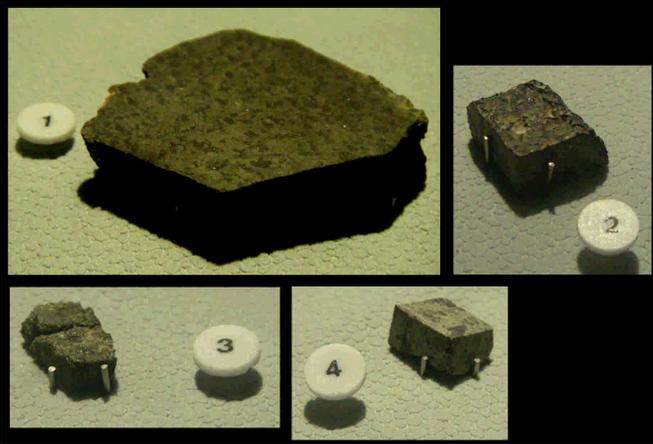


Météorites martiennes et retour d'échantillons

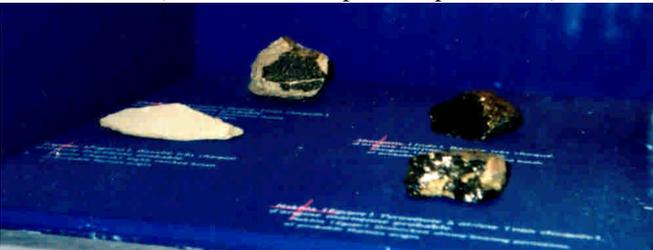
Les agences spatiales étudient, depuis plusieurs années, des missions automatiques de retour d'échantillons martiens. Nous savons aussi que de tels échantillons existent sur Terre sous forme de météorites, roches qui, suite à un impact météoritique sur Mars, sont éjectées avec une vitesse suffisante pour échapper à la gravitation de la planète et que le hasard de leur course orbitale conduit après plusieurs millions d'années et de tours du soleil à percuter la Terre. On en découvre de nouvelles tous les jours car, alors qu'en 2002 leur nombre identifié était de l'ordre de la vingtaine, on en est maintenant à la cinquantaine. On se souvient de l'émotion soulevée par l'annonce de la découverte de traces de vie fossile dans la météorite ALH 84001 en 1996 aux USA (voir à ce propos l'article « A la recherche d'une vie sur Mars » dans le bulletin n° 13 d'octobre 2002). Cette découverte a été contestée par une partie de la communauté scientifique et depuis cette période rien n'est venu ni confirmer ni infirmer ces premières conclusions.



Quatre météorites martiennes exposées en 2007 au muséum d'histoire naturelle à Paris :

- 1-Dar Al Gani 476, une Shergottite (basalte) de 2 kg trouvée en Libye en 1998 ; échantillon de 34g.
 - 2-Los Angeles, une shergottite de 700g reconnue aux USA en 1999 ; échantillon de 4,4g.
 - 3-Governador Valadares, une Nakhlite (clinopyroxénite) de 158 g trouvée au Brésil en 1958 ; échantillon de 1,11g.
 - 4-Say Al Uhaymir 005, une Shergottite de 1,3 kg trouvée en Oman en 1999 ; échantillon de 1,5g.
- (doc. A. Souchier)

Compte tenu de leur nombre, il est devenu aisé maintenant de voir de près des fragments de ces météorites martiennes dans des musées ou dans des magasins spécialisés où l'on peut même les acheter et posséder ainsi un petit morceau de Mars chez soi (idée de cadeaux pour les passionnés).



Météorites martiennes de l'exposition « Météorites » de 1996 au muséum d'histoire naturelle avec indications de la nature de la roche : Zagami à gauche (basalte très choqué), Chassigny au centre au fond (dunite non choquée), Shergotty au fond à droite (basalte très choqué) et Nakhla au premier plan à droite (pyroxénite à olivine non choquée).(doc. A.Souchier)

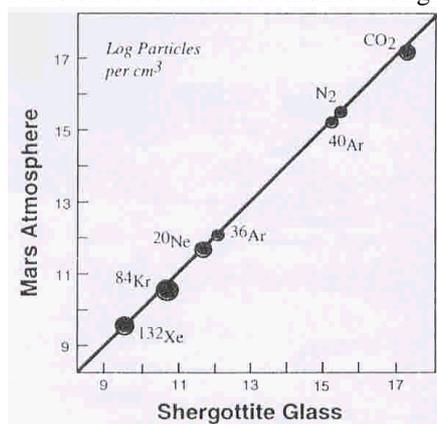


Autres météorites martiennes du muséum d'histoire naturelle présentées en 1996 lors de l'exposition « Météorites ». En haut fragment de 115 g de la météorite de 10 kg tombée à Nakhla en Egypte le 28 juin 1911 ; au milieu à droite un fragment de 110 g de la météorite de 756 g tombée à Chassigny en France le 3 octobre 1815 ; au milieu à gauche un fragment de 24 g de la météorite de 5 kg tombée à Shergotty aux Indes le 25 août 1865 ; en bas un fragment de 203 g de la météorite de 18 kg tombé à Zagami au Nigeria le 3 octobre 1962.(doc. A.Souchier)

Les météorites martiennes présentent des compositions de 3 types différents : 78 % sont des Shergottites, 16 % sont des Nakhrites, 5 % sont des Chassignites, et une météorite, la fameuse ALH 84001 est d'une nature différente. Les noms de ces matériaux proviennent de ceux des villes près desquelles des météorites caractéristiques ont été retrouvées. Le constituant des Shergottites est du basalte plus ou moins riche en olivine ; les Nakhrites contiennent surtout du pyroxène ; les Chassignites sont des dunites, variété de péridotite à plus de 90 % d'olivine. Les météorites martiennes sont désignées SNC d'après les initiales de ces trois termes.

Mais comment sait-on que l'on a affaire à des météorites en provenance de Mars ? D'abord les météorites classiques affichent un âge de 4,5 milliards d'années, l'âge du système solaire, et les SNC ont soit 1,3 milliard d'années (les Nakhrites et Chassignites) soit 170 millions d'années (les Shergottites) avec quelques cas isolés d'âge jusqu'à 500 millions d'années. Et il s'agit bien de l'âge de formation des roches pas celui de l'éjection de leur planète d'origine. Elles proviennent donc d'une planète qui avait une activité volcanique à ces époques. C'est seulement en 1979 que l'idée que ces météorites pourraient venir de Mars a ainsi commencé à germer. En 1983 l'analyse des gaz contenus dans une SNC de l'Antarctique, EETA 79001, a montré une composition en hélium, néon, argon, krypton, xénon et azote semblable à la composition

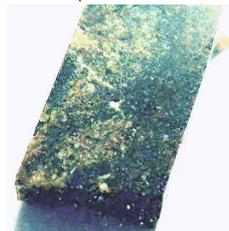
de l'atmosphère martienne. En 1995 l'analyse de Zagami a montré la même chose et en 1998 c'est au tour de Shergotty de dévoiler la même composition. Les SNC viennent bien de Mars ! Les SNC présentent également très peu de champ magnétique résiduel comme leur planète d'origine. Elles contiennent des minéraux hydratés preuve de l'existence d'eau sur leur monde d'origine.



Teneur relative en gaz xénon, krypton, néon, argon, azote et gaz carbonique dans la veine vitreuse de la Shergottite EETA 79001 et dans l'atmosphère martienne : les proportions sont identiques. (doc. Pepin et Becker)



On peut acheter des météorites martiennes comme celles présentées ici dans le magasin d'Alain Carion dans l'île Saint Louis. (doc. A. Souchier).

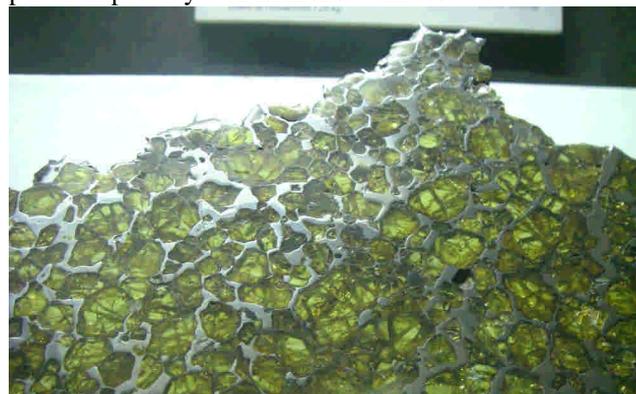


Vue rapprochée des deux fragments de météorites martiennes de la photo précédente. A gauche fragment d'environ 5 mm ; en dessous fragment de 4,54 g et d'environ 45 mm d'une météorite (DAG 670) trouvée à Dar Al Gani en Lybie.



Non seulement on sait dater l'âge des roches, mais on sait également dater, par l'effet des rayonnements cosmiques,

le temps passé dans l'espace donc la date d'éjection de Mars. Cette éjection s'est produite il y a 11 millions d'années pour les Chassignites et Nakhlites, et 3 millions d'années pour les Shergottites. Les Chassignites contiennent de l'olivine qui se forme à très grande profondeur. Les Nakhlites contiennent de grands cristaux qui indiquent un refroidissement lent opéré entre 100 et 1000 m de profondeur. Ces deux types de roches se seraient retrouvés près de la surface dans un complexe volcanique et éjectées par un impact il y a 11 millions d'années.



Bel exemple d'olivine dans une météorite non martienne du musée d'histoire naturelle ; l'olivine transparente apparaît en vert... olive. (doc. A.Souchier)

Dans une Nakhlite, la météorite Lafayette, on a même pu trouver assez de minéraux créés par l'action de l'eau pour dater le moment où celle-ci a agi : 670 millions d'années.

De même que l'on trouve sur Terre des météorites d'origine martienne, on trouve aussi des météorites d'origine lunaire. Mais on observe une bizarrerie qui n'a pas encore reçu d'explication claire : le nombre de météorites lunaires est pratiquement égal au nombre de météorites martiennes. Or compte tenu de la proximité de la Lune on s'attendrait à en trouver beaucoup plus !



Avec 18 kg la météorite Zagami est la plus grosse météorite martienne trouvée sur Terre. C'est ce qui explique qu'elle soit, à 1000 euros au gramme, la moins chère sur le marché. (doc d.r.)

Notons déjà que la surface lunaire est 4 fois plus petite que celle de Mars. Il doit donc y avoir 4 fois moins de roches lunaires en promenade dans le système solaire que de roches martiennes. Il faut également comprendre que la « descente » sur Terre d'un fragment de Lune n'est pas si simple. Il faut que la roche soit éjectée dans le sens opposé de la course de la Lune autour de la Terre et sorte du domaine d'attraction lunaire avec une vitesse d'environ 1 km/s pour se placer sur une trajectoire qui va intercepter la

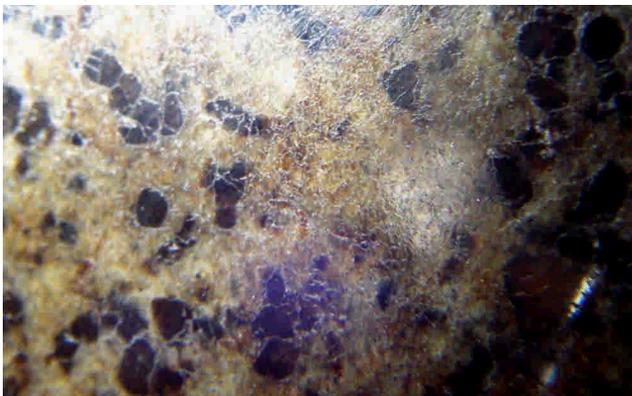


Tranche de la météorite Zagami. Zagami est une Shergottite. Sa chute a été observée de très près : elle est tombée à 3 m d'un fermier qui chassait des corbeaux de son champ ! (doc. d.r.)

Terre. De nombreux fragments éjectés de la Lune vont donc plutôt se trouver en orbite autour de la Terre sans jamais atteindre la Terre. Ils ont d'ailleurs une plus grande chance d'atteindre... à nouveau la Lune. Quant aux fragments éjectés à très grande vitesse, ils vont quitter la zone d'attraction terrestre et se retrouver en orbite autour du soleil, comme les fragments de Mars.



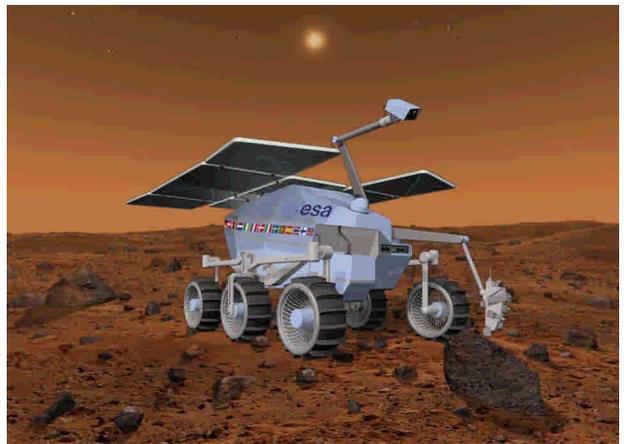
A l'aéroport d'Orlando en Floride il est possible, sinon de marcher sur, du moins de toucher Mars. (doc. A.Souchier)



Détail de la surface polie de la météorite présentée à Orlando. Celle-ci est affichée comme ayant atteint la Terre il y a plus de 40 000 ans au terme d'un voyage d'un million d'années. Elle contient des bulles de gaz ayant la composition de l'atmosphère martienne. (doc. A. Souchier)

Le nombre de météorites martiennes identifiées augmente rapidement, une trentaine en 5 ans ! Mais combien de temps faudra-t-il attendre pour que des échantillons de très grande valeur soient détectés ? Le nombre actuel autorise déjà une statistique : toutes les pièces disponibles sont des roches volcaniques se rangeant dans les trois grandes catégories déjà évoquées, ALH 84001 étant particulière. Le bilan est donc de 2% de roches particulières et 0 % de roches sédimentaires. La question est d'ailleurs posée de savoir si les roches sédimentaires ne sont pas trop fragiles pour le mode brutal d'expédition Mars-Terre utilisé ! Ces fragments envoyés de manière aléatoire sur Terre illustrent bien la problématique du retour d'échantillons martien : l'échantillon qui mérite une mission complexe et coûteuse de retour en robotique doit être un échantillon mûrement choisi.

Il y a quelques années, la mission commune NASA CNES prévoyait un retour en deux phases : mise en orbite autour de Mars par un étage américain puis capture en orbite par une sonde européenne et enfin retour vers la Terre grâce à un étage embarqué sur cette sonde européenne. Pour simplifier la mission, donc la fiabiliser, il semble plus judicieux de viser ce retour d'échantillons en une seule opération, sans l'étape de rendez vous autour de Mars.



Des rovers collecteurs sont sûrement nécessaires pour qu'une mission de retour d'échantillons soit profitable. Le rover apporterait ses échantillons sélectionnés pendant plusieurs mois d'exploration, au véhicule de retour vers la Terre. Cette illustration montre le rover Exomars de l'agence spatiale européenne. (doc. A.Souchier)

Cela implique de déposer sur la planète au moins 4,5 tonnes d'une charge utile qui est principalement constituée de deux étages de fusée et de leur ergols pour le retour. Une telle performance est à la portée des évolutions possibles d'Ariane 5 et l'Europe pourrait ainsi avoir bientôt la capacité à réaliser de telles missions. Il est intéressant de noter que le dépôt de 4,5 tonnes de charge utile sur Mars est aussi une opération cargo qui pourrait préparer et soutenir des activités humaines sur la planète. Le générateur nucléaire de 100 kW qui, dans le scénario Mars Direct et les scénarios « Design Reference Mission » de la NASA, doit alimenter l'unité de production d'ergols in situ, méthane et oxygène, pour assurer le retour de l'équipage, peut entrer dans cette charge utile de 4,5 tonnes. Un rover pressurisé aussi. Et la masse des consommables pour le séjour de 500 jours des astronautes sur Mars est évaluée à 7 tonnes dont 60 % pourraient être assurés par une telle mission cargo automatique. Un système capable de déposer sur Mars la charge utile correspondant à une mission de retour d'échantillon, pourrait ainsi avoir une très longue durée de vie opérationnelle en accompagnant ultérieurement les explorations humaines.

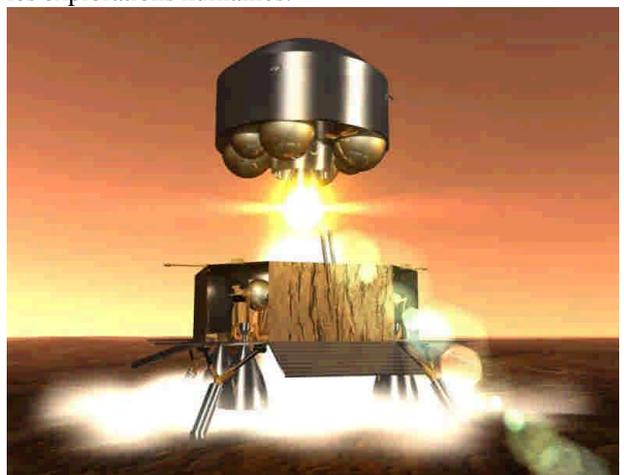


Illustration ESA d'une mission de retour d'échantillons. Pour un retour direct vers la Terre, il faut un système à deux étages qui va donner une vitesse d'environ 6 km/s. La masse à déposer sur Mars pour une telle opération est d'environ 4,5 tonnes. Et cette capacité serait très utile sur le long terme.

A. Souchier

