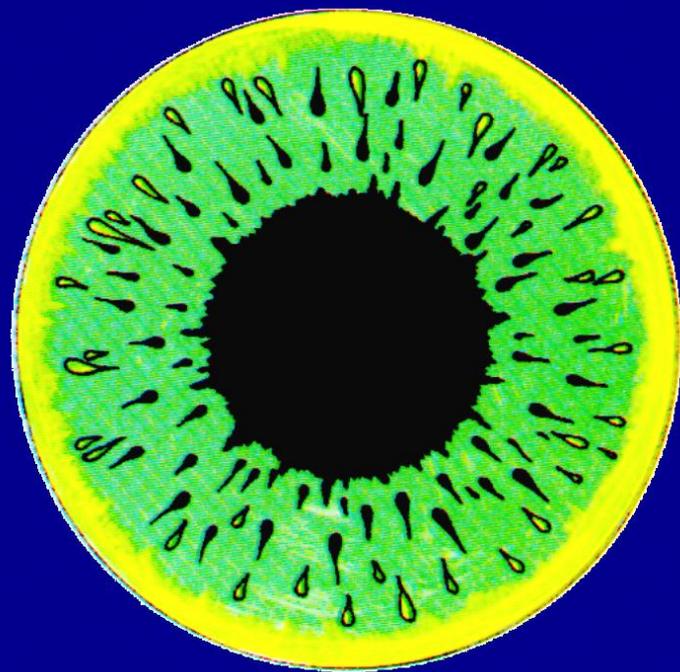
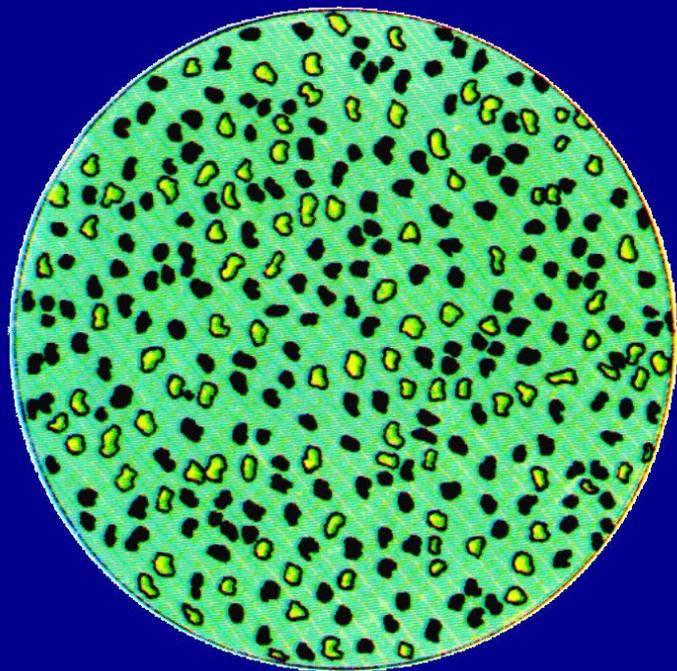
*Pas de minéraux  
métalliques en surface!*



*Météorite de Juvinas, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*



*Météorite de Springwater, © Le Règne Minéral, photo L.-D. Bayle*



# Météorites différenciées



Chondrite



La Terre est une planète différenciée  
Ses roches ne peuvent plus nous dire:

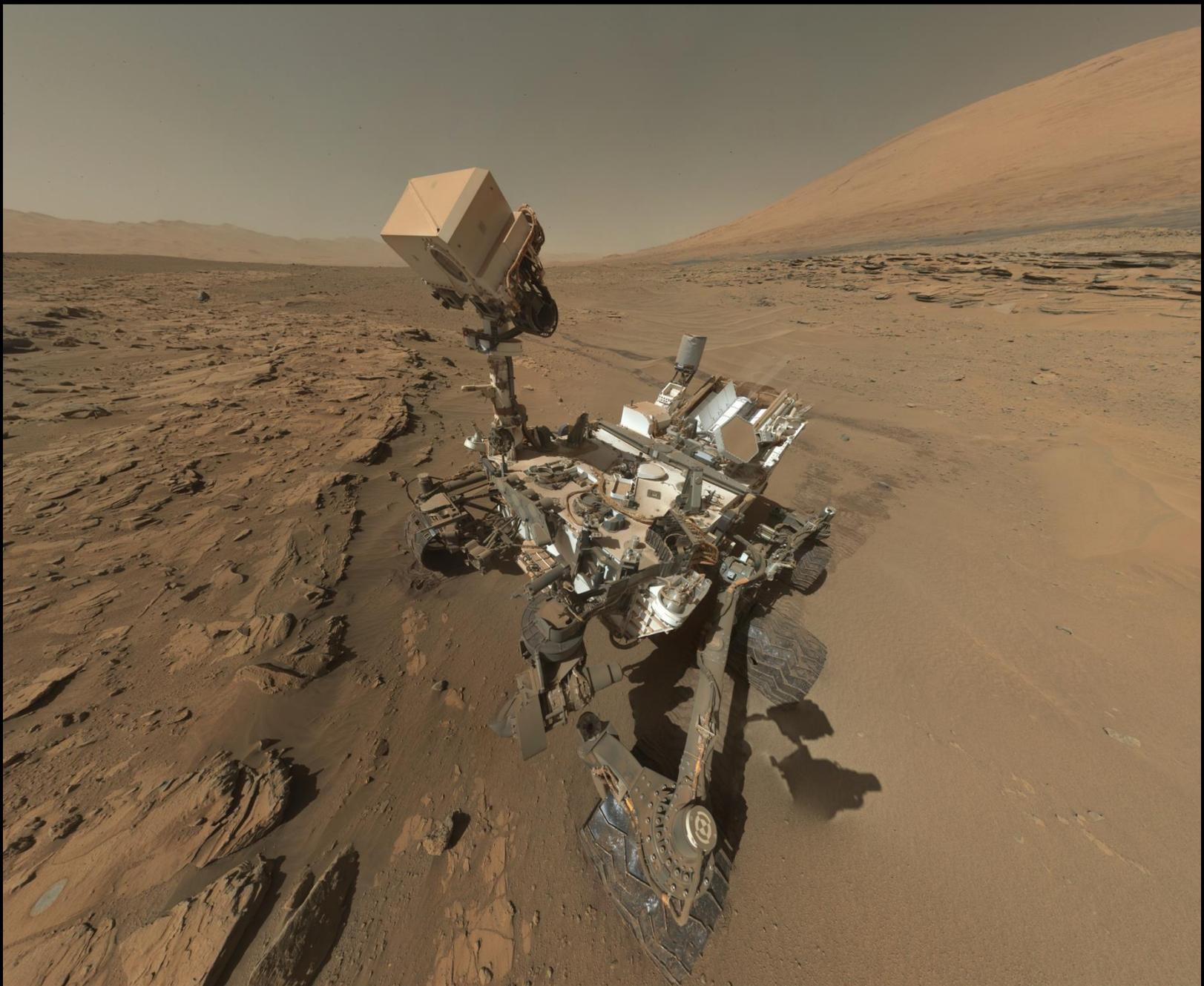
- quelle était la composition chimique des matériaux qui ont servi à la construire
- quelle était leur structure
- quand le système solaire s'est formé

NWA 7533



*Photo Luc Labenne*

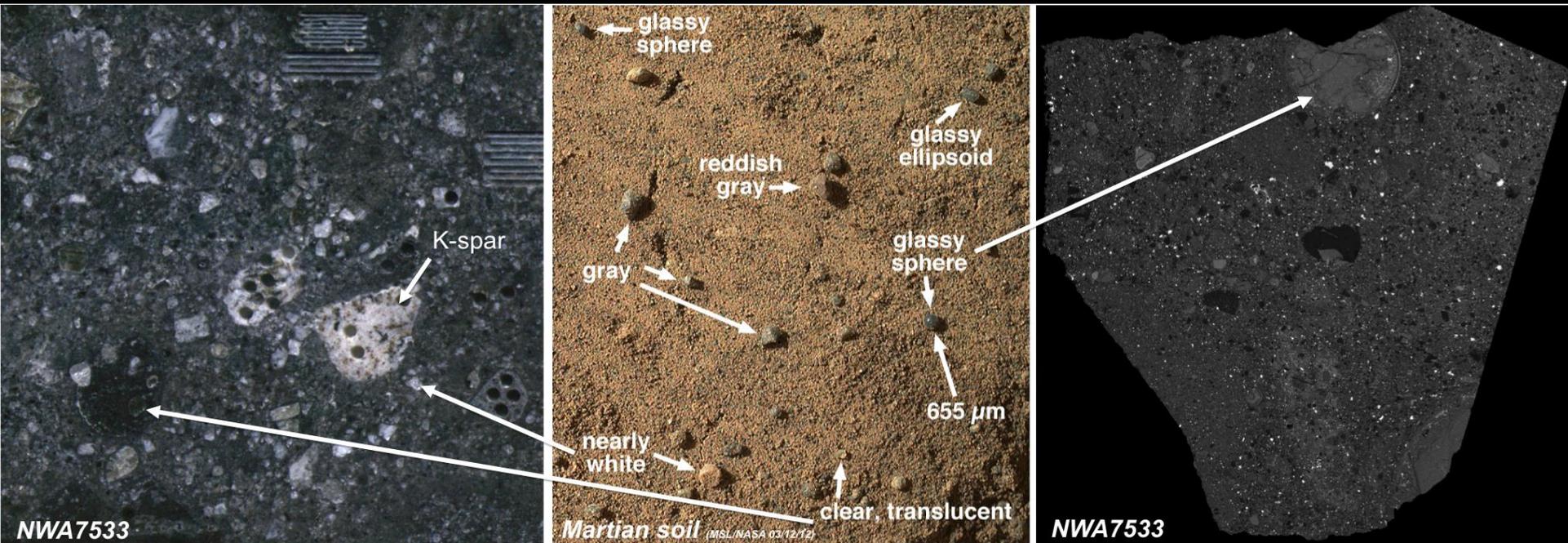
1 cm



## Curiosity At The Kimberley

Sol 613 - NASA/JPL-Caltech/MSSS/Damia Bouic - <http://www.db-prods.net>

Notre compréhension de la géologie de la planète Mars risque de progresser de manière considérable grâce aux résultats obtenus simultanément par le rover *Curiosity* et par l'analyse de cette nouvelle météorite martienne...





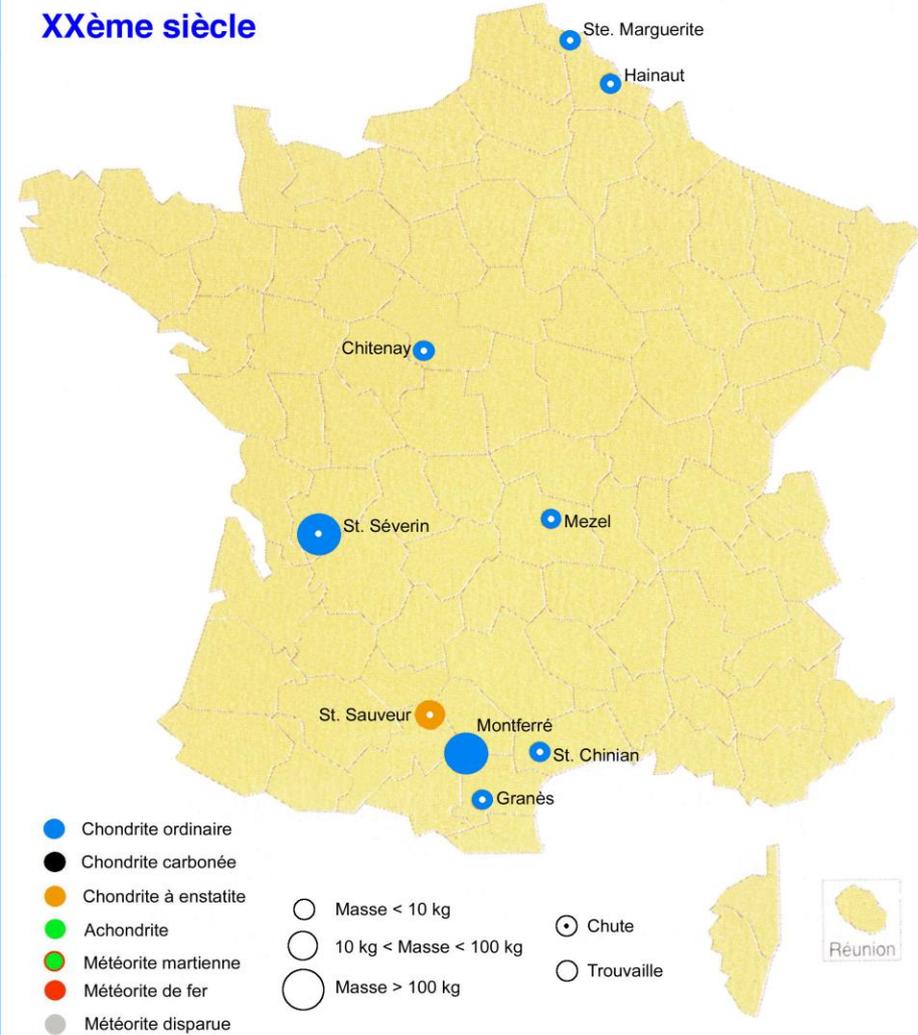
**Les objets  
différenciés nous  
renseignent sur  
les planètes et la  
Terre**

# IV. Rechercher les météorites

XIX<sup>ème</sup> siècle



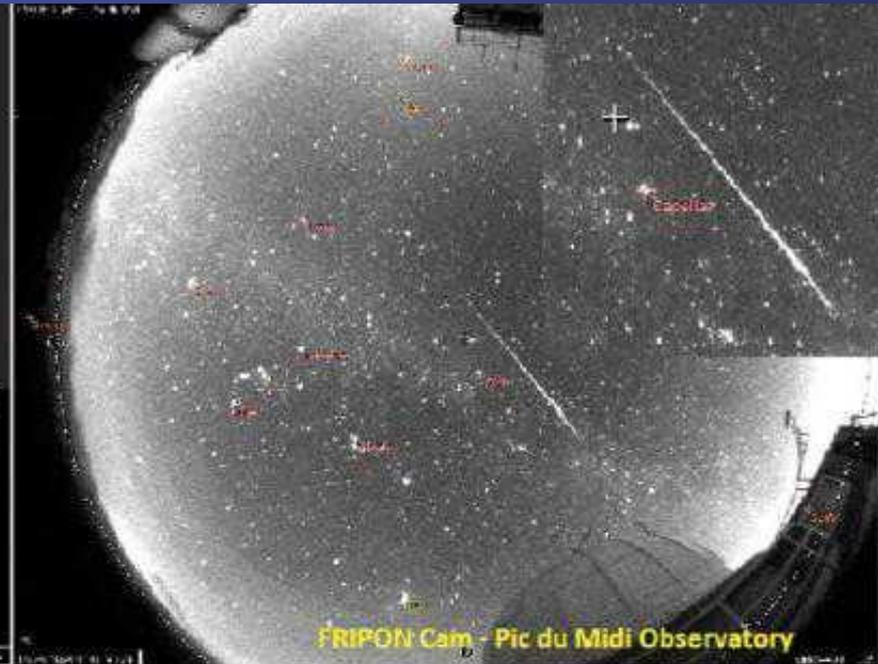
XX<sup>ème</sup> siècle



XIX<sup>ème</sup> siècle: 45 météorites

XX<sup>ème</sup> siècle: 9 météorites

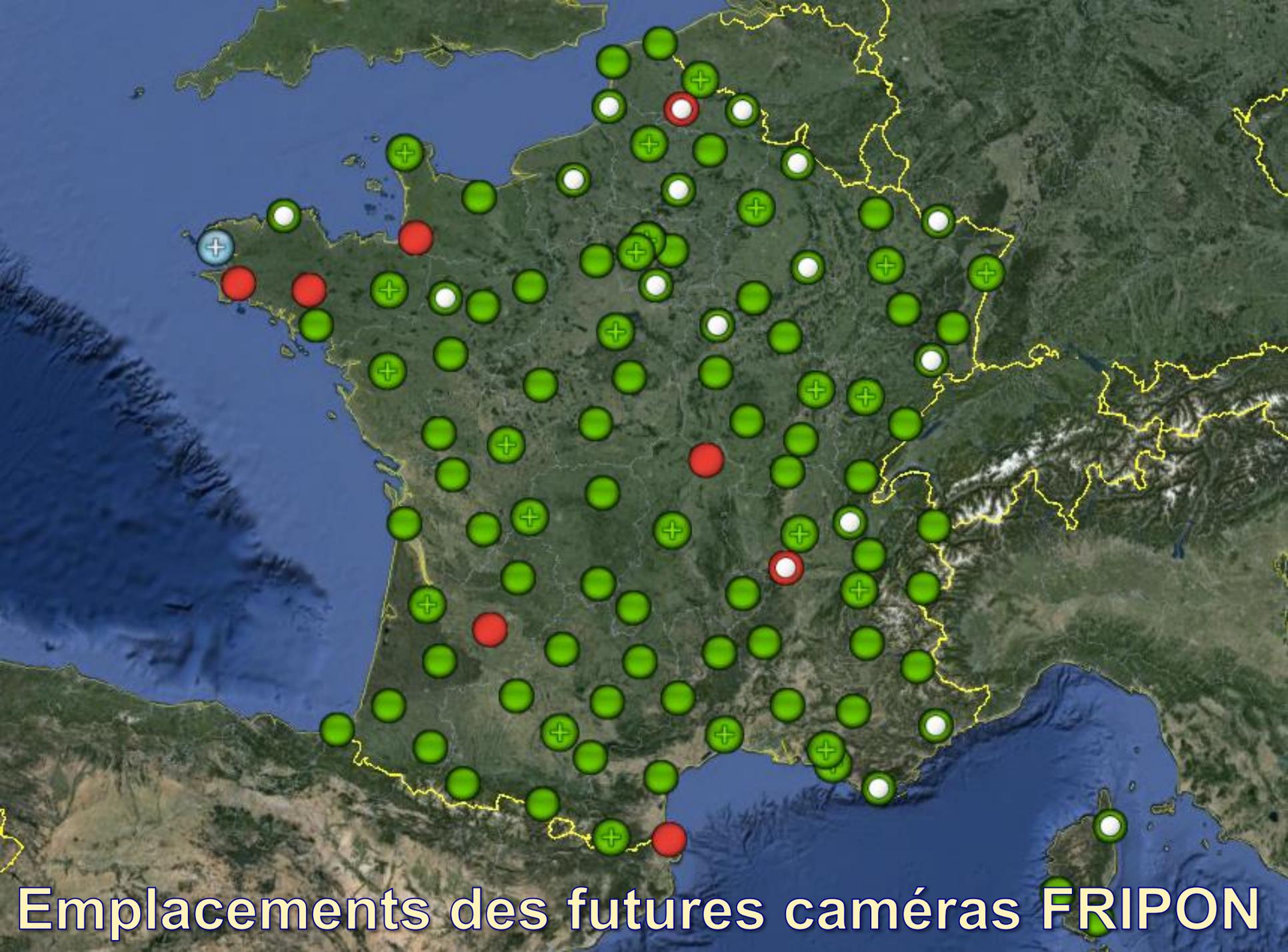
# Détection systématique des bolides



Utilisation de caméras Fisheye – 360° de champ

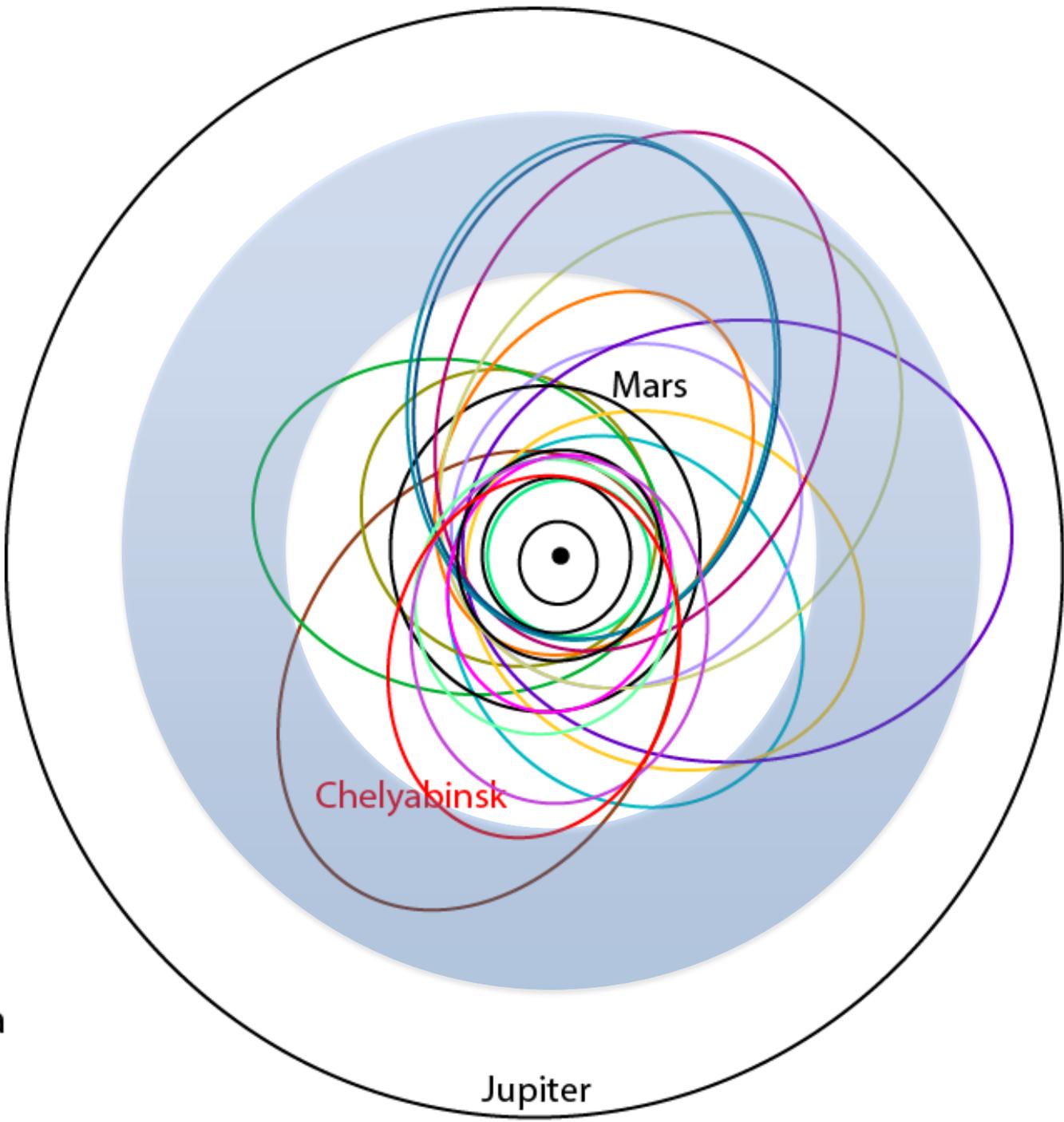
Stockage de toutes les détections

FRIPON

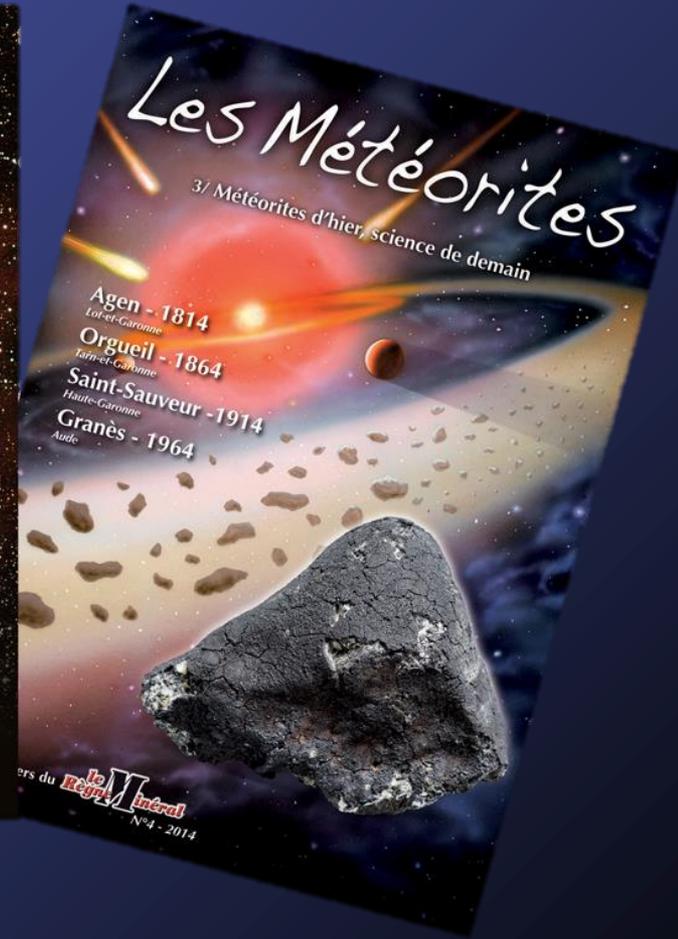
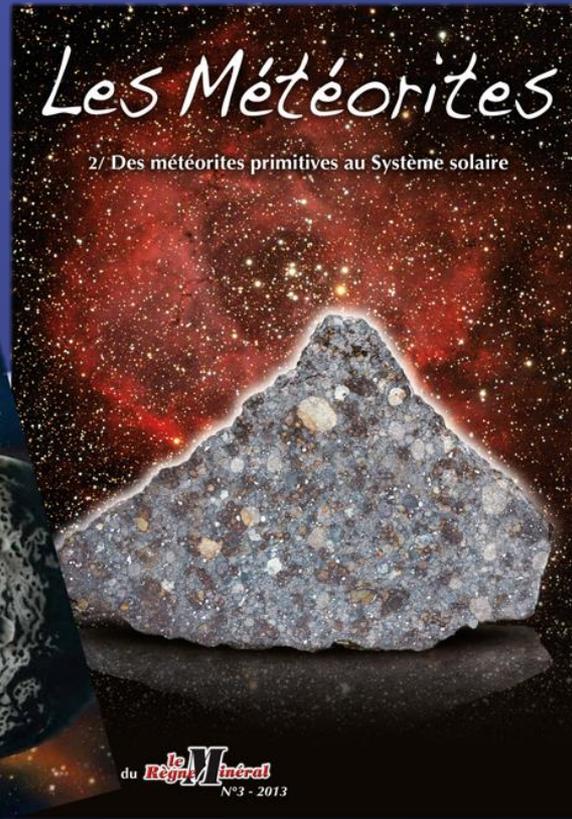
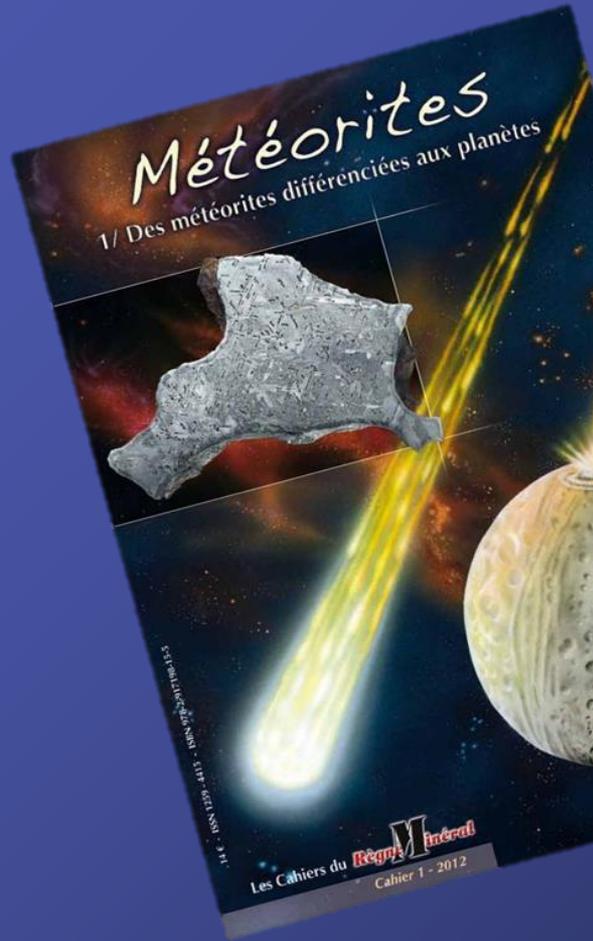


Emplacements des futures caméras FRIPON

- Almahata Sitta
- Bunburra Rockole
- Buzzard Coulee
- Chelyabinsk
- Grimsby
- Innisfree
- Jesenice
- Kosice
- Lost City
- Mason Gully
- Moravka
- Neuschwanstein
- Park Forest
- Peekskill
- Pribram
- Tagish Lake
- Villalbeto de la Pena



# Pour en savoir plus...



# Les Météorites

3/ Météorites d'hier, science de demain

**Agen - 1814**

Lot-et-Garonne

**Orgueil - 1864**

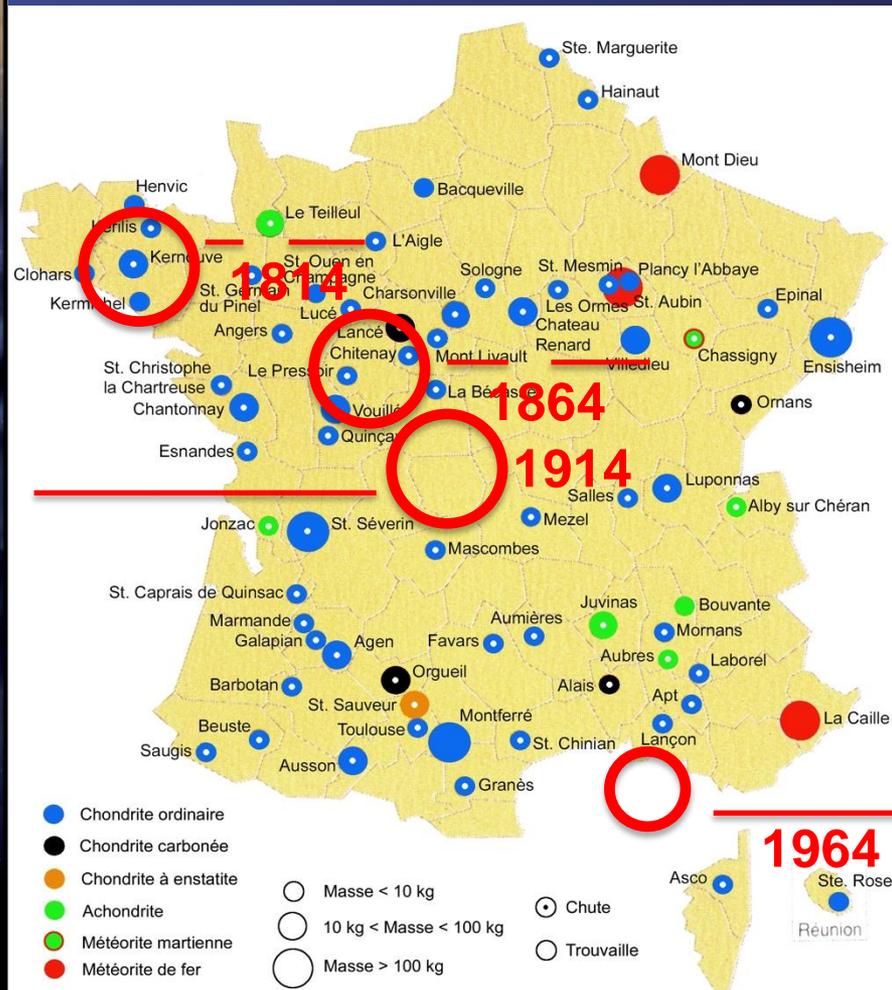
Tarn-et-Garonne

**Saint-Sauveur - 1914**

Haute-Garonne

**Granès - 1964**

Aude





**La météorite de Tafassasset au Moulin du Roy!**

