

## Les robots mobiles sur Mars : des moyens irremplaçables d'étude

Pierre Thomas

Laboratoire de Géologie de Lyon / ENS de Lyon

D'après l'article publié le 08/01/2021

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/robots-mobiles-Mars.xml>

### **Pourquoi aller sur Mars, et pourquoi avec des robots mobiles ?**

Mais pourquoi étudier Mars plus que Vénus ou Mercure par exemple ? C'est en 1965 avec la sonde Mariner 4 (simple survol) et surtout en 1972 avec la mission Mariner 9 (mise en orbite) qu'on a commencé à vraiment découvrir la surface de Mars. Cette première mission orbitale, puis toutes celles qui ont suivi ont montré que Mars, par certains côtés, ressemblait plus à la Terre qu'à la Lune, la seule référence qu'on avait à l'époque. En plus des calottes polaires qu'on connaissait depuis longtemps (elles ont été découvertes en 1666 par Cassini) et une atmosphère, on voyait des failles et des volcans géants, des lits de rivières... Les rivières étaient asséchées, les volcans semblaient éteints, mais cette "inactivité" semblait relativement récente (géologiquement parlant), c'est-à-dire postérieure à la fin du bombardement intense des premiers temps du système solaire. Ce qu'on voyait posait plein de questions purement scientifiques, dont une qui va plus loin que la seule soif de connaissances à cause de ses implications "philosophiques" : au temps où les volcans crachaient et les rivières coulaient, Mars a-t-il été habitable, voire habité, ne serait-ce que par les plus simples des micro-organismes possibles ? Il ne faut pas oublier que, quand de l'eau coulait sur Mars, la vie naissait sur Terre. Et si une forme de vie est née sur Mars, cette planète ne serait-elle pas encore habitée dans quelques recoins à l'abri du rayonnement solaire et des peroxydes qu'il engendre ?

Pour répondre à ces questions, les études « à distance » depuis l'orbite (et il y en a eu beaucoup), si elles sont nécessaires, ne suffisent pas. Pour compléter les apports des sondes en orbite, de leurs caméras, de leur spectromètres (optiques, infrarouge, gamma...), il faut que des géologues aillent sur place indirectement par robots interposés, aillent « sur le terrain » pour employer leur jargon professionnel. Indirectement sur le terrain, ils vont faire le travail dont ils ont l'habitude : analyser l'état actuel de l'affleurement à toutes les échelles et reconstituer ce qui s'est passé sur ce site et à telle ou telle époque. Sur Terre, les géologues font ce travail soit pour des raisons de recherche fondamentale (quelle est l'origine de l'Himalaya, par exemple, où trouver des traces de vie les plus vieilles possibles) soit pour des raisons très appliquées (trouver du pétrole ou des minerais, par exemple, ou étudier la stabilité d'un versant...). Sur place, le travail du géologue terrestre consiste certes à reconnaître les roches (la première et souvent la seule chose à laquelle pense un étudiant en géologie lors de sa première sortie sur le terrain), mais aussi à étudier la géométrie des affleurements pour retracer leur dynamique sédimentaire ou volcanique, à étudier leurs éventuelles déformations, altération..., à déterminer là où il va faire des mesures, et enfin à choisir les roches qu'il va prélever et ramener au laboratoire pour des analyses ultérieures.

Le robot Perseverance de la mission Mars 2020 a pour but ultime de sélectionner des échantillons, de les prélever et de les mettre « en dépôts », pour que de futures missions (à la fin des années 2020 / au début des années 2030 si tout se passe comme prévu) viennent les rechercher pour les ramener sur Terre. Ramener des échantillons sur Terre est en effet nécessaire pour analyser ultra-finement les éventuelles molécules carbonées qui se trouveraient dans les échantillons, déterminer si ces molécules ont un "intérêt" prébiotique, ou même si elles sont d'origine biologique, dater les roches par radiochronologie... Les instruments capables de faire cela sont en effet trop massifs pour être spatialisés dans l'état actuel de techniques et des lanceurs. Mais ces échantillons à ramener sur Terre ne doivent pas être choisis "au hasard" contrairement à ceux ramenés de la Lune en décembre 2020 par la mission chinoise Chang'e-5 et prélevés sur place, là où s'est posé la sonde Chang'e-5. La collecte des échantillons martiens à ramener se fera "intelligemment". Elle se fera là où les analyses

morphologiques, puis minéralogiques et chimiques faites in situ suggèreront qu'ils sont "intéressants". Et les analyses détaillées in situ, morphologiques et/ou chimiques ne se feront que là où des géologues, via les caméras du robot, penseront que les conditions géologiques (eau, argile...) auront été propices à de la chimie prébiotique, voire à une forme de vie, et à leurs préservations.

Dans le cas de Mars, on peut aller sur le terrain « par procuration » avec des robots, mais on pourra aussi y aller « en vrai » avec des missions habitées dans un futur plus ou moins lointain. Et un bon géologue sur Mars peut faire bien plus qu'un robot. Par exemple, un géologue équipé d'un véhicule semblable à la jeep lunaire des missions Apollo 15 à 17 aurait pu en moins d'une semaine obtenir la quasi-totalité des résultats qu'Opportunity a mis 14 ans à obtenir. Et si, en plus, il ramène des échantillons lors de son retour sur Terre... Mais si et quand les problèmes "techniques" des missions habitées seront résolus, quand il s'agira de choisir entre une (des) mission(s) habitée(s) ou une (des) mission(s) robotisée(s), il se posera le problème du rapport "bénéfices scientifiques escomptés / couts financiers" entre ces deux options. En effet, on peut estimer le cout d'une mission habitée à 50 à 100 fois celui d'une mission robotisée. Ne vaudrait-il pas mieux, si on n'a que des buts purement scientifiques, explorer avec des robots 100 sites soigneusement choisis plutôt qu'en étudier un seul par des géologues en chair et en os ? Mais si les futurs explorateurs martiens ont le moyen de se déplacer sur très de longues distances à la surface de Mars, cela change les données du problème. Et aux buts scientifiques, se surajouteront forcément des buts politiques...

### **Les anciennes questions et les résultats déjà acquis**

Cela fait donc presque 50 ans que l'on sait que de l'eau a coulé sur Mars. Mais cette eau était-elle pérenne ou très épisodique, douce ou salée, neutre, acide ou basique... ? Si la vie terrestre peut habiter dans des milieux aux conditions extrêmes (acides, basiques, haute température..., cf. Les extrémophiles dans leurs environnements géologiques - Un nouveau regard sur la biodiversité et sur la vie terrestre et extraterrestre), la chimie prébiotique terrestre semble nécessiter des pH neutres ou légèrement basiques mais semble impossible en milieu acide (cf. L'origine de la vie sur Terre vue par un géologue : quoi de neuf depuis 2015 ?). Et la vie terrestre nécessite une certaine "constance".

*Spirit* s'est posé en 2004 au fond d'un cratère à fond plat. Les images prises depuis l'orbite laissaient penser (il y a plus 16 ans) que le fond de ce cratère était recouvert de sédiments déposés dans un ancien lac. L'étude de ces sédiments devait permettre de reconstituer les conditions de l'époque de leur dépôt. Fatale erreur ! Les observations et analyses faites sur place ont montré que ce cratère était rempli d'anciennes laves et cendres basaltiques, qui avaient recouvert les éventuels sédiments lacustres. Mais, aussi bien les analyses chimiques (faites automatiquement par le robot) que l'interprétation de la géométrie des affleurements d'après les photographies faites au sol, ont montré que ces éruptions volcaniques avaient parfois eu lieu sous l'eau d'un lac ou dans des terrains gorgés d'eau.

*Opportunity* (en 2004) et *Curiosity* (en 2012) se sont posés, eux, sur des terrains faits de roches sédimentaires bien stratifiées comme on l'avait déterminé (sans erreur cette fois) avec les sondes en orbite. En analysant les milliers de photographies faites durant leurs trajets et les analyses chimiques et minéralogiques effectuées sur place, on a pu reconstituer dans quels milieux et paysages s'étaient déposées ces roches il y a 3 à 4 milliards d'années (Ga) et ce qui leur était arrivé depuis. Dans ce passé lointain, la région de Mars où s'est posé Opportunity correspondait à une plaine parfois recouverte de dunes éoliennes faites de sable basaltique, parfois inondées sous une faible tranche d'eau (quelques centimètres), eau temporaire et alors parcourue de courants déposant du sable. Cette eau était salée et très acide. *Curiosity* s'est posé dans une région successivement occupée, dans ce même passé lointain, par deux épisodes lacustres (lacs plus ou moins profonds et temporaires), séparés par une longue période d'émersion avec érosion. Les eaux de ces lacs étaient salées, mais non acides. Les sites où a roulé *Curiosity* pendant ses trois premières années correspondaient aux bords du lac le plus récent, bords parfois sous l'eau, parfois en position littorale avec des dunes éoliennes. Puis, au bout de 3 ans, *Curiosity* a atteint des couches sous-jacentes, qui correspondaient au centre du lac le plus vieux. Ces

deux lacs successifs parfois s'asséchaient temporairement et étaient remplacés par des plaines vaseuses ou des champs de dunes. Dans l'ancienne vase, Curiosity a trouvé des traces de matière carbonée, mais trop dégradée et en teneur trop faible pour savoir si elle avait ou non une origine biologique. Après le dépôt de ces sédiments, aussi bien dans la région explorée par Opportunity que dans celle explorée par Curiosity, de l'eau circulait en profondeur dans le sous-sol, en altérant les roches et déposait des minéraux dans les fractures.

Pour choisir les affleurements à étudier en détail, puis pour tirer ces conclusions, les géologues des équipes scientifiques qui se trouvaient derrière les caméras et autres instruments des robots devaient avoir une très bonne culture géologique et une solide expérience du terrain.



Source - © 2013 NASA / JPL-Caltech / MSSS

Images brute et annotée montrant la géométrie de détail des couches de grès de Yellowknife Bay.

Ce dispositif de strates de 2e ordre inclinées contenues dans des strates de 1er ordre plus épaisses et horizontales est appelé "stratifications entrecroisées". Un tel dispositif est caractéristique de sable déposé par des courants, coulant dans ce cas de droite à gauche.

### **Et Perseverance...**

Avec des vues orbitales et d'autres prises par Perseverance (robot de la mission Mars 2020 qui doit se poser le 18 février 2021 sur la planète rouge) avec des caméras à grand angle, les ingénieurs et les géologues choisiront les sites à visiter et le trajet à prendre pour y aller. Avec les caméras à plus petit champ, donc à meilleure résolution, et avec le spectro-imageur à distance SuperCam, les géologues choisiront quelle(s) partie(s) du site étudier à haute résolution, « par contact ». Au contact de l'affleurement et grâce à un bras porte-outils, la spectrométrie X à haute résolution, la fluorescence UV et la diffusion Raman permettront aux ingénieurs et aux géologues de connaître les compositions chimique, minéralogique et « organique ». En fonction de ces résultats, les géologues décideront ou non de prélever des mini carottes à ramener sur Terre dans une dizaine d'années. Comme Perseverance ne pourra recueillir au maximum que 43 carottes d'une dizaine de grammes chacune, les géologues n'auront pas intérêt à se tromper dans leur choix au risque de rapporter des « cailloux sans intérêt ».