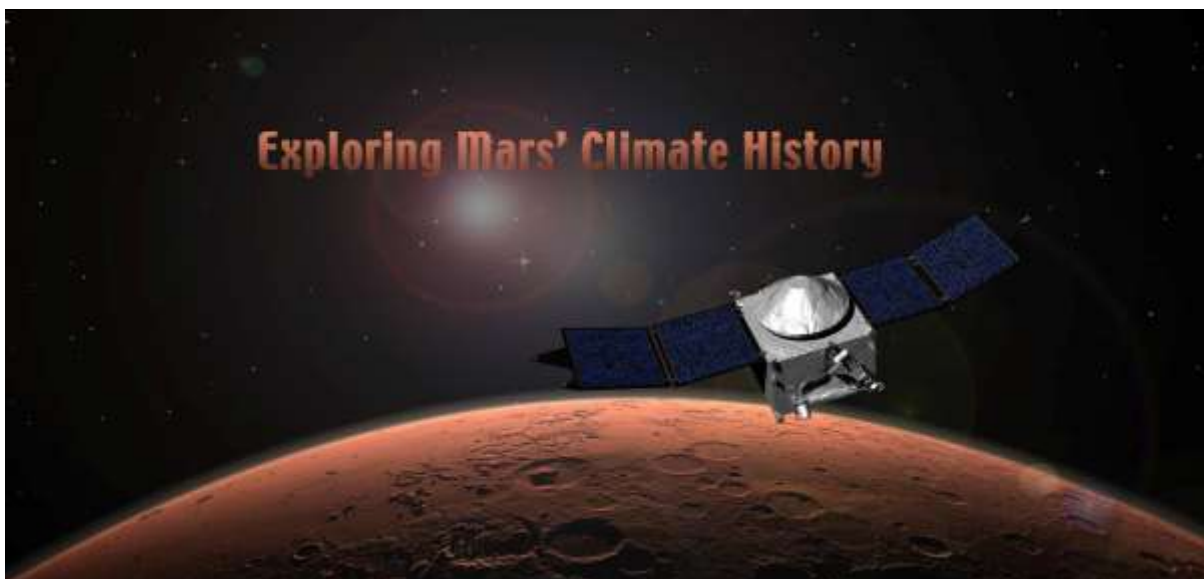




## "Maven : nouveaux résultats à propos de l'atmosphère perdue de Mars"

En orbite autour de Mars depuis le 22 septembre 2014, la sonde MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile Evolution) a livré depuis une moisson de résultats majeurs permettant de mieux comprendre comment Mars a pu perdre la plus grande partie de son atmosphère primordiale. Ces résultats ont été publiés dans de nombreux articles dans de prestigieuses revues américaines comme Science. Les données récoltées par les différents instruments – parmi lesquels figure un détecteur conçu et entièrement réalisé par une équipe de l'IRAP (OMP-CNRS/Université Toulouse III - Paul Sabatier) permettent désormais de mieux connaître les effets de l'échappement de l'atmosphère martienne dans l'espace afin de pouvoir par la suite retracer l'évolution climatique de la planète rouge, de sa composition de surface en eau liquide et donc d'étudier son habitabilité passée. Le principal responsable de l'échappement est l'interaction avec le rayonnement et le vent solaires (1) dont les effets sont fortement augmentés lors des tempêtes solaires. Cette interaction se traduit aussi par l'observation de deux nouveaux types d'aurores qui n'ont pas d'équivalents pour une planète comme la Terre.

Les objectifs de la mission sont de mieux connaître la composition et la densité de la haute atmosphère et de l'ionosphère martiennes ainsi que leurs interactions avec le rayonnement et le vent solaires, afin de déterminer les processus d'échappement. À cet effet, la sonde a en particulier effectué pour la première fois



autour de Mars, plusieurs campagnes de « plongée atmosphérique » (jusqu'à environ 120 kilomètres de la surface). MAVEN est ainsi parvenue à déterminer les raisons de l'échappement de l'atmosphère martienne dans l'espace, et donc l'un des facteurs clés de la transition d'une planète potentiellement habitable vers un environnement inhospitalier désertique, froid et terriblement sec.

L'analyse des données recueillies par les instruments embarqués indique que le gaz atmosphérique s'échappe à un rythme moyen voisin de 100 grammes par seconde que ce soit sous forme neutre ou ionisée. L'échappement neutre se produit au niveau du nuage de gaz entourant la planète (exosphère). L'échappement ionique est lui entièrement contrôlé par le champ magnétique (2) et se produit principalement à l'intersection entre la haute atmosphère martienne et la queue magnétique produite par

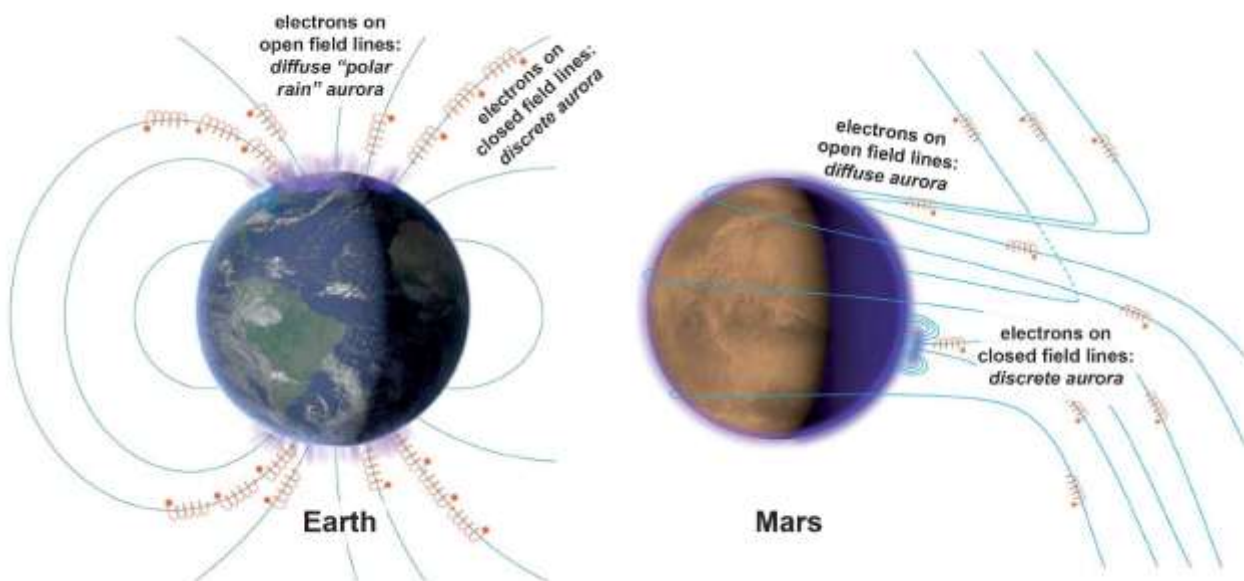
l'interaction de cette dernière avec le vent solaire (~75%), et de façon moindre au niveau des pôles situés perpendiculairement à ce sillage (~25%).

En outre, il est apparu que ce taux d'érosion atmosphérique augmente significativement lors des tempêtes solaires, **comme celle qui s'est produite très récemment début septembre 2017**, suggérant qu'il fut bien plus élevé par le passé, lorsque le Soleil était plus jeune et bien plus actif. Cet aspect est très important



également pour ce qui est de certaines **exoplanètes** découvertes récemment (type 'exo-Terres'). De plus, les particules énergétiques solaires peuvent précipiter à basse altitude créant un phénomène d'aurores diffuses observées pour la première fois et renforcent en parallèle un troisième type d'aurores dites « à protons » liées à un double mécanisme de collisions avec des atomes neutres atmosphériques découvertes très récemment. De plus, les analyses isotopiques réalisés in situ ont permis de montrer que Mars a perdu l'essentiel de son atmosphère par cet échappement vers l'Espace.

Ainsi donc, il ne fait guère plus de doute que Il y a environ 4 milliards d'années, la planète Mars était dotée d'une atmosphère suffisamment dense avec une composition en gaz « à effet de serre » (comme le dioxyde de carbone) suffisamment importante pour maintenir un climat plus chaud et surtout une pression plus élevée qu'aujourd'hui permettant ainsi l'existence d'eau liquide à sa surface (3), voire peut-être abriter certaines formes de vie, et que cet échappement atmosphérique induit par le vent solaire a eu un impact majeur sur l'évolution du climat martien vers le stade froid et aride que nous lui connaissons aujourd'hui.



Cette découverte invite à se poser une question subsidiaire : pourquoi le vent solaire n'a-t-il pas causé l'échappement de l'atmosphère terrestre ? La réponse est limpide. Des mécanismes identiques se produisent mais au contraire de la planète rouge (4), notre Terre est dotée d'un puissant bouclier magnétique qui repousse l'essentiel du vent solaire à plus de dix rayons planétaires sur la face avant en moyenne. Seule une infime fraction de notre atmosphère s'échappe dans l'espace le long des lignes de champ magnétique

dans les régions polaires lors d'épisodes d'aurores polaires par exemple. A ce rythme, une durée de plusieurs fois l'âge actuel de l'Univers serait nécessaire pour que cette atmosphère se vide! Et cela se produira bien évidemment en fait bien avant lors de la fin de vie de notre étoile d'ici environ 5 milliards d'années !...

#### **Notes**

(1) Le vent solaire consiste en un flux de particules énergétiques, majoritairement des protons et des électrons, s'échappant du Soleil à une vitesse voisine de 1,5 million de km/h. Le champ magnétique qu'il transporte génère, au voisinage de Mars, un champ électrique qui accélère les ions de la haute atmosphère martienne. Dotés d'une vitesse suffisante, ces derniers s'échappent de l'attraction martienne en direction de l'espace.

(2) Des volutes de gaz ionisé ont été observées à l'aplomb des pôles magnétiques perpendiculairement à la queue magnétique induite.

(3) Diverses régions martiennes, des vallées notamment, portent des traces d'érosion par l'eau, d'autres sont constituées de dépôts minéraux dont la formation requiert la présence d'eau liquide. Récemment, la sonde Mars Reconnaissance Orbiter a détecté l'apparition saisonnière d'eau saumâtre liquide en surface. Autant d'indices suggérant la présence de rivières, de lacs, voire d'un petit océan d'eau liquide à la surface de Mars dans un lointain passé.

(4) Mars est dénuée de tout bouclier magnétique global depuis au moins 3,6 milliards d'années. En conséquence, même au niveau des régions où se trouvent les sources crustales magnétiques fossiles (essentiellement dans l'hémisphère sud), le vent solaire arrive à parvenir intact jusqu'à environ un demi-rayon martien. Il est encore présent quoique ralenti à beaucoup plus basse altitude (quelques centaines de kilomètres) et n'est bloqué réellement qu'au niveau de l'ionosphère dense. Les résultats de Maven (aurores diffuses et 'à protons') montrent toutefois qu'une précipitation intense de particules énergétiques peut se produire dans l'atmosphère jusqu'à très basse altitude voire jusqu'au sol (pour les particules les plus énergétiques) et ce à toutes les latitudes et longitudes contrairement à la Terre.

**Contact IRAP** : Christian Mazelle, Directeur de Recherche CNRS ([cmazelle@irap.omp.eu](mailto:cmazelle@irap.omp.eu))  
Responsable de l'instrument MAVEN/SWEA à l'IRAP