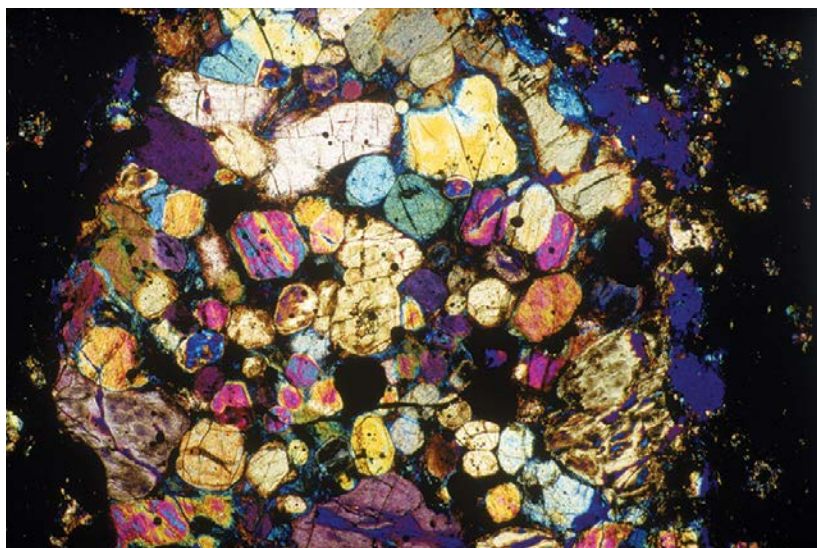




Coupe d'un échantillon de la météorite Allende, observée au microscope en lumière polarisée. L'étude du matériau de la météorite a révélé des traces d'un champ magnétique dont était doté le planétésimal parent.

hafnium restant dans le manteau ont continué à se désintégrer en tungstène. En mesurant les concentrations de hafnium et de tungstène restés dans le manteau, on a pu estimer que la formation du noyau terrestre s'est achevée environ 30 millions d'années après la naissance du Système solaire.

De la même façon, des mesures isotopiques réalisées sur des météorites ferreuses ont montré qu'elles provenaient d'objets formés dans les 500 000 ans qui ont suivi les premières condensations de gaz et de poussière du disque protoplanétaire. Si les météorites ferreuses sont des fragments du noyau de planétésimaux qui ont volé en éclats à la suite d'impacts, cela voudrait dire que les planétésimaux ont effectivement dû se former, fondre et créer des noyaux de fer dans cette minuscule fenêtre temporelle.

FORMATION PLANÉTAIRE ACCÉLÉRÉE

Des données expérimentales montrant clairement que le Système solaire s'est formé beaucoup plus vite qu'on ne le pensait, les spécialistes devaient désormais expliquer comment les planètes ont pu apparaître aussi vite. La balle était de nouveau dans le camp des théoriciens. Par quel mécanisme la poussière et les cailloux, de taille comprise entre quelques micromètres et quelques centimètres, tous en orbite autour du jeune Soleil, ont-ils réussi à s'assembler pour former des objets jusqu'à 10 millions de fois plus gros (des planétésimaux de 100 kilomètres de diamètre) en seulement 500 000 ans ?

La réponse est tout sauf évidente. La physique classique indique que de petits agrégats de poussière qui entrent en collision peuvent facilement se lier grâce aux forces électromagnétiques, un peu comme l'électricité statique tend à créer des moutons de poussière

domestique. Par ailleurs, un effet d'amortissement des impacts, l'énergie du choc étant absorbée par compression et perte de porosité, aide les amas à rester collés plutôt qu'à rebondir les uns sur les autres et à se séparer.

Mais, en grossissant, ces corps finissent par atteindre un obstacle : la « barrière du mètre ». En effet, à partir d'une certaine taille, ces cailloux deviennent trop gros pour être tenus par les forces électromagnétiques, et ils sont encore trop peu massifs pour être maintenus en un seul bloc par l'attraction gravitationnelle. Les impacts, même à très faible vitesse, entraînent la destruction plutôt que l'accrétion de ces agglomérats. Il semble alors impossible d'obtenir des corps de un mètre de diamètre ou plus. Pourtant, nous savons que cette barrière du mètre a été franchie : la planète sur laquelle nous nous tenons aujourd'hui le prouve. D'autres processus doivent donc être en jeu.

Plusieurs idées ont été proposées pour résoudre cette énigme. La plupart font intervenir des mécanismes qui compriment et concentrent le matériau du disque protoplanétaire. Les pistes font notamment intervenir des effets de turbulence qui projettent les particules les unes sur les autres. Ces forces tourbillonnaires pourraient inclure des phénomènes tels que les ondes de Kelvin-Helmholtz, qui se développent entre le gaz et la couche de poussière du disque. La compression de certaines régions riches en matériau les unes sur les autres pourrait former des objets plus gros.

Anders Johansen, de l'université de Lund, en Suède, a proposé un mécanisme d'instabilité de courant. Indépendamment d'Hal Levison, de l'institut de recherche du Sud-Ouest, à San Antonio, au Texas, il a travaillé, avec Michiel Lambrechts, sur un autre modèle, dit d'« accrétion de galets ». Ses calculs indiquent que même les plus petits morceaux de poussière et de gravier se seraient accumulés, par des effets gravitationnels et par friction avec le gaz, sur certaines orbites pour venir s'ajouter à un planétésimal en croissance, et cela suffisamment vite pour que des planétésimaux naissent très tôt dans l'histoire du Système solaire.

Si ces scénarios expliquent comment les planétésimaux se sont formés en un temps relativement court, ils sont insuffisants pour déclencher la différenciation de ces corps en un noyau et un manteau. Si les planétésimaux s'étaient initialement formés à partir de matériaux du disque primordial où métaux et silicates étaient intimement mêlés, alors seules des températures élevées et une fusion interne au moins partielle auraient assuré que le métal coule vers le centre et forme un noyau. Des calculs montraient notamment que la chaleur libérée quand ces objets relativement petits se fracassent les uns sur les autres est insuffisante pour atteindre le point de fusion. Par conséquent, les >