

DIAMOND

Discover, Instrument, Analyse and Mine Ore-bodies of the Next Decades
Chantier 2013 – 2017



Animateur

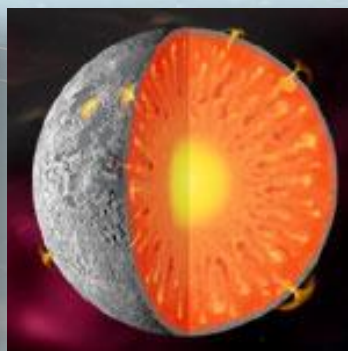
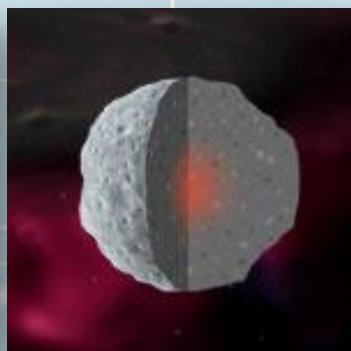
David Baratoux (david.baratoux@irap.omp.eu)
Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie

Pourquoi s'intéresser aux concentrations minérales ?

I. Réservoirs d'eau → L'origine de l'eau sur Terre



II. Concentrations en métaux dans les astéroïdes



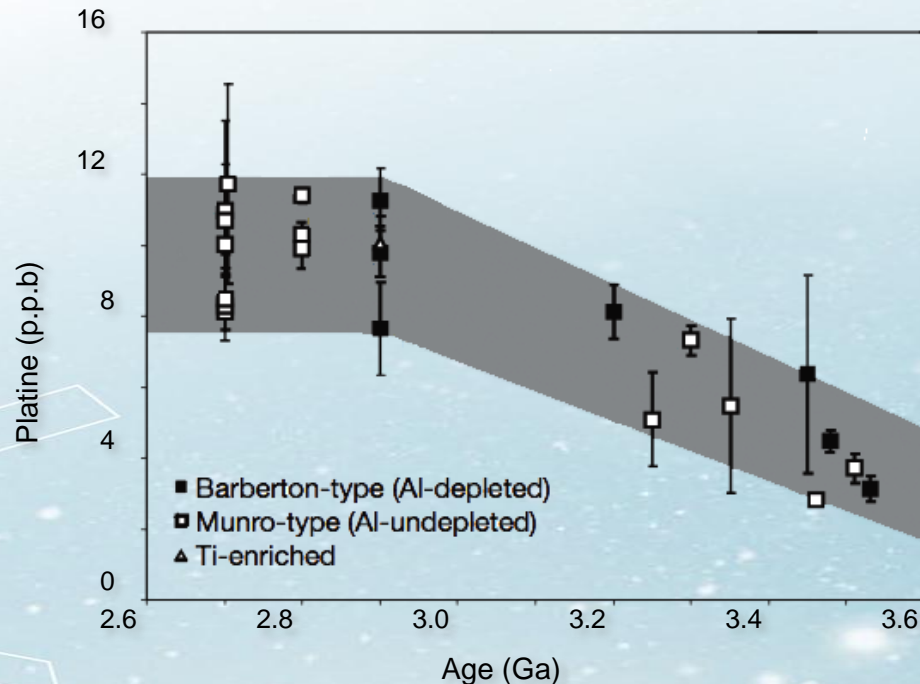
Histoire de l'accrétion et de la différenciation des protoplanètes pendant les 10 premiers millions d'années du système solaire

Pourquoi s'intéresser aux concentrations minérales ?

III. Concentrations en métaux-PGE sur les planètes

- Circonstances géologiques exceptionnelles
- Des fenêtres sur la Terre primitive
- *Problématiques à l'échelle planétaire à partir d'un domaine restreint => définition des sites d'atterrissage.*

Exemple : l'apport météoritique et son mélange progressif dans le manteau terrestre.



Larges perspectives scientifiques concernant l'histoire primitive de notre système solaire et l'évolution des planètes

Following the Water:
The Mars Exploration Program



< Follow ore-deposits >

La recherche de concentrations minérales dans notre système solaire offre un nouveau fil conducteur pour son exploration spatiale.

DIAMOND - Objectifs

- ✓ Réaliser un bilan des concentrations minérales
- ✓ Définir les observations à réaliser
- ✓ Proposer une nouvelle génération d'instruments pour ces observations

Partenariat pour l'innovation entre experts du domaine des ressources minérales sur Terre et spécialistes de l'exploration et de l'instrumentation spatiale.

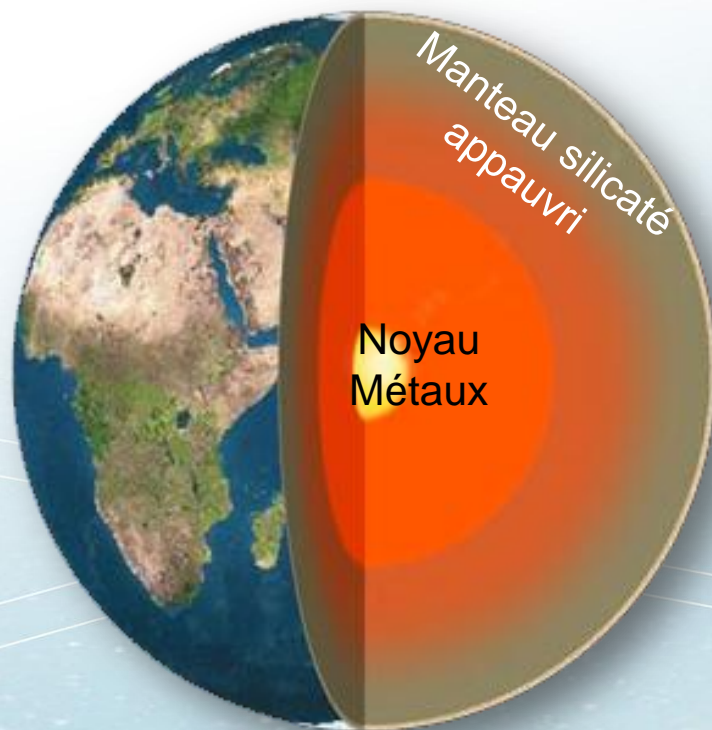
Objectif 1

Bilan des gisements dans le système solaire

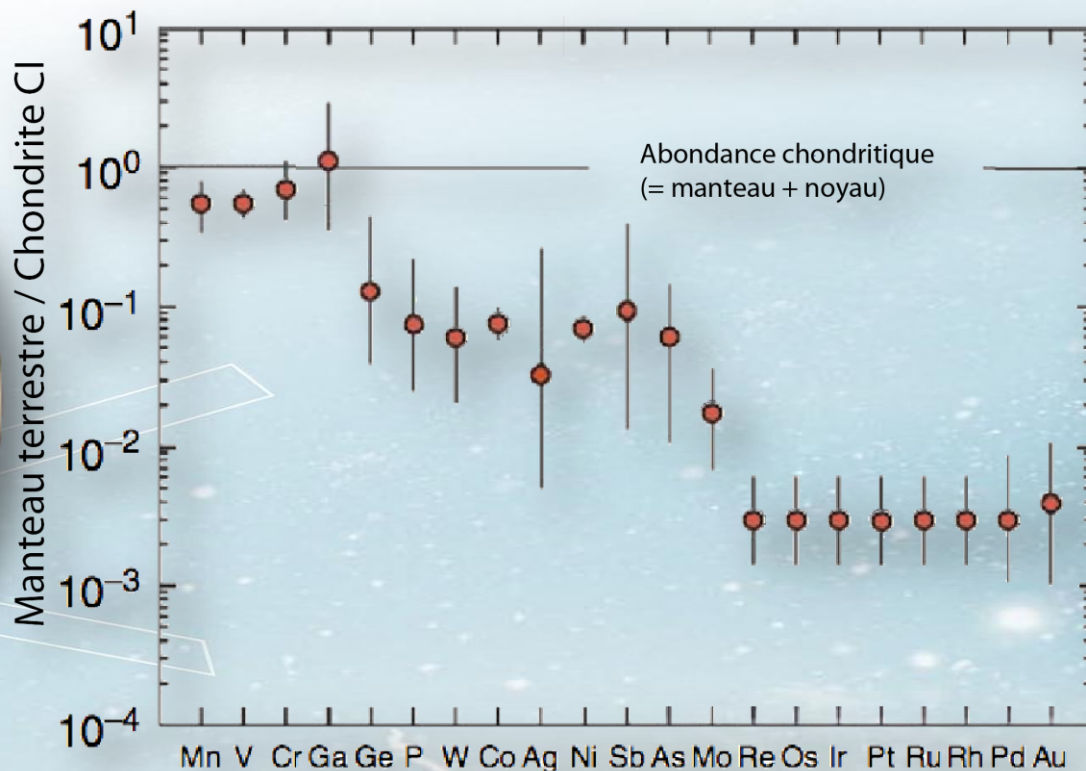
Petits corps

Planètes et satellites différenciés (Mars, Lune)
Volcanisme & cratères d'impact

Différenciation de la Terre



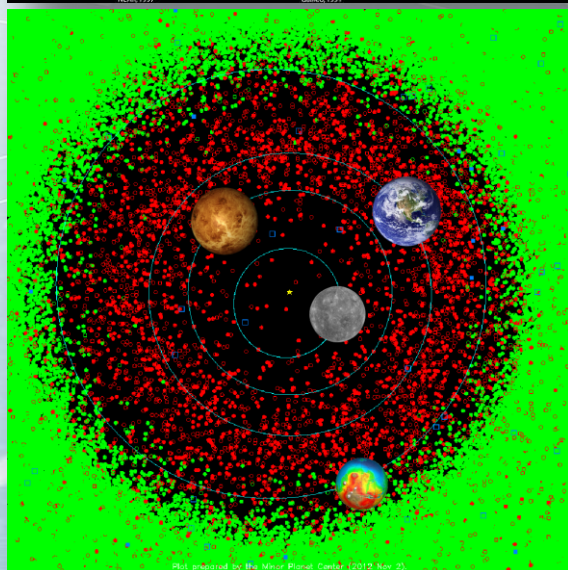
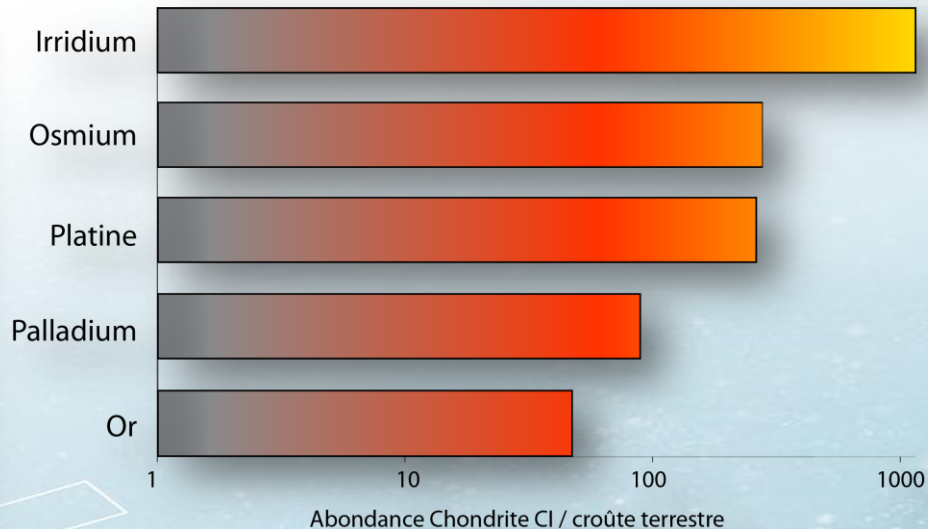
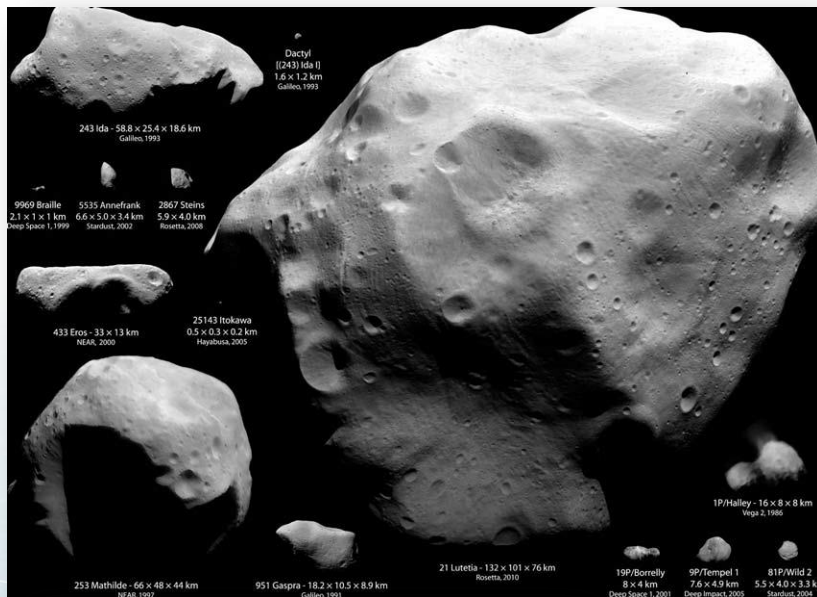
Formation d'un manteau appauvri en éléments sidérophiles ayant migré vers le noyau.



Appauvrissement du manteau terrestre en éléments sidérophiles par rapport à la référence chondritique*.

*Composition moyenne de la Terre = noyau + manteau

Petits corps



Corps primitifs indifférenciés enrichis en éléments sidérophiles par rapport à la croûte terrestre

Corps métalliques – enrichissement/croûte terrestre > 100 000

Astéroïdes dans le voisinage de la Terre

Rouge = objets qui croisent l'orbite terrestre

Source : Minor Planet Data Center

Planètes et satellites – Mars et la Lune

Gisements associés aux cratères d'impact

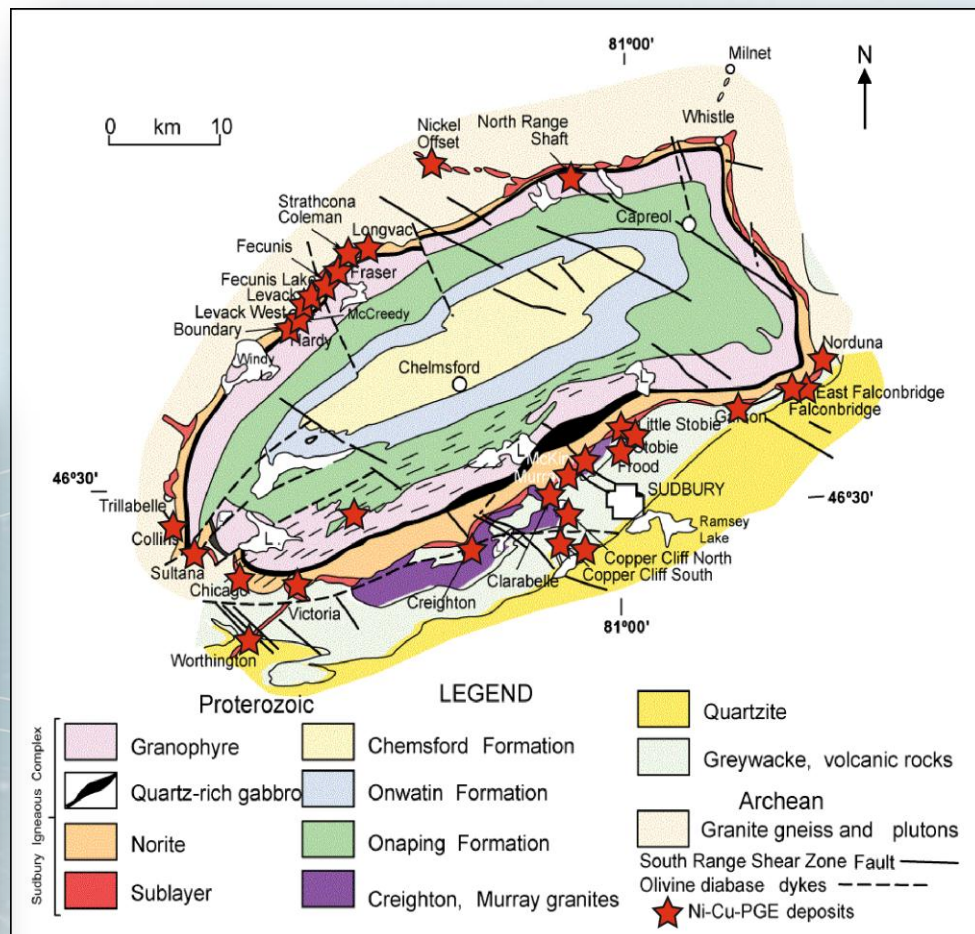
Mars et la Lune ont préservé les phases de bombardement cataclysmiques qui ont été effacés sur Terre par la tectonique des plaques

Gisements associés aux grandes provinces magmatiques

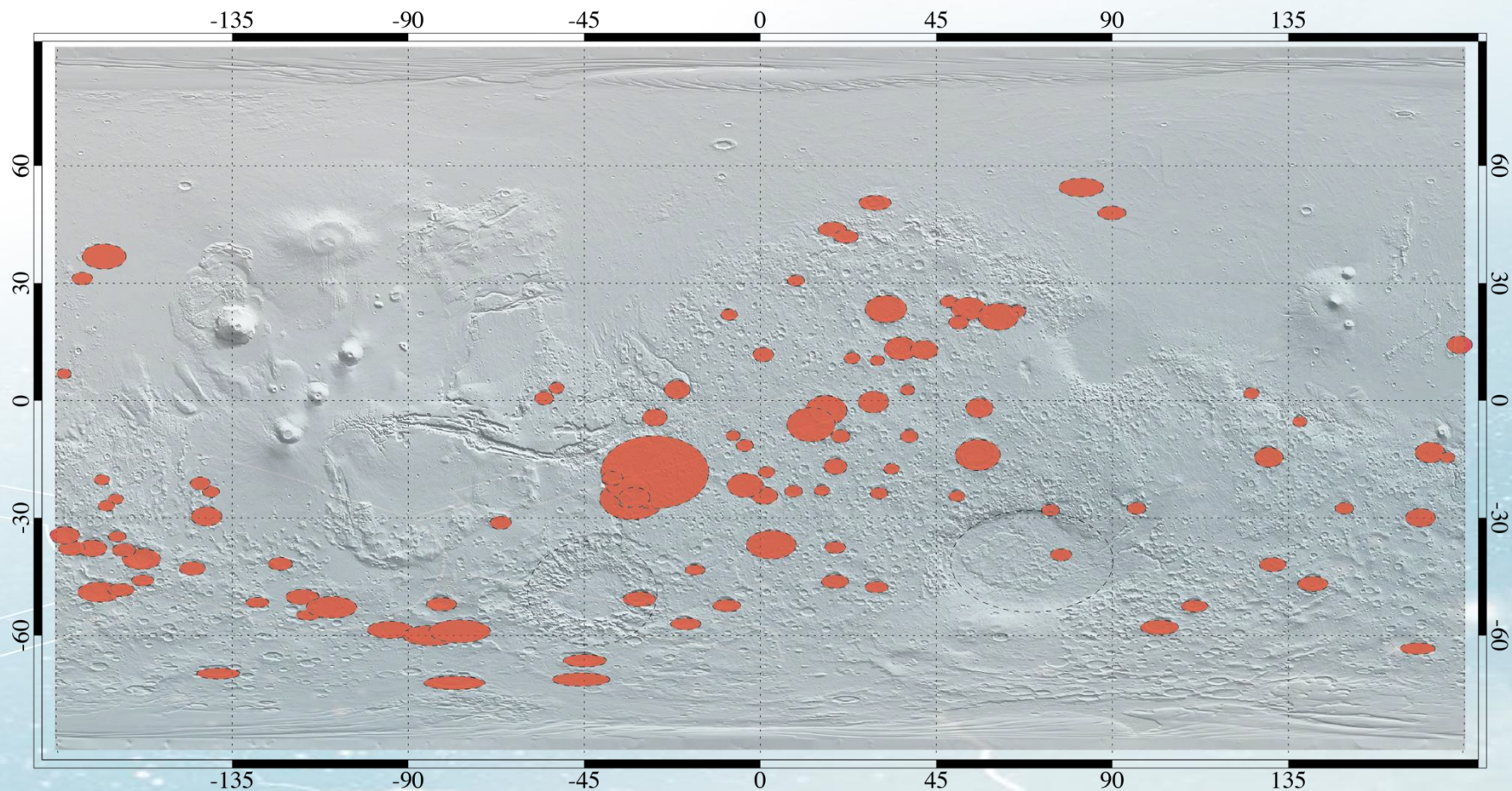
Illustration dans le cas du volcanisme martien

Gisements associés aux cratères d'impact

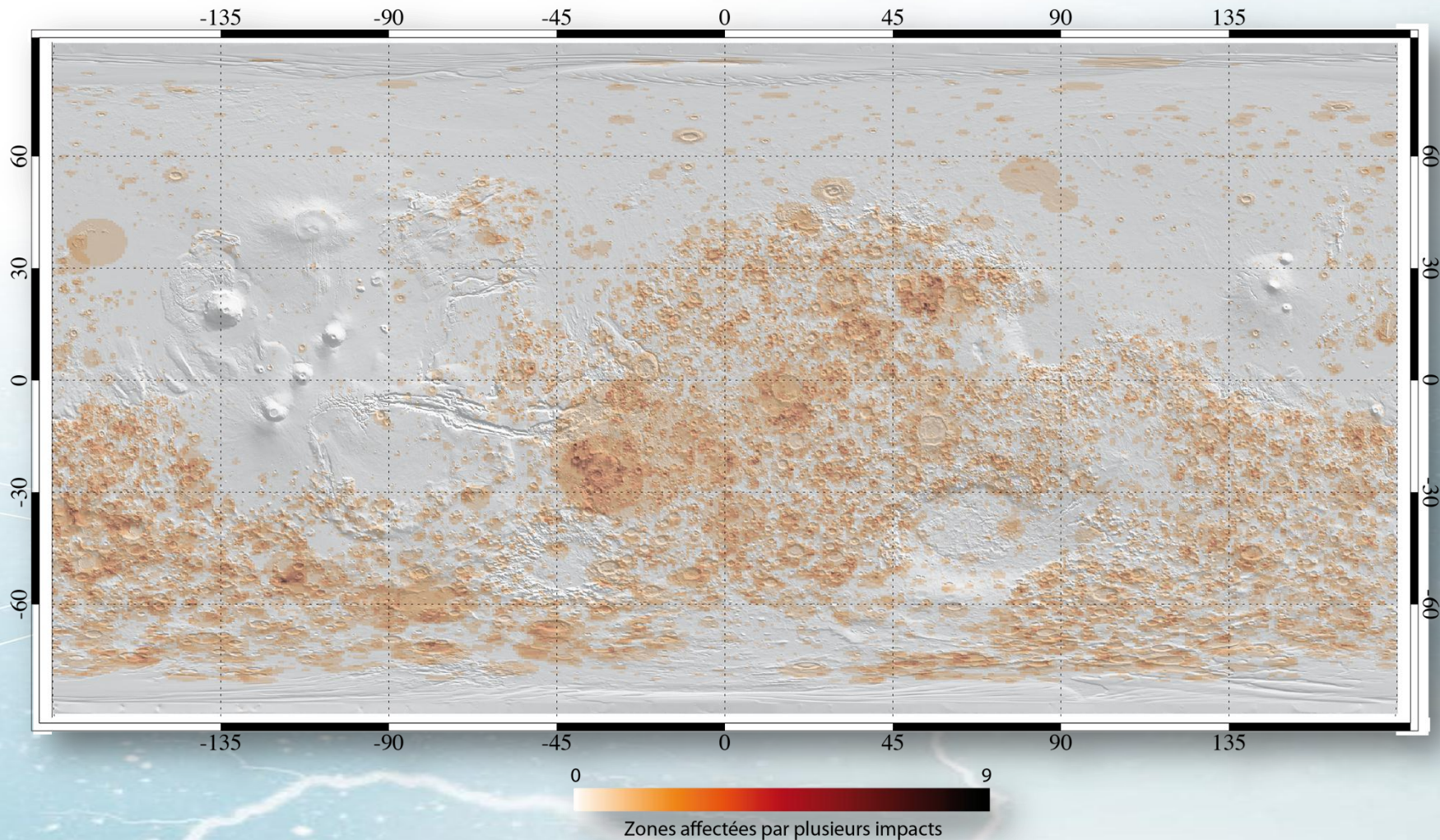
Sudbury Gisements Ni-Cu-PGE



Evènements comparables à Sudbury à la surface de Mars



Fusion / cristallisation à répétition par impacts



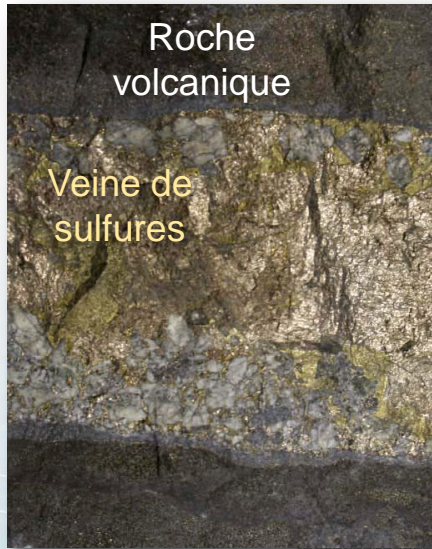
0 9
Zones affectées par plusieurs impacts

Grandes provinces magmatiques et gisements Ni-Cu-PGE

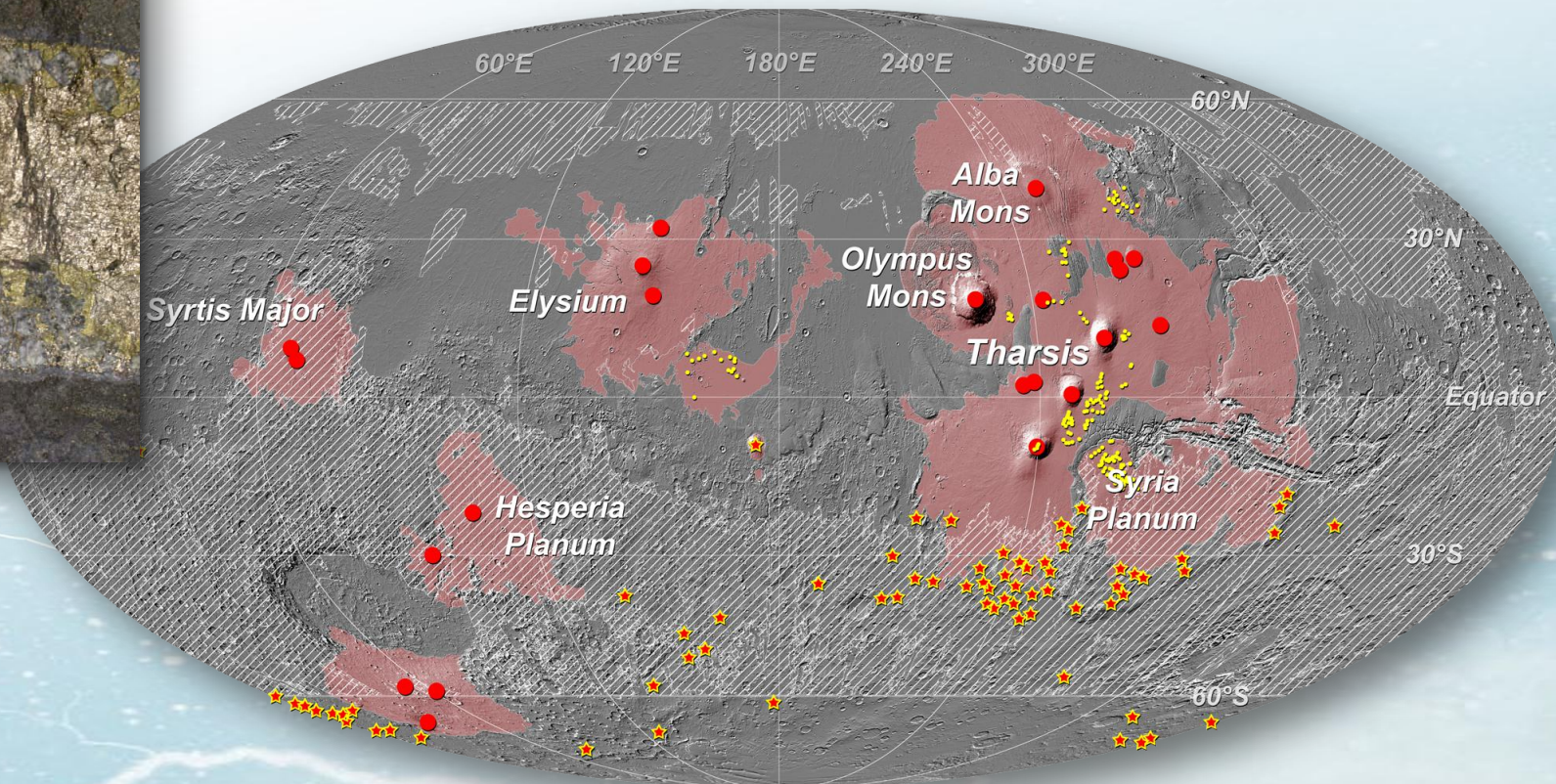
Terre



Mars



Pechenga
Russie



Volcanic plains
 Large volcano
 Low shield
 Ancient volcano
 Pyroxenes

Grott et al., 2012

Objectif 2 – Exploration des concentrations minérales

Nouvelles génération d'instruments pour l'exploration spatiale du système solaire

Phase de découverte - Déterminer les observations chimiques, minéralogiques, et géophysiques afin de confirmer et caractériser la présence d'un « gisement » (quantité et qualité, phases concernées, âge)

Imaginer de nouvelles générations d'instruments capables d'effectuer ces observations avec un objectif de réduction du coût de sondes spécialisées dans l'exploration d'astéroïdes ou de planètes.

Identifier les solutions technologiques envisageables afin de déboucher sur 1 ou 2 nouveaux projets instrumentaux pertinents dans notre contexte régional.

Imagerie Géophysique de subsurface

Projet MOONSTER (P.I. Raphaël Garcia)
(MOON Student ExploreR)

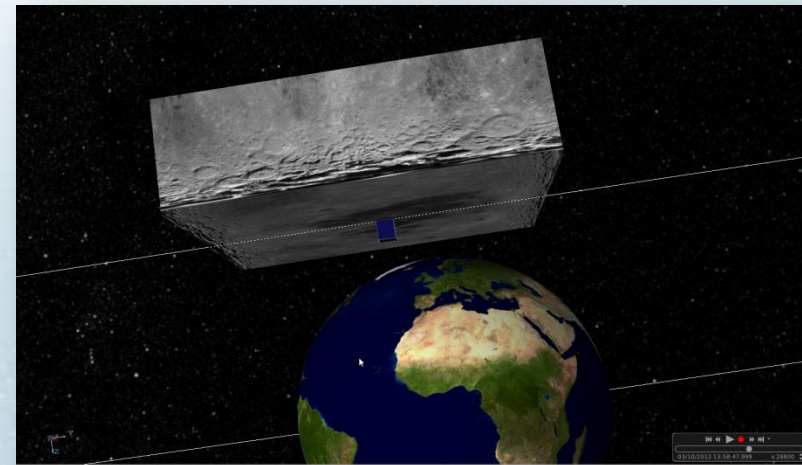
Projet européen instrumental et étudiant reposant sur des capteurs terrestres testés en vibration et la technologie CubeSAT (Nano-Satellites)

Partenariat avec Schlumberger

Demandes déposées à l'ESA, au CNES (R&T)

Soutien RTRA pour réunion annuelle des étudiants du projet à Toulouse

Application à l'imagerie géophysique des petits corps



Etude thermique d'un paquet géophysique reposant sur la technologie NanoSatellite (cube bleu) à la surface d'un corps sans atmosphère..

Partenaires :

IRAP, IPGP, GFZ, Schlumberger, Université du Colorado, Space Exploration Institute, University of British Columbia, University Julius Maximilians

Partenaires du chantier

Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie
Instrumentation et analyse des données spatiales

Géosciences Environnement Toulouse
Processus de concentrations minérales, méthode d'analyse des roches

Centre for Exploration Targeting, Université d'Australie Occidentale
Processus de concentrations minérales, développement d'approche multidisciplinaire pour l'exploration des gisements sur Terre

Partenaires du projet Moonster
Developpement de capteurs pour l'imagerie géophysique, sismologie planétaire

Programme d' action sur 4 ans

| AGENDA DES ACTIONS DU CHANTIER SUR QUATRE ANS (ateliers, conférences, projets expérimentaux ou méthodologiques, séjours de seniors & éventuellement formation projetée) | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|
| Dénomination de l'action (ateliers, réunions, projets,...) | Etendue de l'action (par semestre) | | | | | | | |
| | 2013 | | 2014 | | 2015 | | 2016 | |
| Working group « Ressources » (section 2.1) | X | X | X | X | | | | |
| 1 réunion à Toulouse | | X | | | | | | |
| 1 réunion à Perth, WA | | | | X | | | | |
| Séjours seniors CET (S. Micklethwaite, M. Fiorentini) + actions de formations « ressources minérales » | | X | | X | | | | |
| Projet «Mars » Thèse Univ. Toulouse - UWA | X | X | X | X | X | X | | |
| | | | | | | | | |
| Working group « Solutions technologiques » (section 2.2) | | | | | | | | |
| Réunions à Toulouse | | X | | | | X | | |
| Projet « MOONSTER » | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Séjour sénior (D. J. Scheeres) + actions de formation | | X | | | X | | | |
| Initiation nouveaux projets expérimentaux (extraction) et instrumentaux | | | | | X | X | X | X |
| Séjour sénior (CET, UWA) – actions de formation (master pro GRN) | | | | | | | X | |
| 1 réunion bilan du chantier (Toulouse) | | | | | | | | X |

Résultats attendus

- Recensement des contextes de formation de gisements de la Lune à Mars, en passant par les petits corps dans le voisinage de la Terre.
- L'exploitation de données spatiales en collaboration avec les spécialistes de l'exploration minière offre un nouveau champ de valorisation des efforts financiers et humains réalisés pour acquérir ces informations.
- Définition d'une nouvelle génération d'instruments pour l'exploration du système solaire, avec un fil conducteur original autour de l'exploration des concentrations minérales.
- Pour le sondage de subsurface, le résultat technique attendu pour la fin 2014 est un prototype d'instrument qualifié spatial dans le cadre du projet MOONSTER à destination de la Lune