

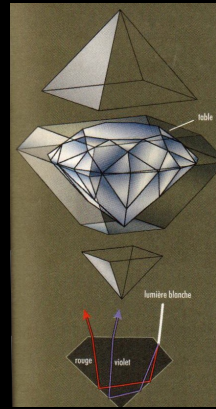
Diamants

du cœur de la Terre au cœur des étoiles



Violaine Sautter
Géologue extra-intra terrestre
CNRS-IMPMC-MNHN

Fleurance
Aout 2017

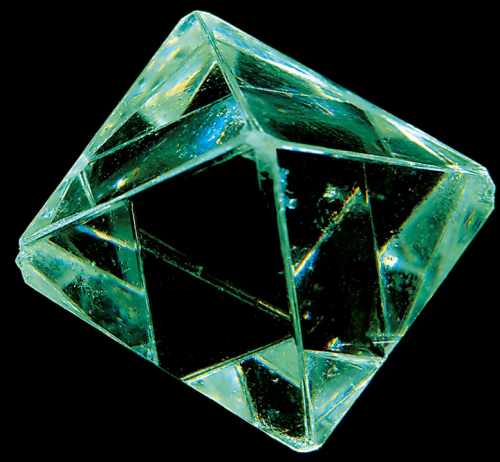
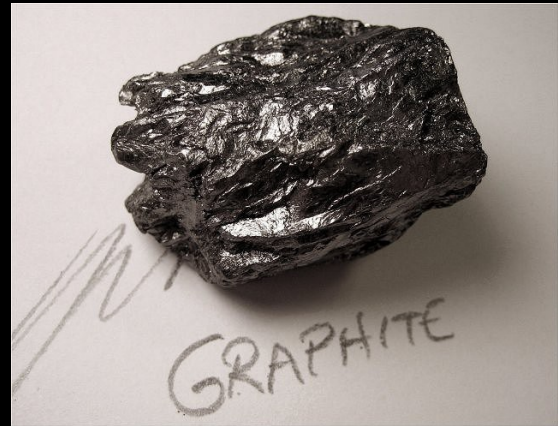


Messagers des profondeurs de la Terre Voyager dans des temps présolaires



XVIII siècle Lavoisier
Au Jardin du Roi

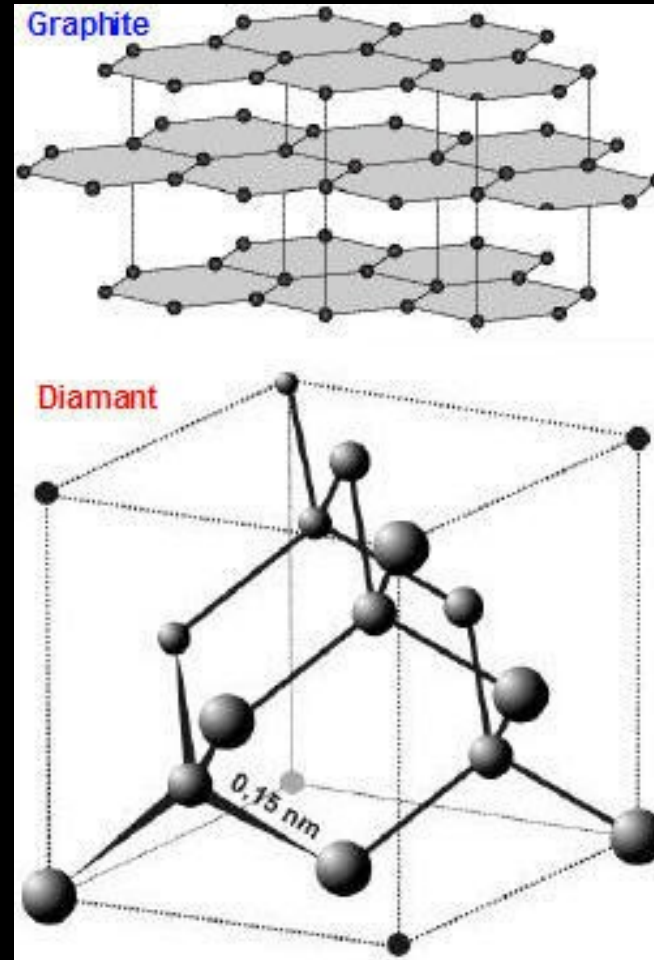
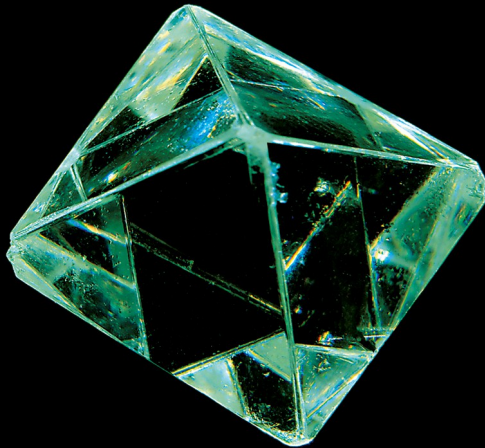
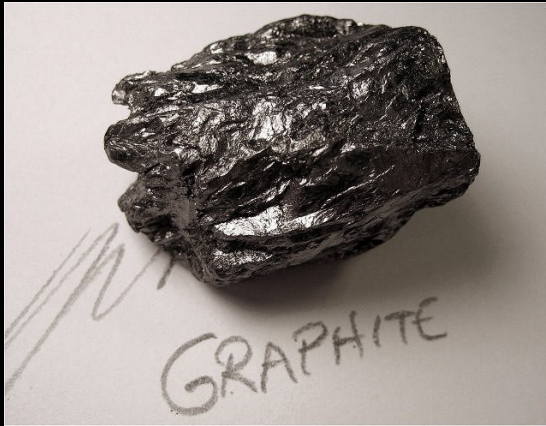
Graphite et diamant



c'est du carbone C !

XIX siècle découverte des rayons X

c'est l'agencement des atomes de carbone qui diffère



Diamant : du carbone sous pression à chaud

Pression graphite -> diamant = 50kbar (50 mille fois la pression atmosphérique)



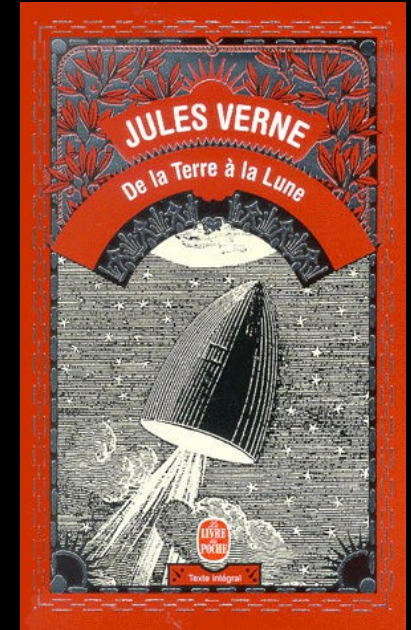
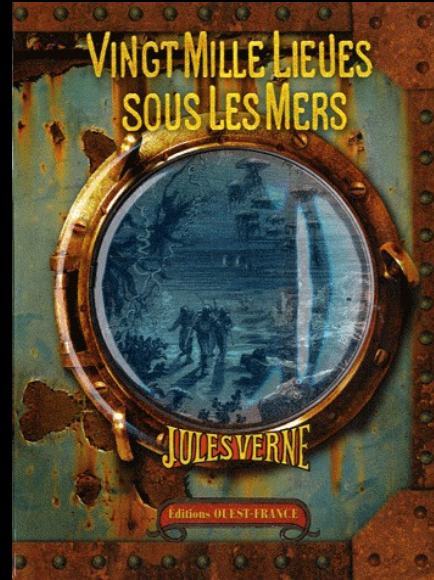
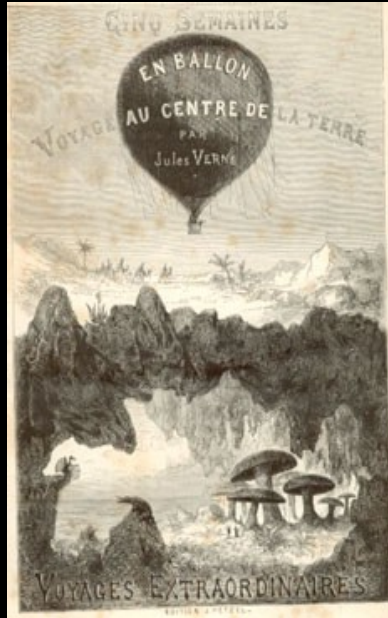
150 km de profondeur

(forages 14km)

Comment le diamant remonte ?

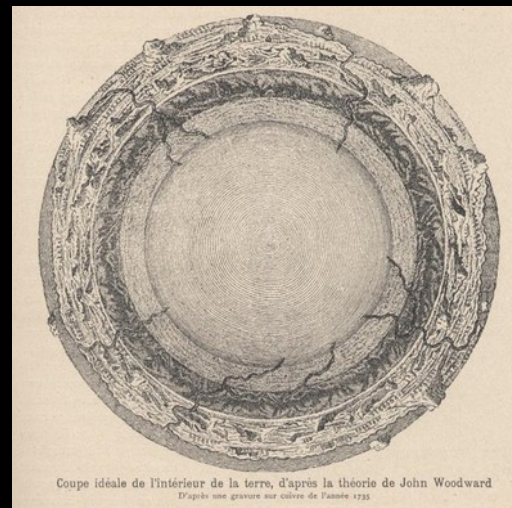
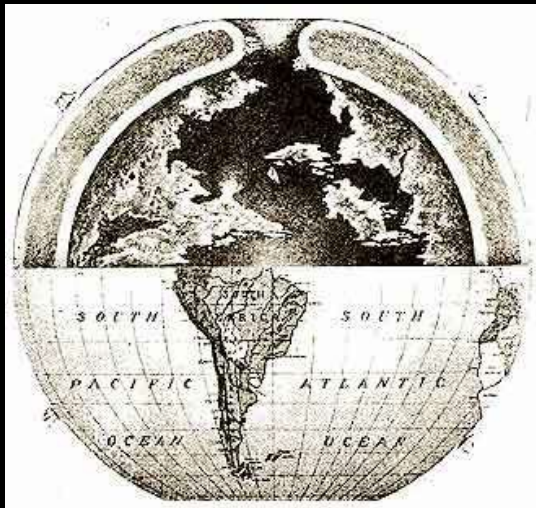
Comment voyager vers le centre de la Terre ?

il y a plus de 150 ans Jules Verne, passionné de voyages imaginait



Voyage au centre de la Terre est impossible
Pourtant ce n'est qu'à 6400km
Paris-Abidjan

Le centre de la Terre : un enfer ?



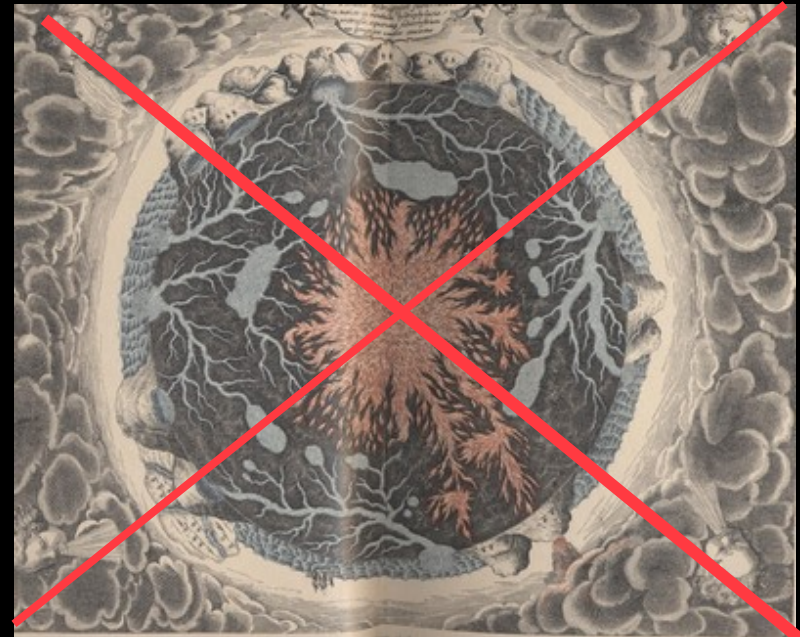
I

Diamants

le voyage à l'intérieur de la Terre



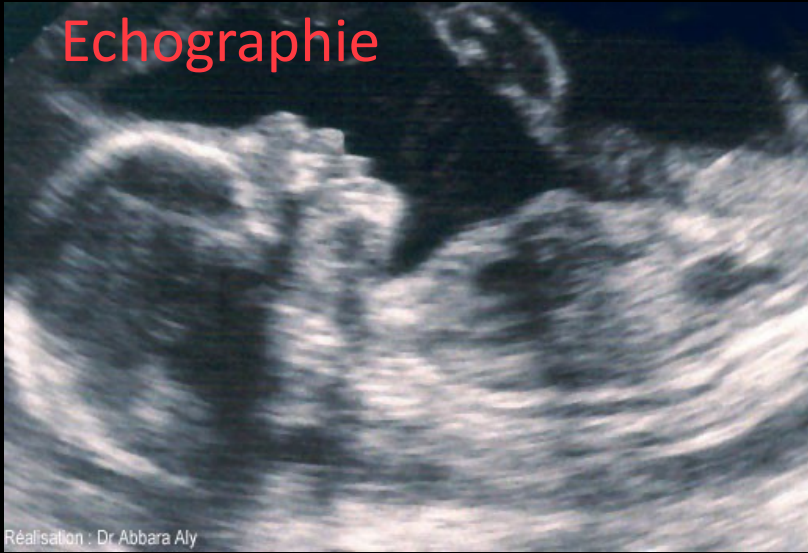
au dessous du volcan
à la découverte d'un monde sans soleil



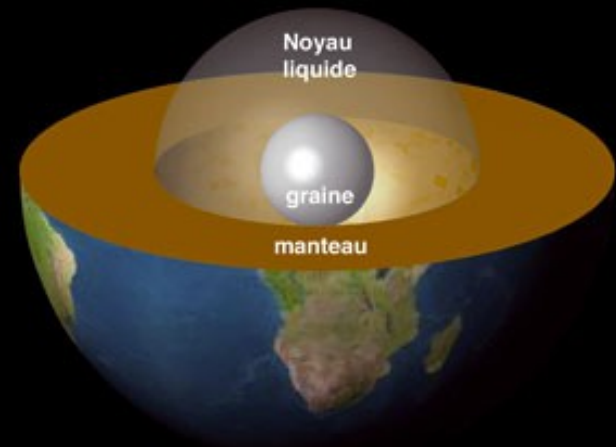
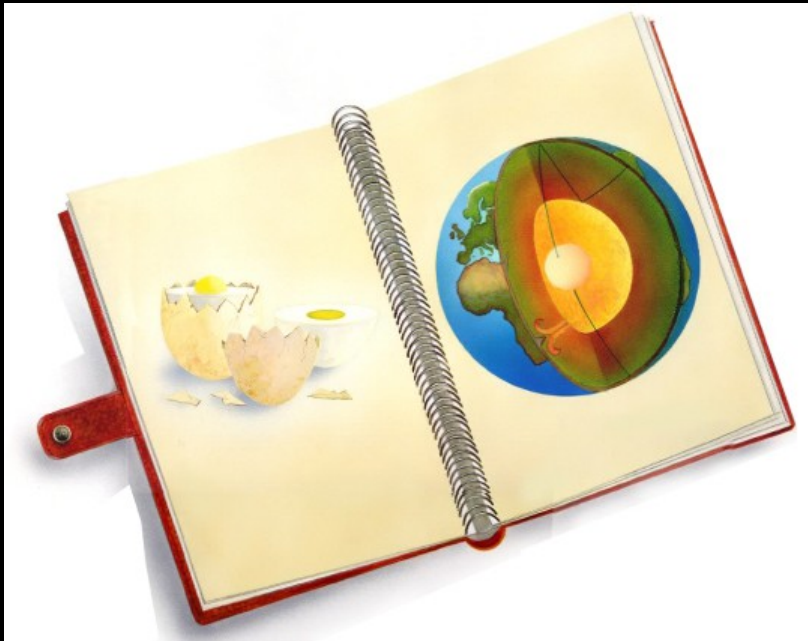
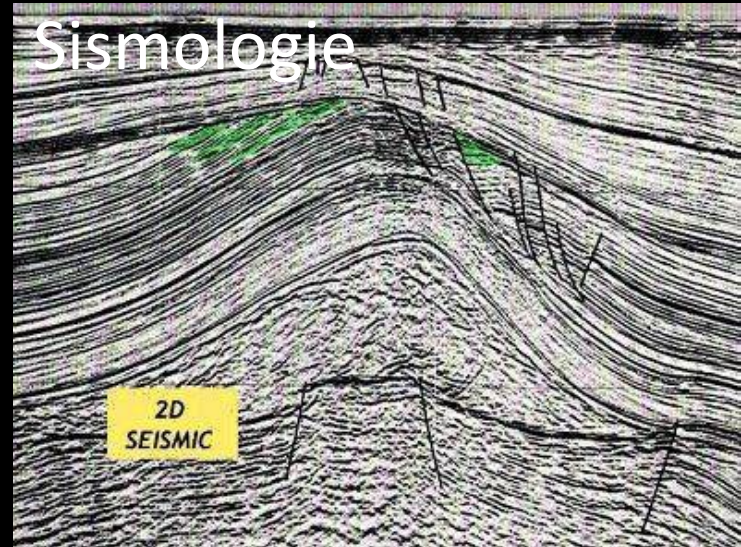
ANATOMIE DE LA TERRE

les dessous de la planète

Echographie



Sismologie



SES CHAIRES MINERALES

Echantillons naturels: de 0 à 200km

Forages 14km

1- Croûte (1% en Vol) mais plus grande géodiversité
du système solaire : 4000 esp. Minérales

2- Manteau supérieur de 30 à 200km

Au-delà de 200 à 6400km ?

1-la coquille : la croûte continentale & océanique

11 éléments chimiques (99,5 wt%)

O>Si>Al>Fe>Ca>Na>K>Mg

2 grands type de roches

Granitiques



SiO₂



(K,Na) Al Si₃O₈



K(Mg,Fe)₃ AlSi₃O₁₀(OH)₂

Basaltiques



(Ca,Na) Al₂ Si₂O₈



(Ca,Mg) Si₂O₆

Géodiversité

4000 minéraux



Benitoïte

BaTiSi₃O₉



Bergenite

Ca₂Ba₄[(UO₃)₂O₂(PO₄)₂]₃(H₂O)₆



Barnesite

Na₂V₆O₁₆·3(H₂O)

2-Le blanc d'œuf : manteau terrestre 84% vol.
manteau supérieur 5% de 30 km à 300km

$Si > Mg > Fe > Al > Ca$

2 roches péridotite et éclogite

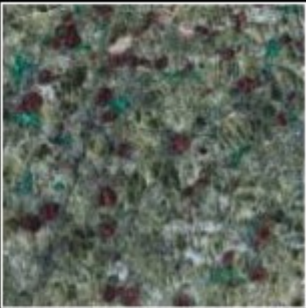
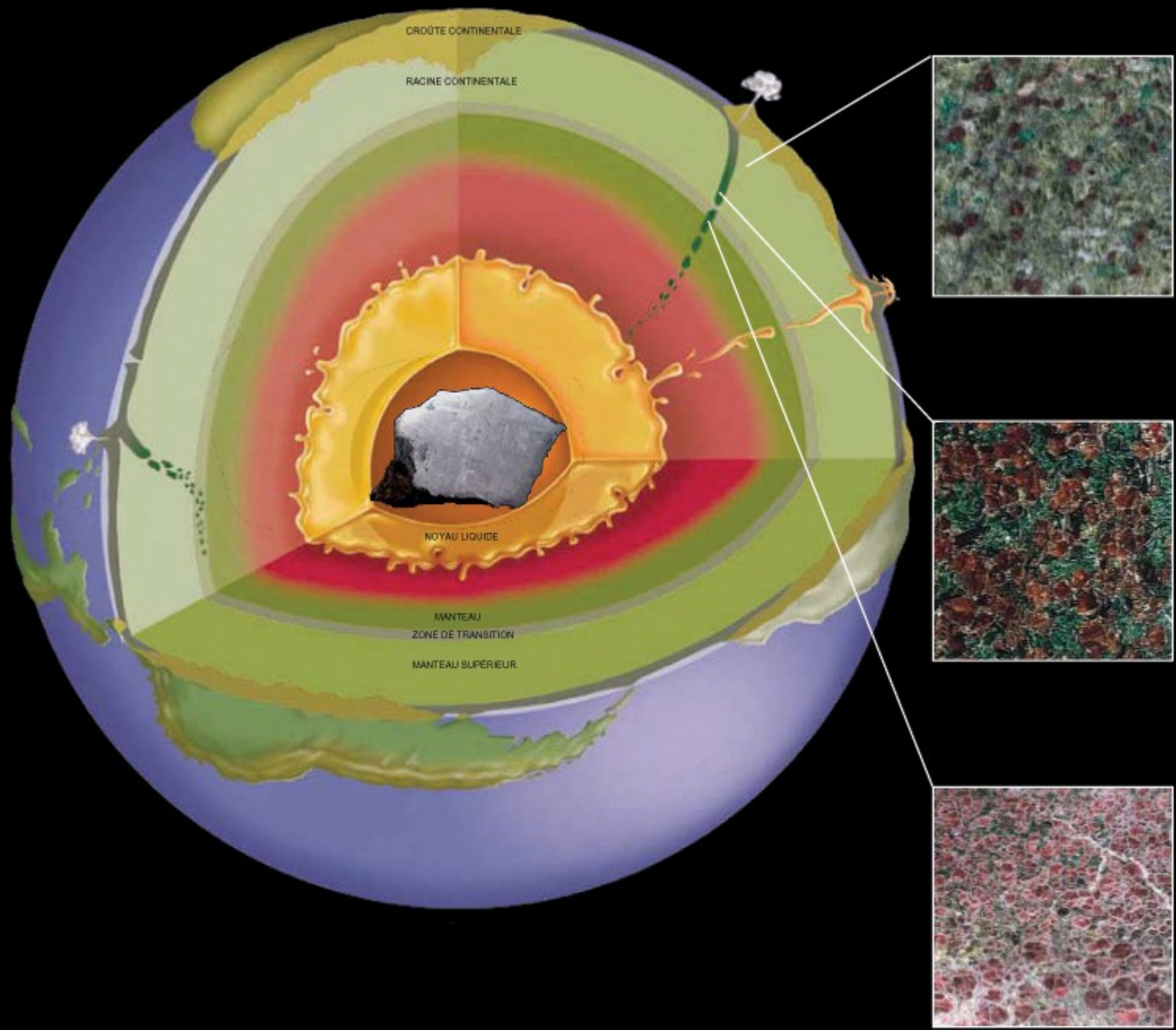
5 minéraux



PERIDOTITE

ECLOGITE





2-Au delà de 300km

+ de 80% du manteau (le blanc d'œuf 400-2900km)

la totalité du noyau (le jaune 2900-6400km)

sont inaccessibles à l'observation directe



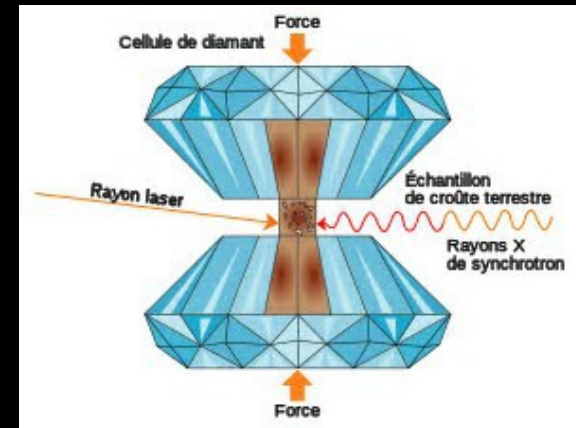
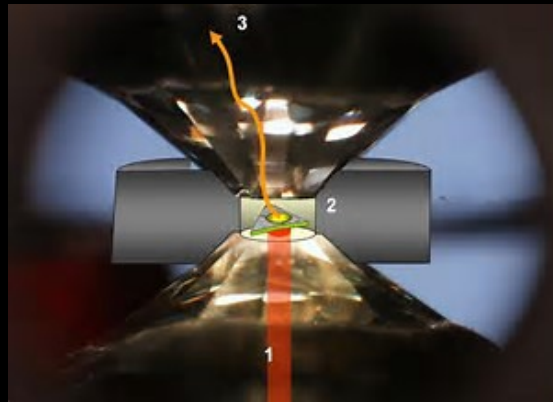
2-Au delà de 400km

on se fait une idée de la minéralogie profonde

- ❖ Des expériences en laboratoire
- ❖ L'étude des météorites différenciées

2-Modèles minéralogiques de 300 km à 2900 km

Expériences HP-HT : cellule à enclumes diamants



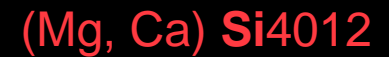
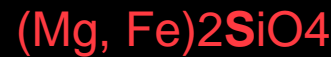
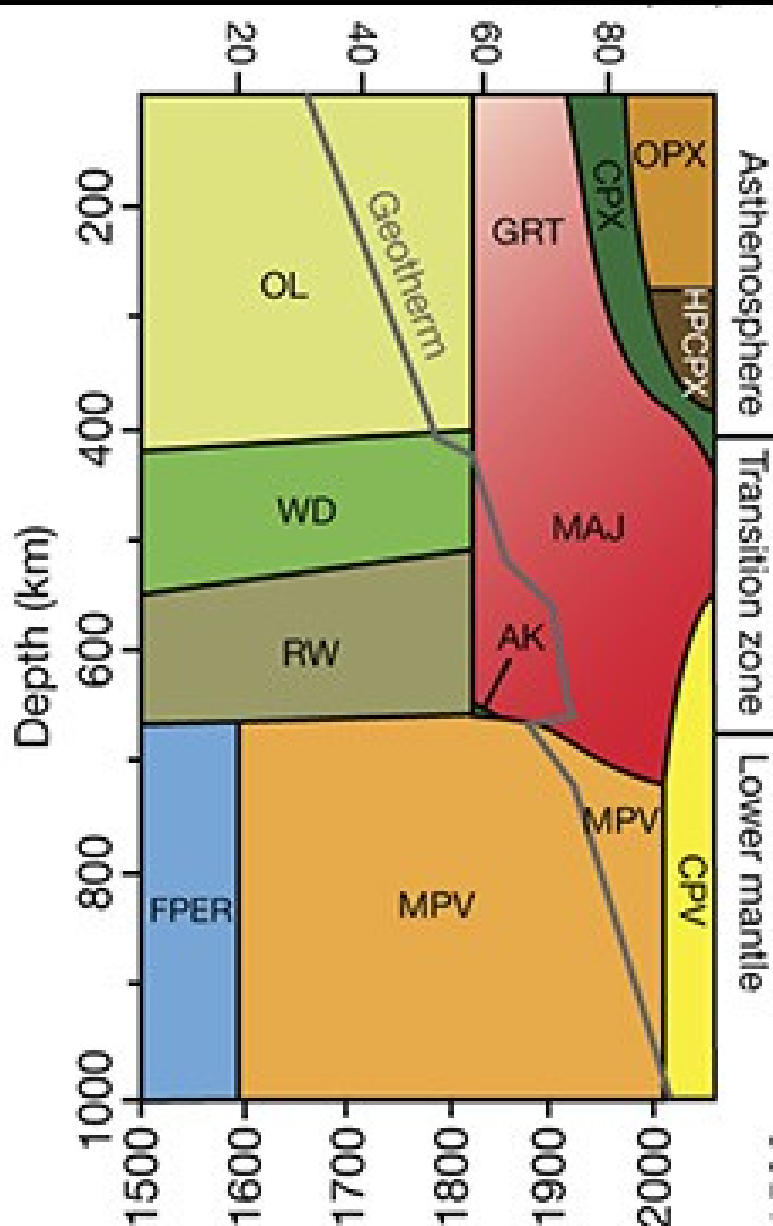
- 400-670km Manteau Sup./ zone de transition (240kbar)

- 670-2900 km Manteau inférieur (1300 kbar)

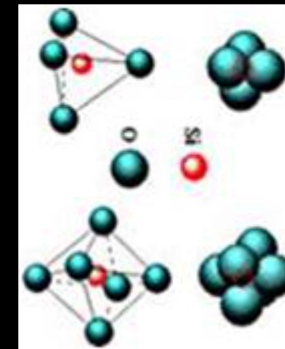


Nouveaux minéraux

Métamorphoses minérales sous l'effet de la pression depuis 1985



Wadleyite
Ringwoodite



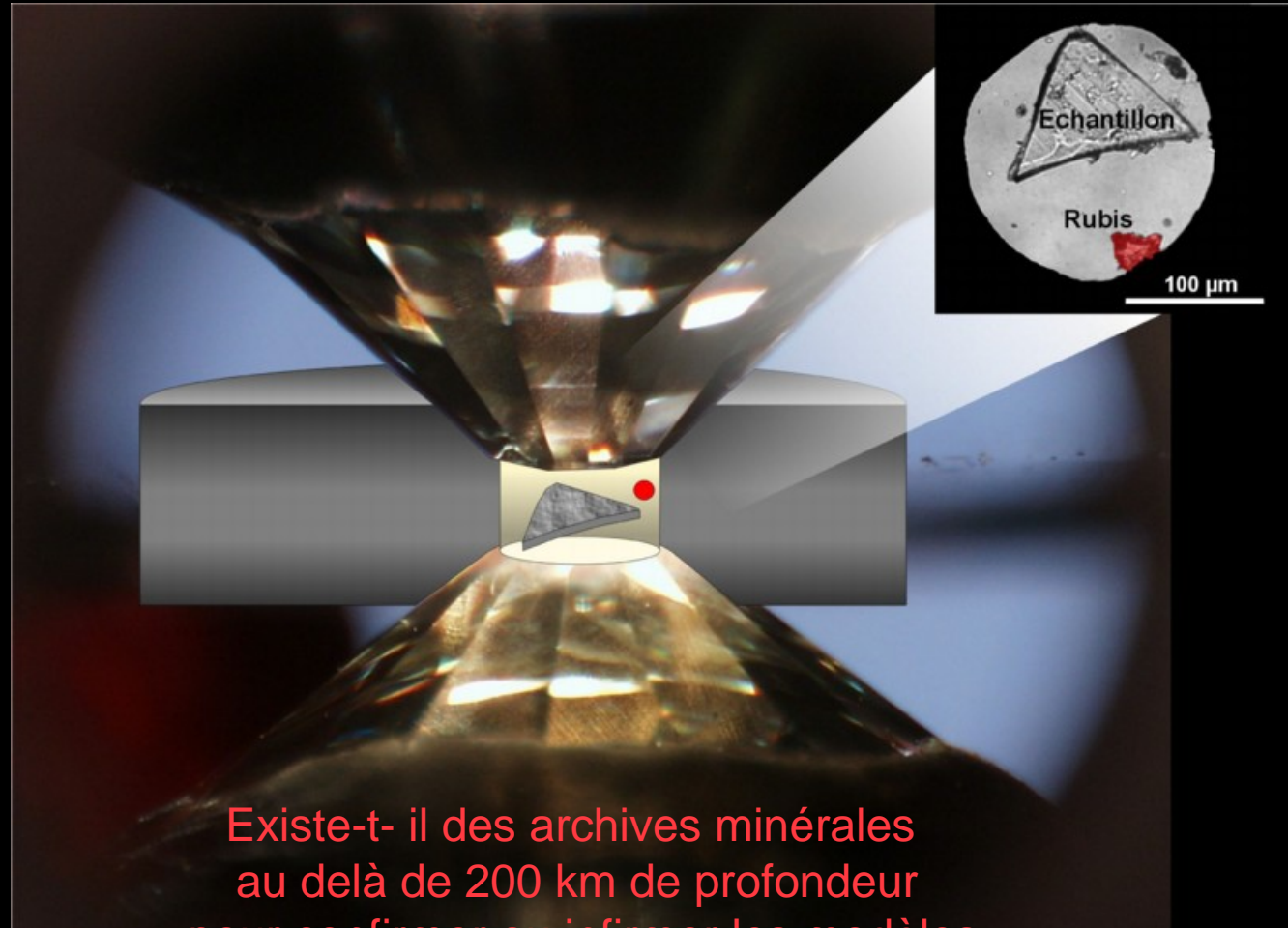
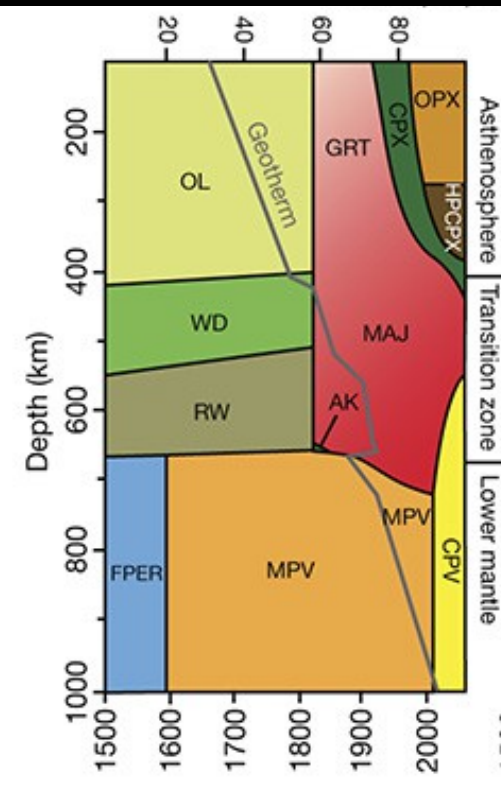
Grenat
majorite



Ferro periclase Magnesioperovskite



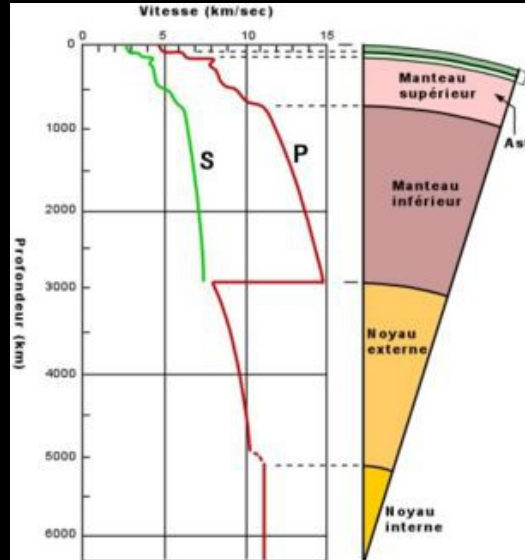
2-Les modèles expérimentaux prévoient la minéralogie du manteau de 200 à 2900 km



Existe-t- il des archives minérales au delà de 200 km de profondeur pour confirmer ou infirmer les modèles

?

3- Jaune d'œuf au delà de 2900 km Sismologie (années 60)

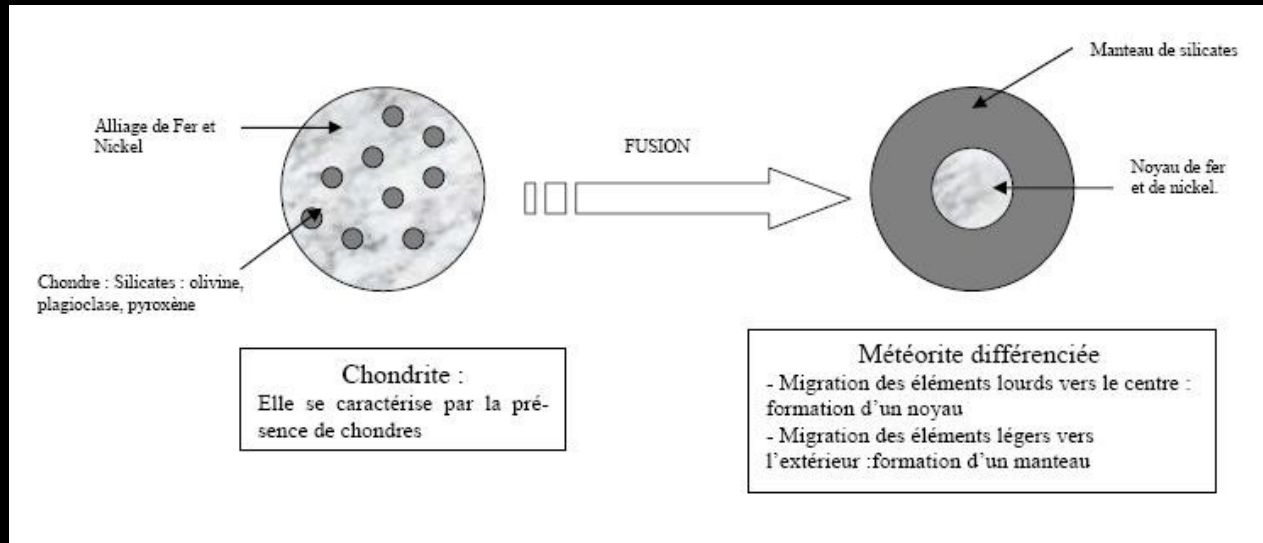


-Couche D'' Interface manteau-noyau

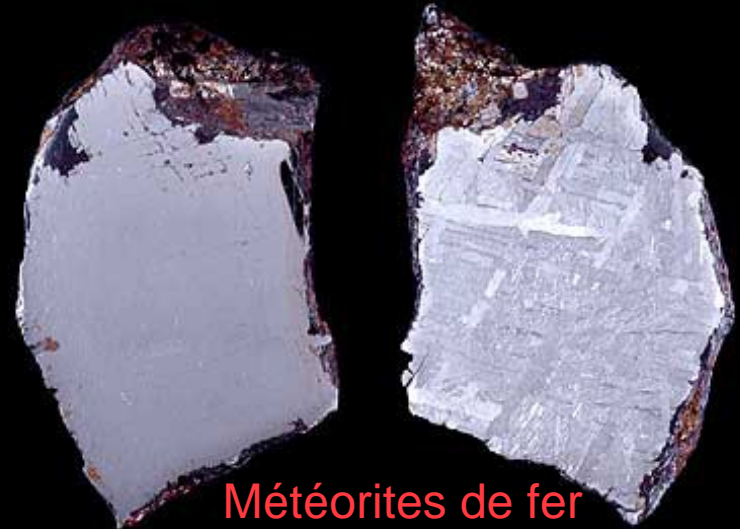
-Noyau externe (2900-5150km) : arrête les ondes S
=> c'est du fer liquide

-Noyau interne la graine (5150-6400km) : fer solide
85% Fe + 7% Ni + 5-10% + elts légers ? S, Si, O, C

3- Jaune d'œuf au delà de 2900 km Cœur d'astéroïde différenciés



Pallasites
Pseudo couche D''



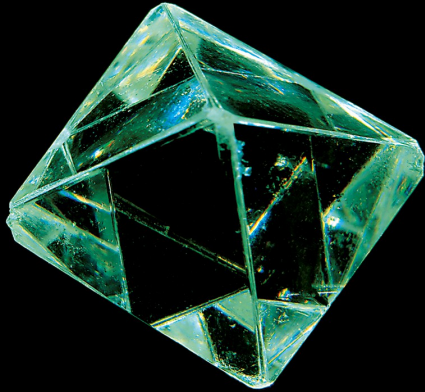
Météorites de fer
Le noyau

Et le diamant dans tout cela

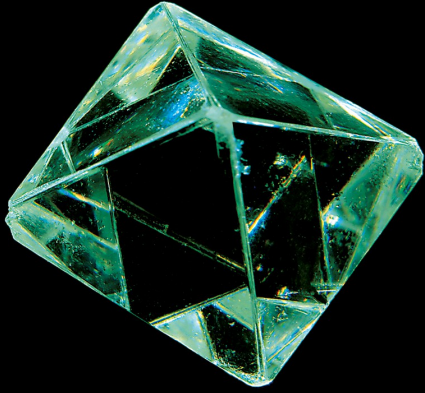


On sait que c'est du graphite sous pression (50 kbar) à chaud

Histoires minières de l'Inde (800 av JC -> XVIII) puis au Brésil



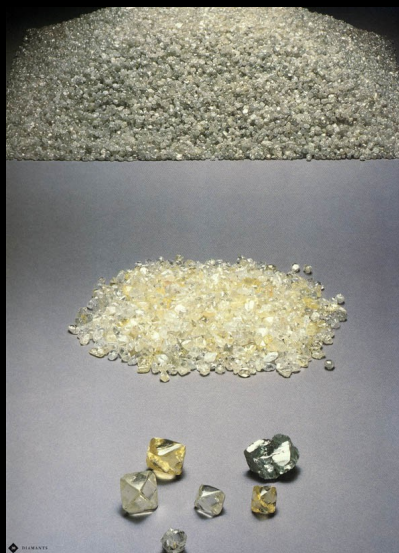
1870 : des diamants dans le désert à Kimberley (Afrique du Sud)



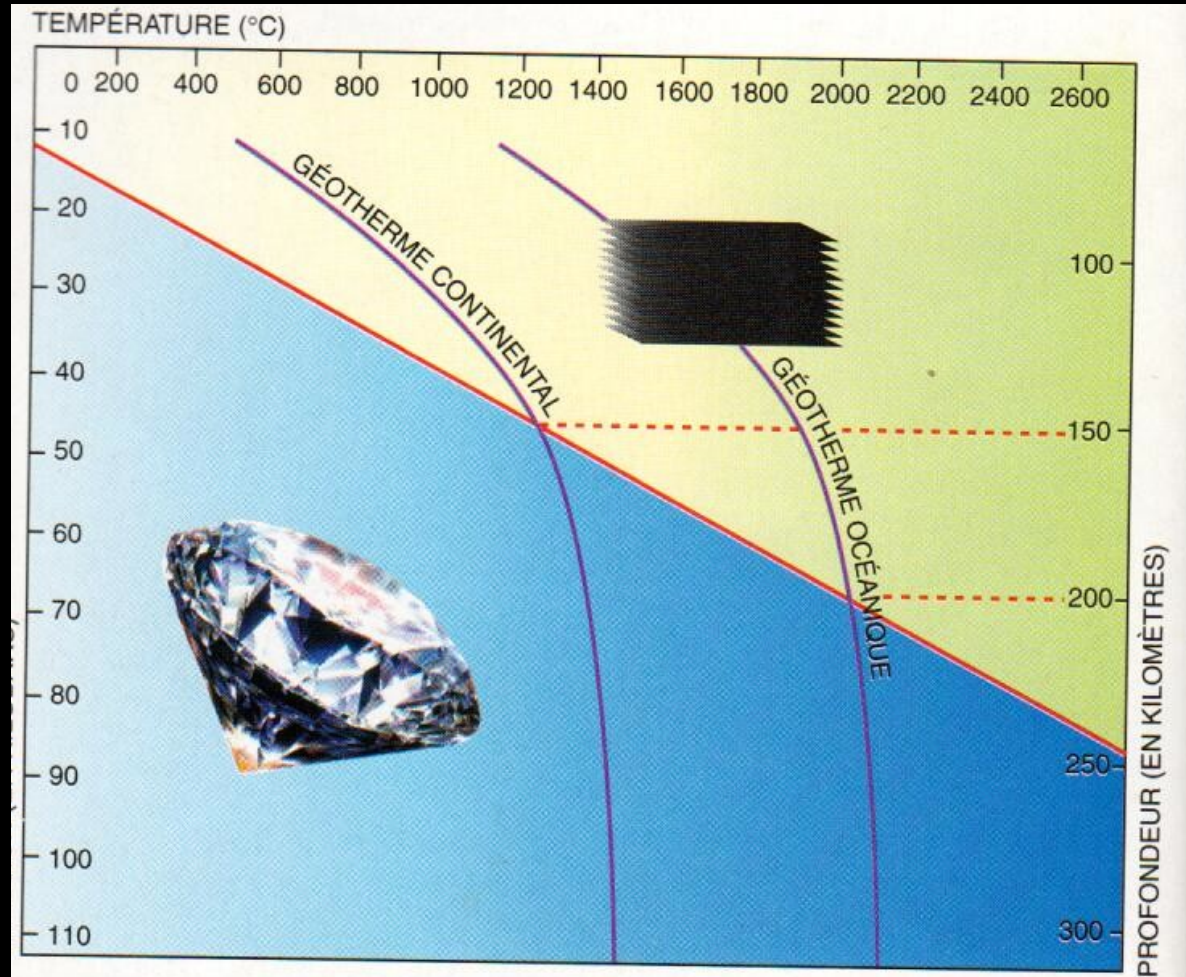
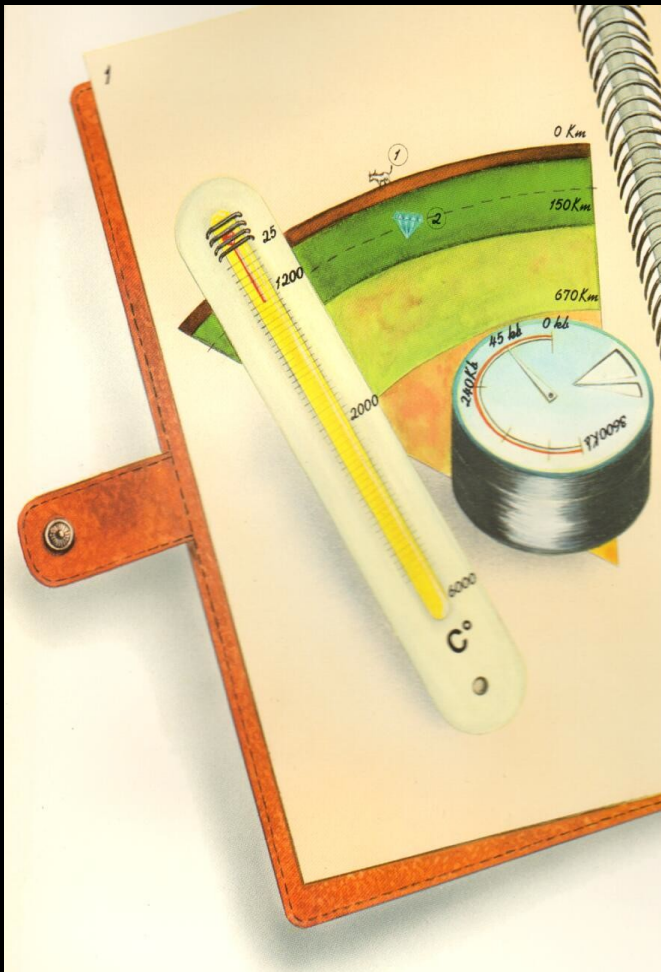
Volcans aux racines profondes



Kimberley



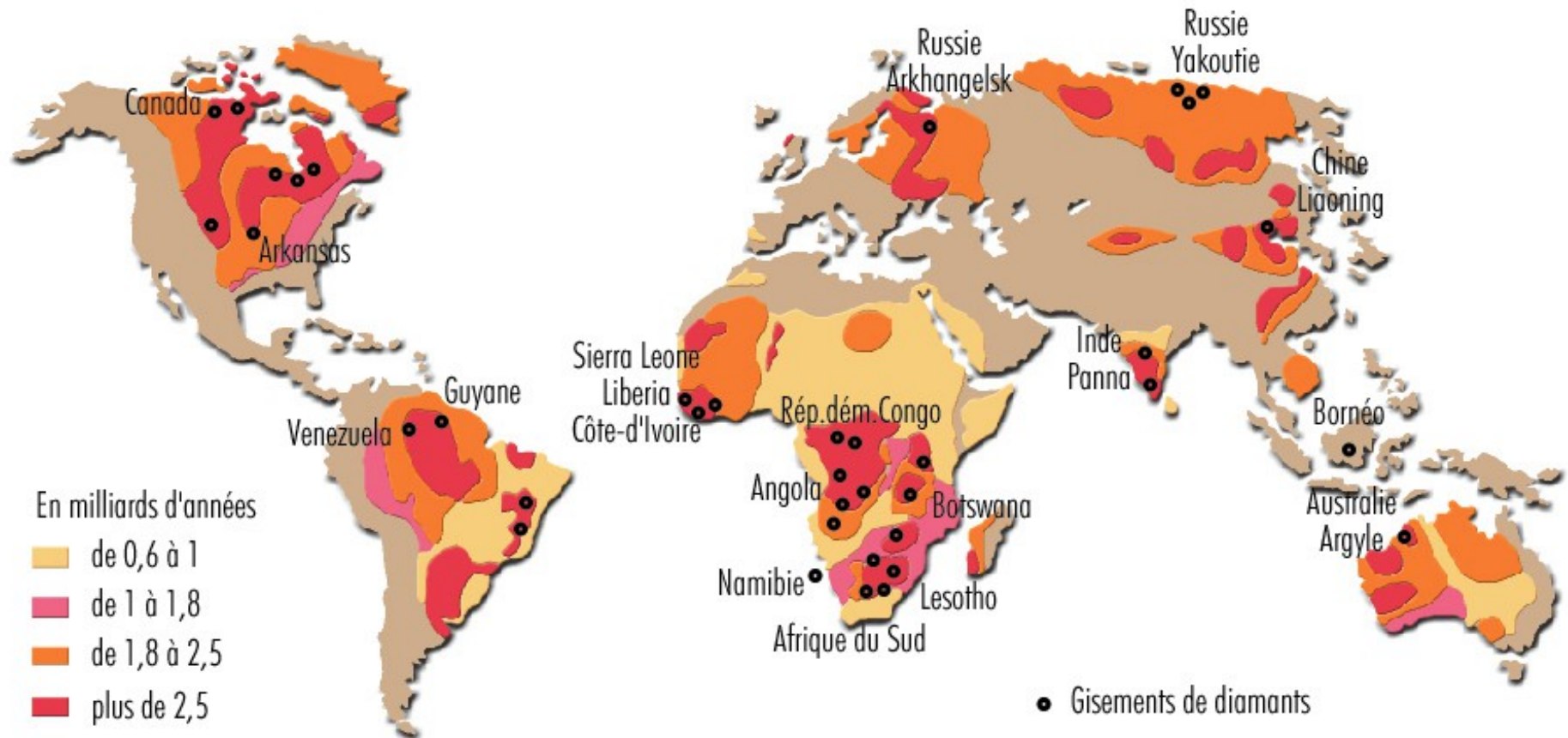
Synthèse du diamant en laboratoire (années 50)



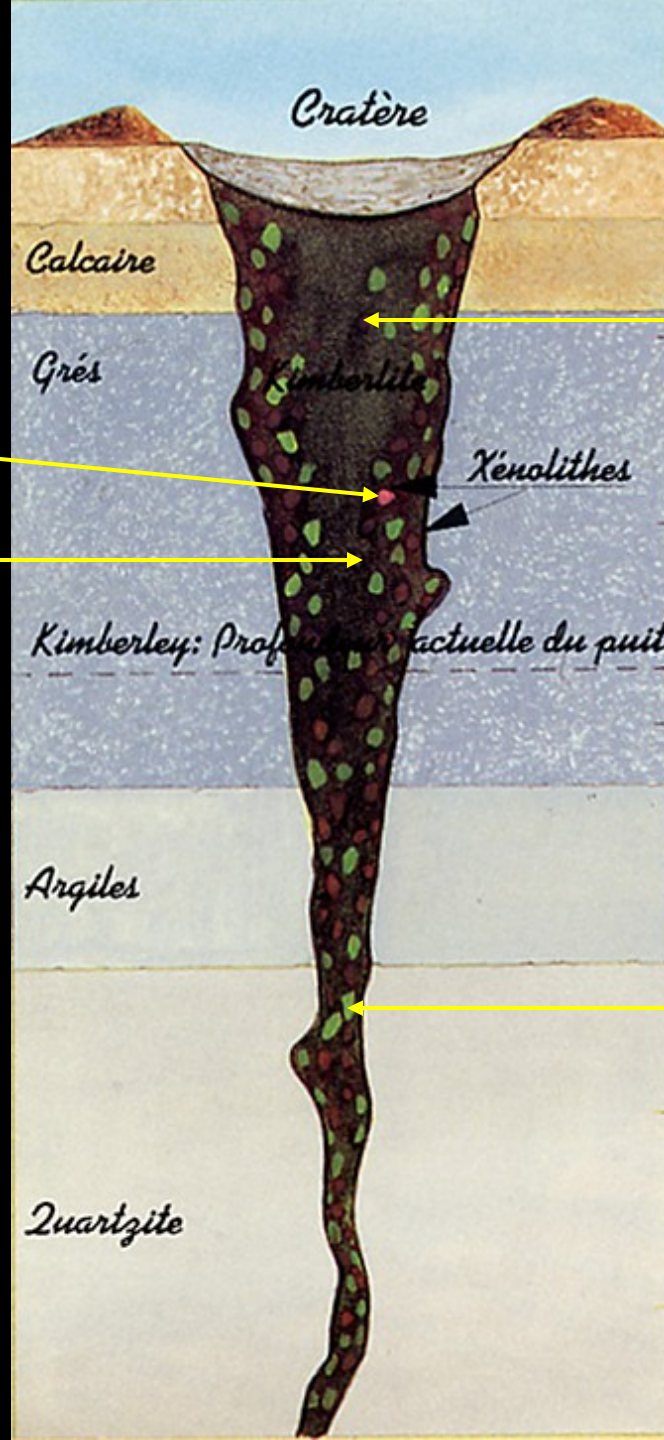
Les diamants naissent à l'intérieur de la Terre (>150km) et sont remontés par des ascenseurs volcaniques explosifs les kimberlites

Volcanisme kimberlitique explosif est rare

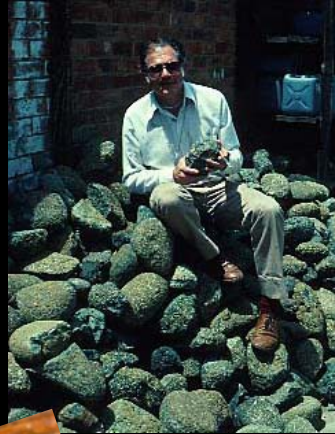
Mines de diamants dans le monde



Kimberlite



La lave remonte des galets de roches du manteau supérieur

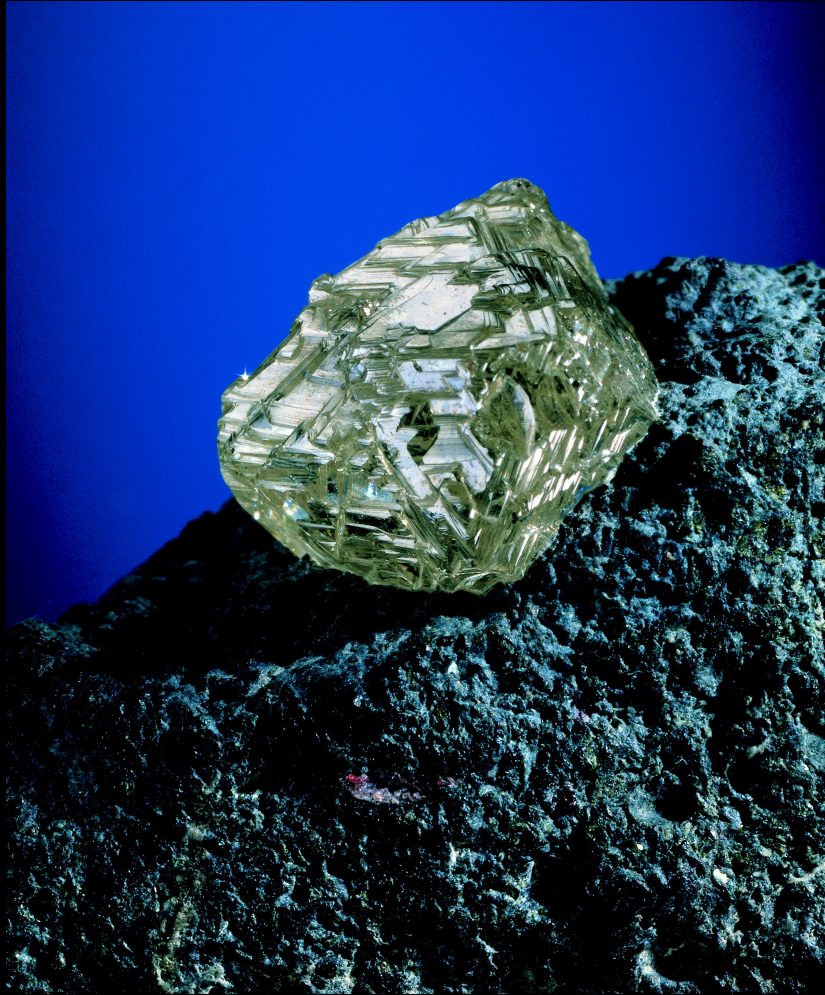


Péridotite



Eclogite

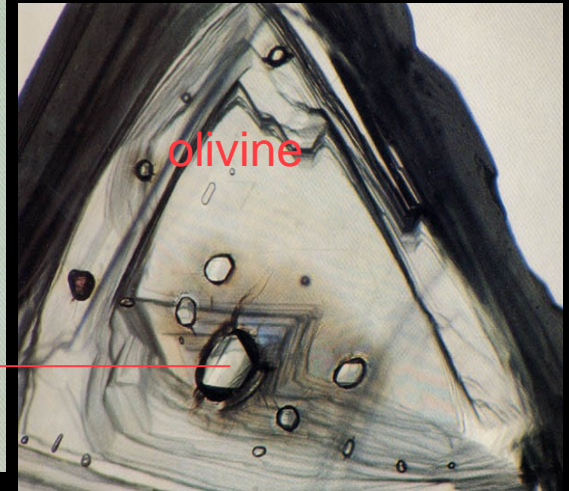
et d'autres compagnons de voyage !



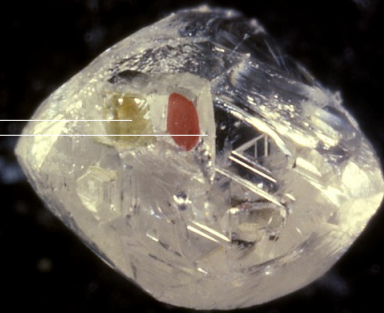
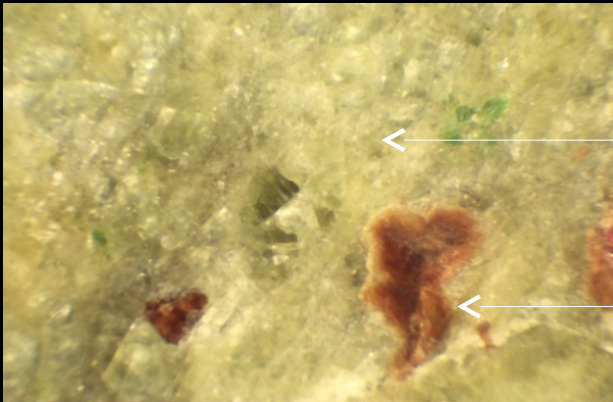
Lave : berceau du diamant ou simple ascenseur ?

Inclusions minérales dans les diamants ->150-200km_

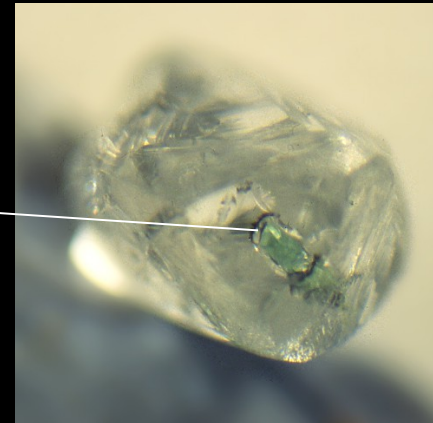
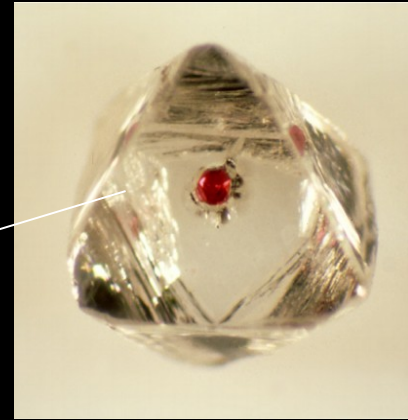
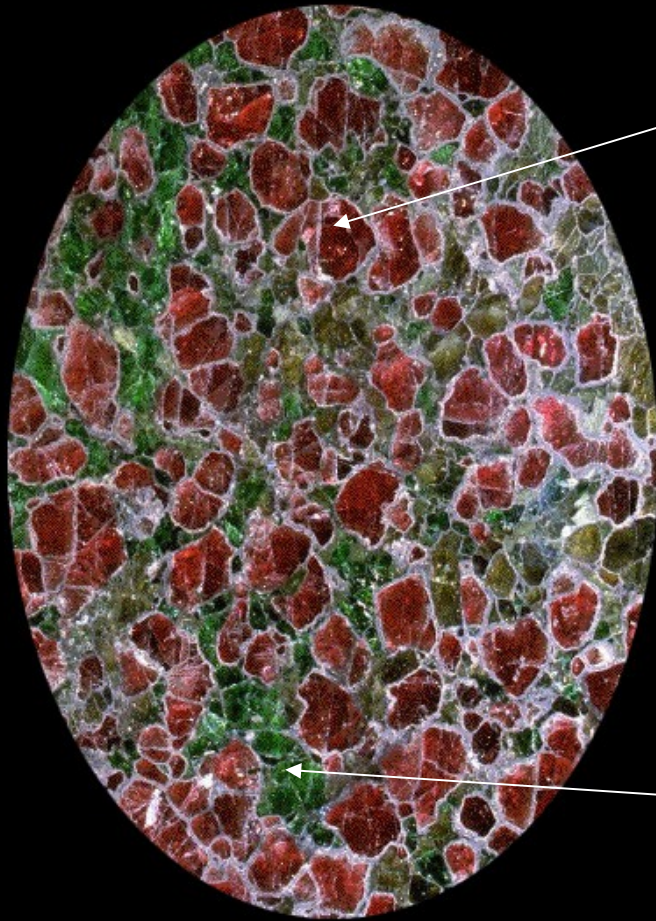
Péridotite



Encore des inclusions minérales de péridotites



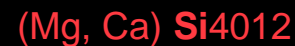
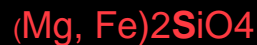
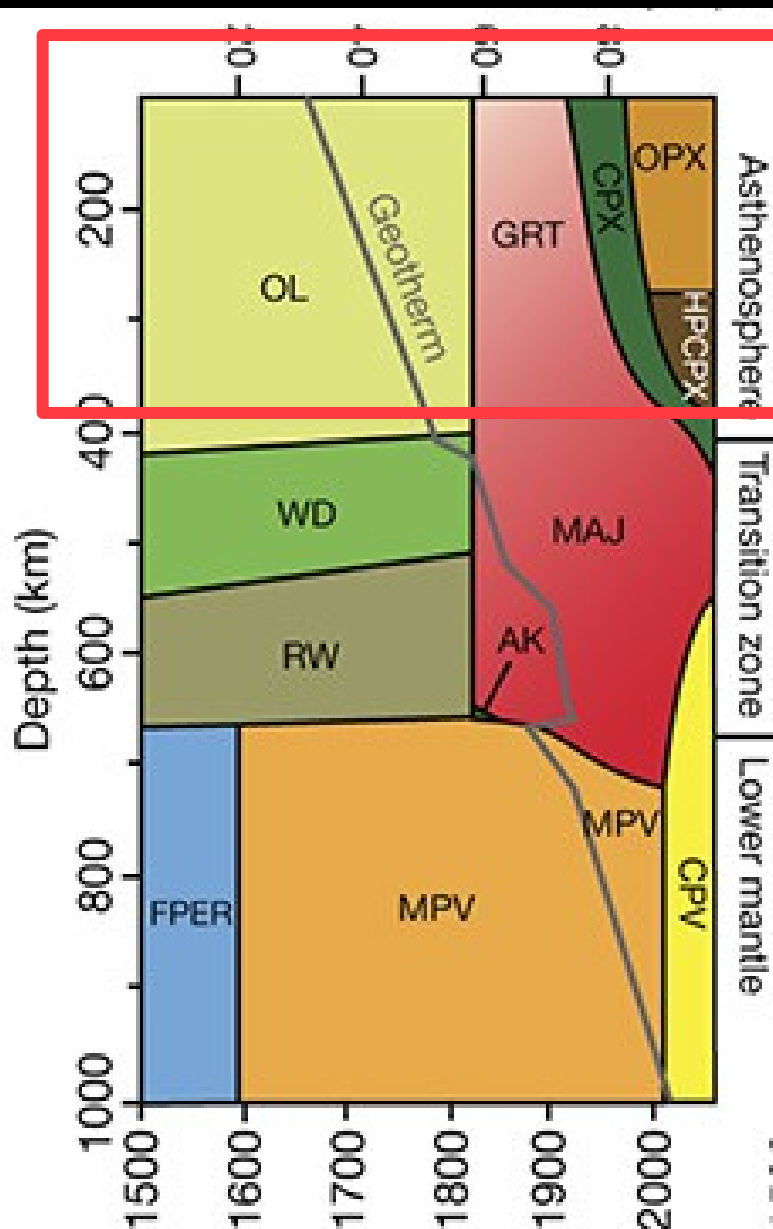
Eclogite



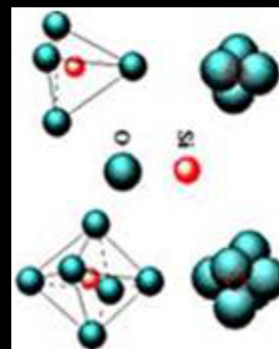
Métamorphoses minérales sous l'effet de la pression

Minéralogie expérimentale. Depuis les années 80

P



Wadleseite
Ringwoodite



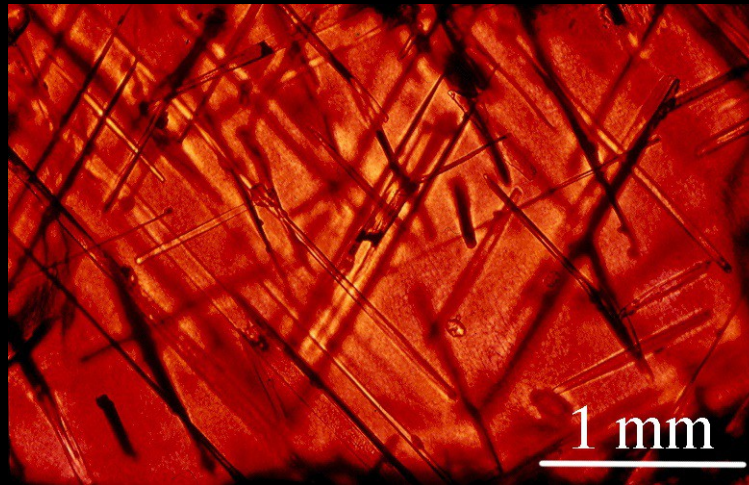
Grenat
majorite



Ferro periclase Magnesioperovskite



Au delà de 400km inclusions ultra profondes



Majorite
400-670km

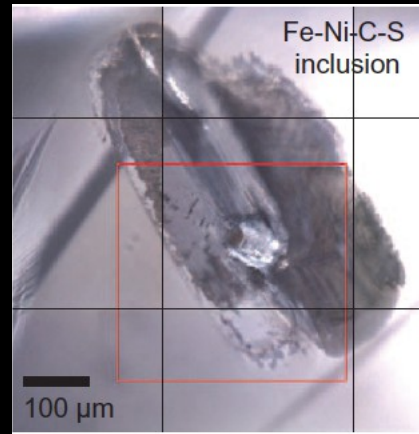
*Sautter & Haggerty 1989
Science*



Inclusions
> 670km (années 2000)
de perovskite et magenio
Wustite

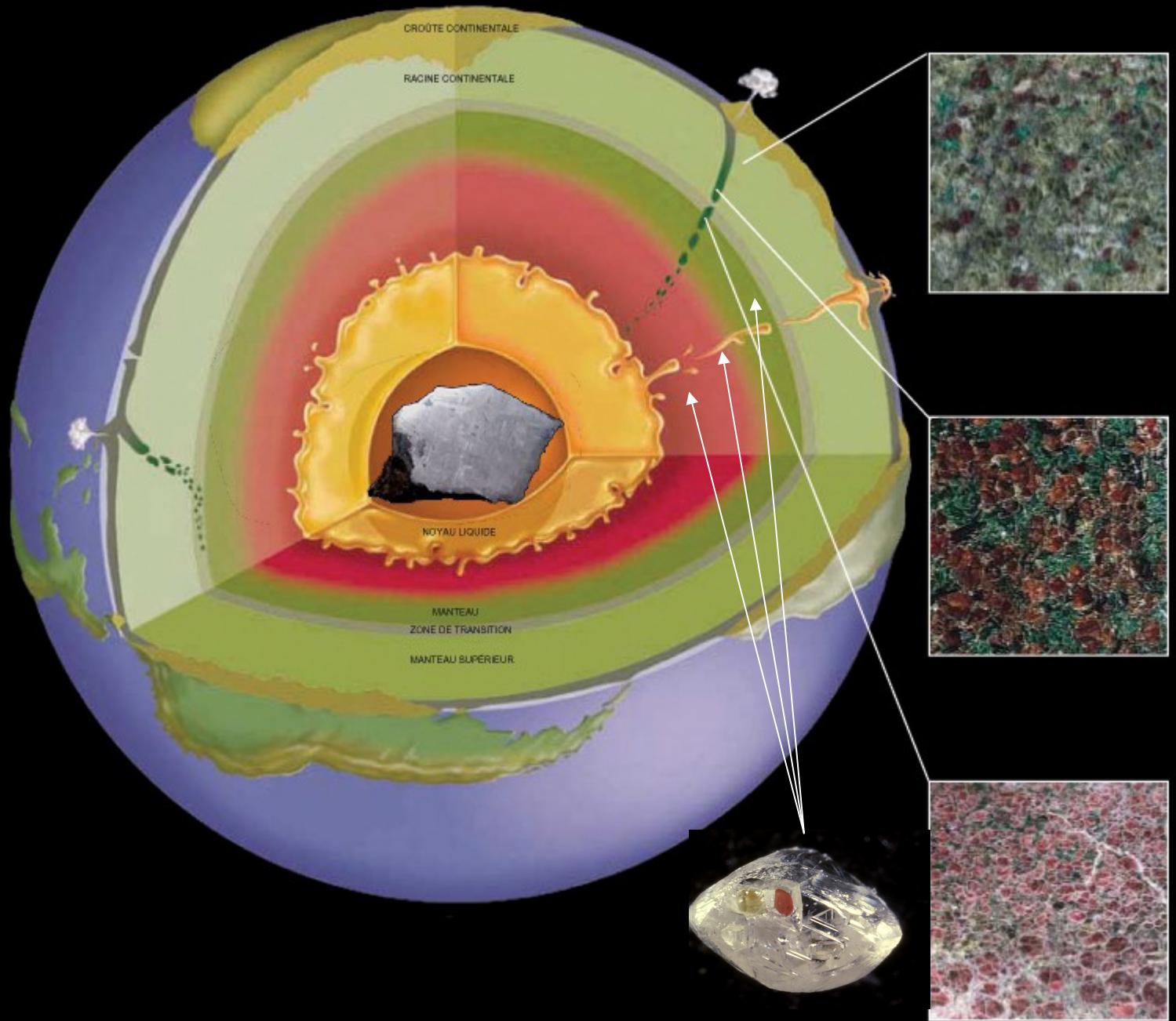
Harte 1999

Inclusions de Fe-Ni

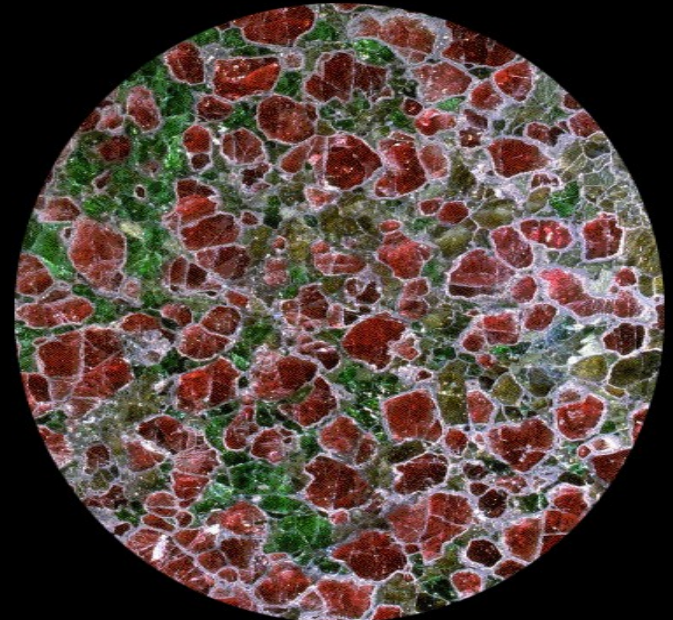
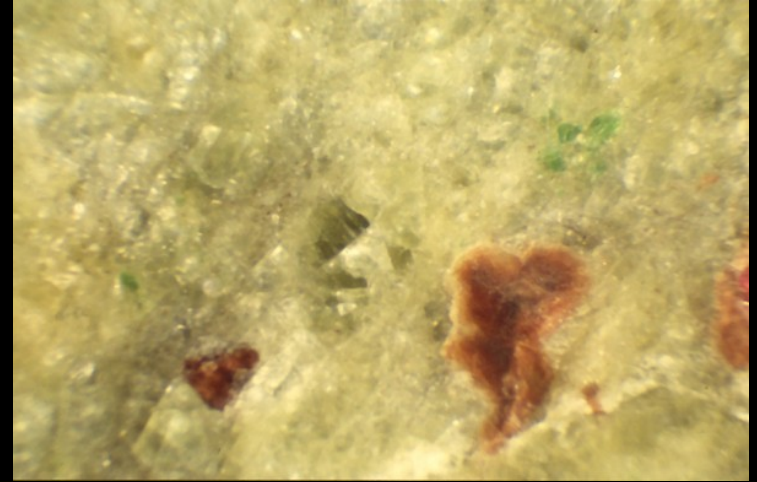


Inclusions au delà de 2400km de
profondeur

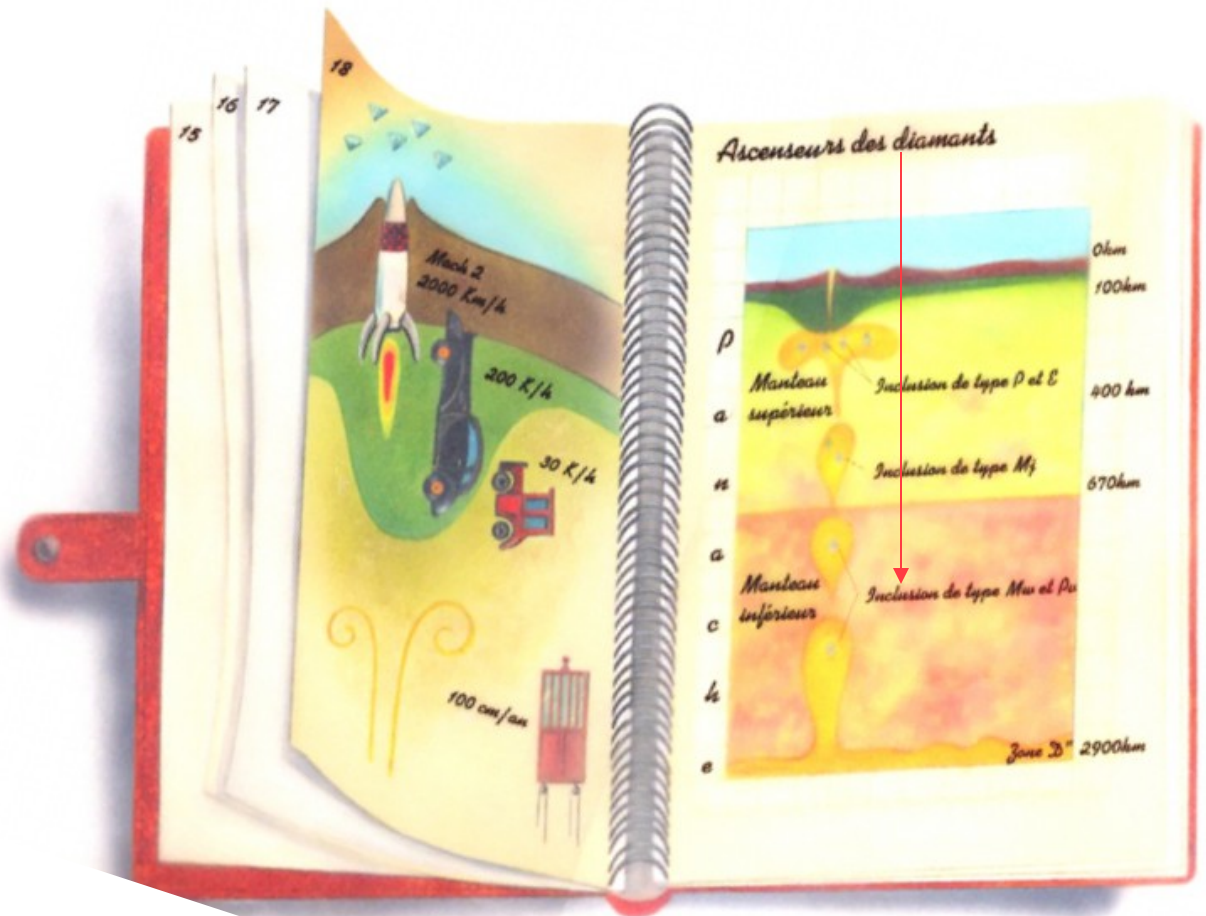
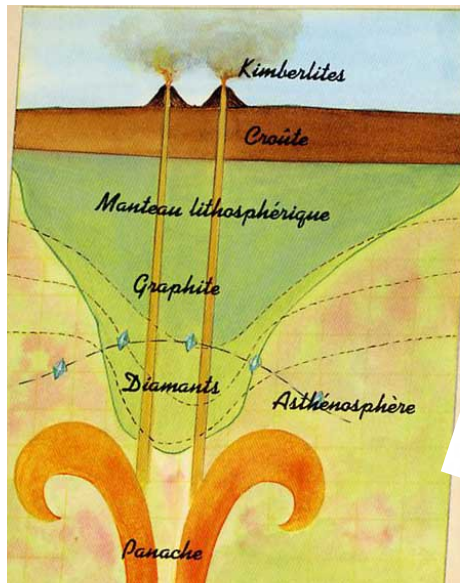
Le diamant en lui même est une mine !



Le manteau terrestre vitrail vert et rouge



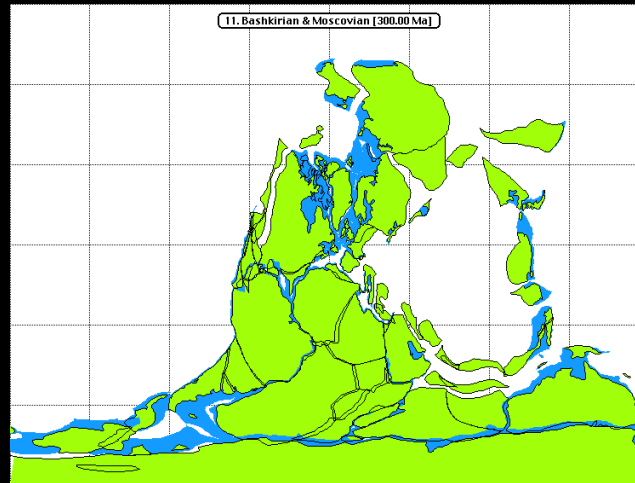
Éruptions cataclysmiques : KIMBERLITES



Rivières, érosions : placers de roches sédimentaires

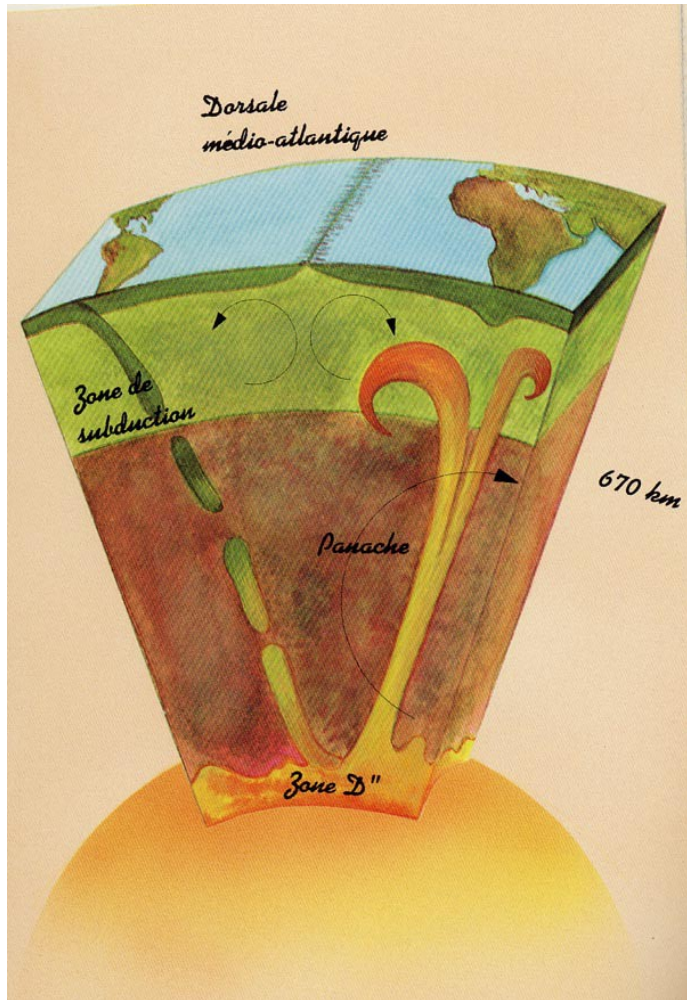
PHYSIOLOGIE DE LA TERRE

La tectonique des plaques



Son moteur: la convection dans le manteau

Les diamants témoins minéralogiques de la convection



Les diamants par inclusions (impuretés en 3D) voyage au centre de la Terre

D'autres diamants "impurs" sont de toutes les couleurs (impuretés 1D /2D)

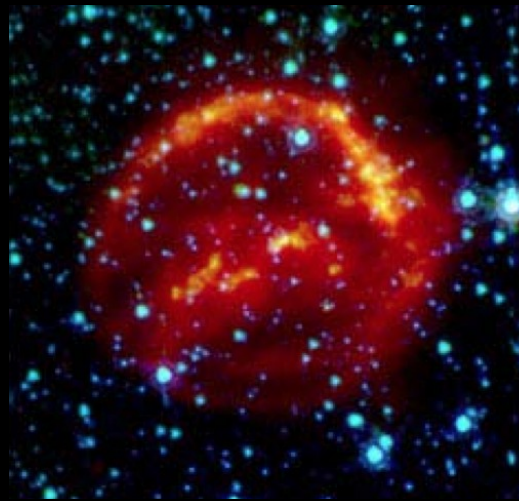


II

Diamants:
Poussières d'étoiles
voyage extra-terrestre
dans des temps présolaires

Caligary 1984

Rayonnement mystérieux autour d'étoiles riches en carbone
Des géantes rouges agonisantes



Spctre IR d'émission de diamant

Météorite d'Orgueil Tarn et Garonne 14 mai 1864

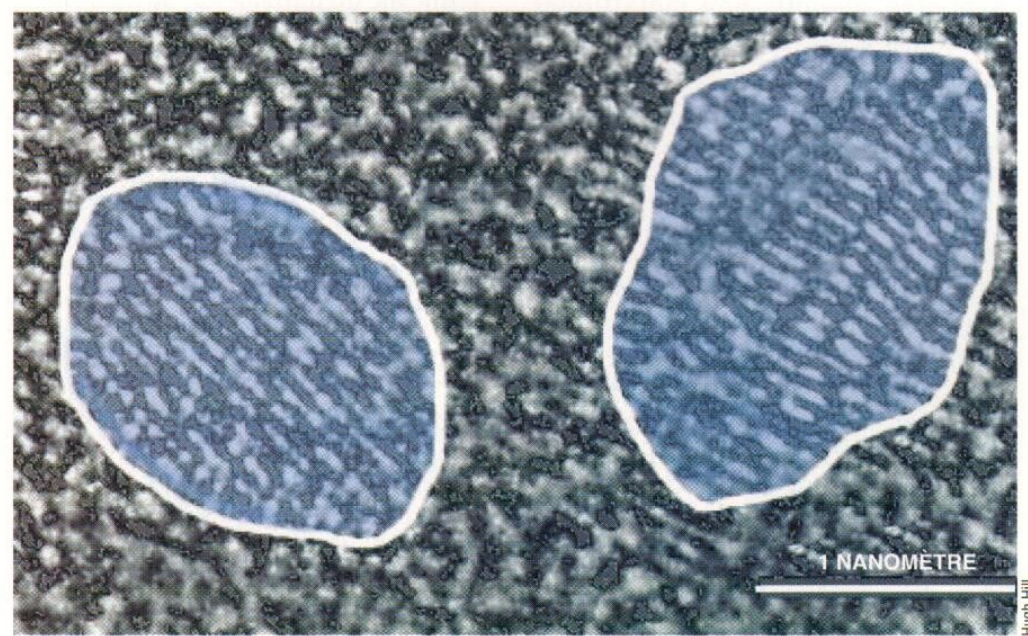


Météorite primitive (4.5 milliards d'année) riche en carbone
Double signature isotopique l'une solaire l'autre pas
Intrus porteurs d'une anomalie isotopique
(signature extra solaire)

Quel mystérieux minéral porte ce enrichissement en Xénon?



H.Hill 2001

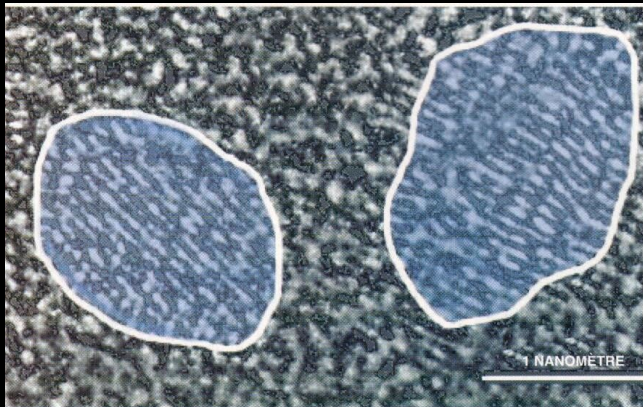


1. SUR CETTE IMAGE PRISE AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE, on distingue deux nanodiamants de la météorite d'Orgueil: ce sont les zones où les atomes de carbone sont alignés.

Des nanodiamants portent cette anomalie

Intrus pré-solaires (> 4.567 Ga) dans la météorite d'Orgueil

Ces nanodiamants ont le même rayonnement Infra rouge que celui observé autour d'étoiles agonisante (*Hill et Dendecourt 2001*)

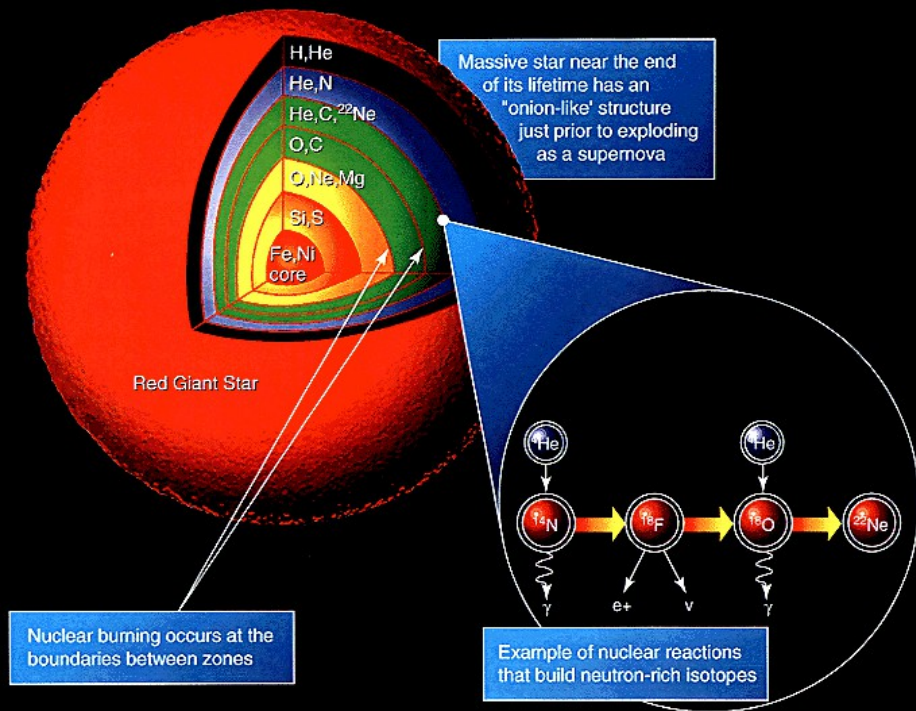


Etoiles centrales nucléaires du cosmos

H, He, C par réaction de fusion au cœur de l'étoile

Supernovae en explosant ensemence l'espace intersidéral en myriade de particules en C petits diamants ?

P micro bar ???



Diamants CVD

Synthèse de diamants à basse pression dans des plasma gazeux

