

Bulletin

94

Juillet 2023

Bulletin APM

Sommaire

Editorial P. 2

Mission SUPAERO à MDRS, mars 2023 P. 3

Percer les mystères de la vie ? P. 11

Nouvelles de l'asso. P. 15





Bulletin n°94, juillet 2023.

Images de la page de couverture :

- Planète Mars, image NASA.
- Curiosity Landing with the Crane, image NASA.
- Mars Desert Research Station en Utah, image Alain Souchier, APM.

Association Planète Mars : <https://planete-mars.com/>

Editeur du bulletin : Jean-Marc Salotti

SOMMAIRE

Editorial.....	2
Mission SUPAERO à MDRS, mars 2023.....	3
Introduction	3
1. Intelligence artificielle pour l'exploration spatiale	4
2. Facteurs humains : KTHitecture	5
3. Campagne de mesures atmosphériques.....	6
4. Astronomie.....	6
5. Géologie : le MetMet	7
6. Exploration : photogrammétrie	7
7. Botanique : aquaponie	8
8. Contrôle de la santé et de la consommation d'eau.....	9
9. Collecte de données pour les médias et sensibilisation du public.....	10
Percer les mystères de la vie ?	11
Vie de l'Association, mars à juin 2023.....	15



Editorial

Par Philippe Clermont,
Président APM



Premier vol de Starship : un échec, vraiment ?

Le Starship a fait son premier vol le 20 avril cette année.

Rappelons que le succès de Starship est primordial pour l'objectif de notre association. Selon le propre site de SpaceX (<https://www.spacex.com/human-spaceflight/mars/>), Starship est le véhicule de transport de l'homme vers Mars... et au-delà.

Il s'agit clairement d'un projet « à double usage ». Porteur d'un projet inspirant pour l'avenir de l'humanité, réutilisable, il va à beaucoup plus court terme transformer l'économie de l'accès à l'espace. Il va permettre de lancer des grappes très importantes de micro et nanosatellites – très au-delà du Falcon9 – et relancer la guerre des prix pour ces objets. Il pourrait également ouvrir de nouveaux modes de transport terrestres en point à point. C'est un des véhicules prévus pour la Lune dans le cadre du programme Artemis. Il assurera enfin une capacité inégalée en tant que lanceur « super-lourd » (100 à 150t), avec a priori des usages militaires.

Après avoir volé 4 mn, atteint une altitude de 35 km, le contrôle a été perdu et le lanceur a dû être détruit après une spectaculaire perte de contrôle. A posteriori, trois dysfonctionnements majeurs se sont manifestés : le non fonctionnement de 6 moteurs sur la grappe de 33 moteurs (la tolérance de conception était à 3 moteurs), la non-séparation des étages, et la destruction du pas de tir.

Est-ce le début de l'échec ?

Certainement pas, soyons certains que cet essai a généré une accumulation de données expérimentales qui vont être exploitées dans une boucle de développement « agile », avec des cycles essai-erreur-correction très rapprochés, dont SpaceX est coutumier. La simulation numérique ne peut tout prévoir, il faut passer à l'expérimental à un certain stade. La destruction spectaculaire du lanceur est à la mesure des capacités visées. D'ores et déjà, un prochain essai est prévu dans les deux mois, incluant 1000 modifications.

A suivre avec attention.

Philippe Clermont

pclermont@planete-mars.com



Mission SUPAERO à MDRS, mars 2023

Équipage 275 – ISAE-SUPAERO (France) :

Commandant de mission : Jeremy Rabineau

Ingénieur de bord : Quentin Royer

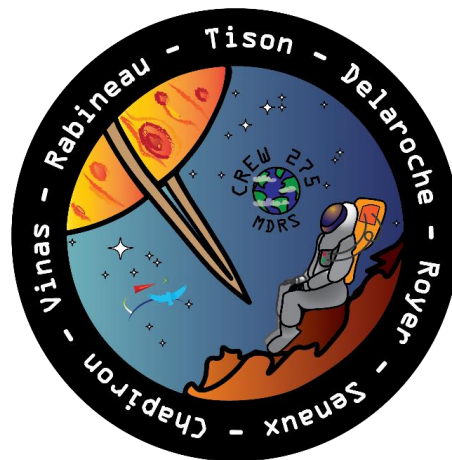
Journaliste : Marie Delaroche

Responsable santé et sécurité : Corentin Senaux

Botaniste : Adrien Tison

Scientifique : Alice Chapiron

Astronome : Alexandre Vinas



Introduction

La rotation de l'équipage 275 à Mars Desert Research Station (MDRS), de mi-février à mi-mars 2023, correspond à la dixième mission que des étudiants de l'ISAE-Supaero ont effectuée dans cette base de l'Utah. Nous sommes très fiers des progrès réalisés entre l'équipage 151, où deux étudiants de Supaero ont rejoint un équipage existant, et aujourd'hui : un équipage entièrement géré par des étudiants, menant des recherches au cours d'une mission d'un mois à MDRS. Cette année, notre objectif était de nous concentrer sur des expériences à grande échelle sur les facteurs humains, des démonstrations technologiques ambitieuses et des campagnes de mesures en physique atmosphérique et en géologie.

Il est surprenant de s'habituer aussi vite à des choses extraordinaires. En arrivant à la station, nous étions face à notre rêve, face à ce pour quoi nous avons travaillé si dur. Au cours des dernières semaines, nous avons évité les tempêtes, vécu dans l'atmosphère de Mars, respecté ses règles, rencontré des obstacles, et parfois des événements défavorables. Il est difficile aujourd'hui de regarder en arrière et de voir ce que nous avons accompli : tout cela semble encore faire partie de notre quotidien, des opérations de routine, et les petits pas sur le chemin ne s'ajoutent pas encore au bond monumental que nous avons fait. Voici le résumé de nos activités en neuf chapitres.



1. Intelligence artificielle pour l'exploration spatiale



AI4U est un outil d'intelligence artificielle conçu par l'agence spatiale française pour assister les astronautes dans leurs tâches. AI4U dispose de trois fonctionnalités : un mode "relax", un mode "emergency" et un mode de récupération des données environnementales de tous les modules de la station (température, pression, humidité, luminosité, etc.). Le mode "relax" a bien fonctionné, et grâce à l'équipage qui l'a testé à tour de rôle, nous avons pu définir de nouvelles pistes d'amélioration intéressantes. Le mode urgence a été testé deux fois. Lors du premier test, nous avons eu des difficultés car l'IA a arrêté le protocole d'urgence au milieu de la simulation, mais nous avons réussi à terminer le protocole avec succès après une deuxième itération.

Une deuxième expérience avec le CNES a consisté à faire appel à l'intelligence artificielle pour aider les astronautes : EchoFinder. EchoFinder est une expérience menée en collaboration avec le CNES et le MEDES, consistant à tester un protocole permettant aux astronautes de réaliser des échographies sans formation préalable. Cette expérience a déjà été menée dans le passé par des équipages de Supaero. Cette année, l'objectif était de tester une nouvelle interface de réalité augmentée couplée à une IA de détection d'organes. Nous avons réalisé avec succès les 12 sessions prévues, chacune réalisée en binôme : les deux membres de l'équipage se relayaient pour réaliser l'échographie et être le sujet de l'expérience. Un membre d'équipage blessé n'a pas participé à l'expérience pendant la dernière semaine de la mission. Les autres membres d'équipage l'ont donc remplacé à tour de rôle. Nous avons rencontré plusieurs problèmes avec cette expérience une semaine après le début de notre rotation, principalement parce que notre matériel ne prenait pas très bien en charge le logiciel EchoFinder. Avec l'aide des chercheurs du CNES, notre ingénieur d'équipage a réussi à transférer le logiciel sur un appareil plus puissant, ce qui a rendu les 8 dernières sessions beaucoup plus faciles à



réaliser. Après notre mission de 4 semaines, nous avons réussi à fournir aux chercheurs un ensemble complet de données, consistant en des rapports détaillés de chaque session d'échographie ainsi que des vidéos de chaque organe détecté pour chaque membre de l'équipage. Les chercheurs du CNES seront en mesure d'évaluer la précision de leur IA et la manière dont l'interface AR peut être améliorée.

2. Facteurs humains : KTHitecture

L'étude de l'impact de l'architecture d'une station spatiale interplanétaire sur la psychologie globale des astronautes est essentielle pour optimiser leurs performances.

Pour cette étude, nous avons déployé des capteurs de surveillance environnementale dans toute la station. Chaque capteur nous a fourni des informations sur la pression, la température, l'humidité et la luminance.

Nous avons également mis en place un système de positionnement intérieur pour suivre chaque membre de l'équipage à l'intérieur de MDRS. Nous avons connecté 10 « amers » répartis dans MDRS, consistant en des cartes électroniques restant au même endroit. Chaque membre de l'équipage portait une "étiquette", qui enregistrait sa distance par rapport aux amers toutes les 10 secondes.

Chaque membre de l'équipage a également porté une montre intelligente pendant la nuit, afin de surveiller son activité pendant le sommeil. Une ceinture thoracique a également été portée pendant la journée pour mesurer l'ECG, la fréquence cardiaque et les accélérations.

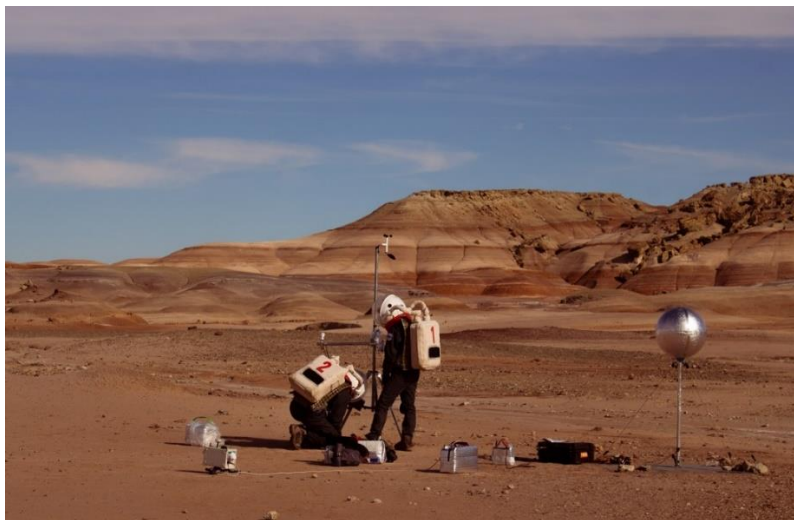
Les trois ensembles de données susmentionnés seront utilisés pour corrélérer le niveau de stress des astronautes à leur emplacement et aux conditions environnementales.

Pour mesurer les performances de l'équipage dans les différents modules, compte tenu des différents paramètres environnementaux et niveaux de confidentialité, tous les membres ont passé des tests psychométriques tout au long de la mission.

Enfin, nous avons utilisé des cartes en 3D des interactions entre les membres de l'équipage, générées par des questionnaires. Cela nous a permis de suivre la configuration actuelle de l'équipe, la configuration optimale de l'équipe, l'efficacité des communications, l'atmosphère et les performances de l'équipe, etc. Nous avons observé que l'évolution était corrélée aux problèmes internes rencontrés et aux amitiés nouées au cours de la mission.



3. Campagne de mesures atmosphériques



Cette année, la campagne de mesures atmosphériques des chercheurs du CNRS a été un succès. Face à des conditions météorologiques difficiles et imprévisibles, nous avons dû résoudre de nombreux problèmes sur place et nous adapter aux circonstances. Nous avons principalement mesuré le champ électrique (avec le moulin à champ et le MegaAres), la concentration de particules dans l'air (avec le LOAC et le PurpleAir) et la vitesse du vent (avec notre station météorologique), afin de corrélérer ces différents paramètres. Nous avons eu des difficultés à installer les instruments au début de la simulation en raison du temps neigeux ou venteux, et d'un problème de conductivité sur l'antenne MegaAres. Nous avons commencé les mesures à la fin de la deuxième semaine, bien que nous ayons dû effectuer des EVA de maintenance régulières pour récupérer et réinstaller certains instruments sensibles, compte tenu des variations des conditions atmosphériques. Nous avons réussi à mesurer la courbe de Carnegie (variation journalière du champ électrique terrestre, mesurable par temps clair et sans interruption, ce qui peut être observé dans le désert de l'Utah), ce qui est habituellement très difficile à obtenir.

4. Astronomie

L'objectif de ce projet était de mesurer différentes caractéristiques d'astéroïdes pré-identifiés. Malheureusement, comme les deux observatoires robotiques n'étaient pas nominaux pendant toute la durée de la simulation, ou n'étaient pas opérationnels en raison des conditions météorologiques, notre astronome n'a pu prendre qu'une seule photo d'un astéroïde le 17 février, et le projet de recherche sur les courbes de lumière des astéroïdes n'a donc pas pu être mené à son terme. Cependant, il poursuivra le projet après la simulation, car il dispose encore de tous ses crédits sur Skynet. Comme il n'a pas pu terminer le projet d'astronomie, il a utilisé l'observatoire solaire de Musk pour prendre des photos du soleil.



5. Géologie : le MetMet



Le MetMet est un instrument géologique qui mesure la susceptibilité magnétique (capacité d'un matériau à s'aimanter) et la conductivité d'un échantillon de roche. Il est conçu pour aider à trouver des météorites, mais il a été prouvé qu'il facilite la classification des différents types de roches présentes dans une zone donnée. L'objectif de cette expérience était de voir si le MetMet était un instrument utile pour aider à collecter des échantillons géologiques pendant les sorties EVA ou pour prendre des mesures sur place pour les roches qui sont trop grandes pour être collectées. L'idée était d'associer les données du MetMet à la photogrammétrie afin de dresser une carte géologique de la région. Malheureusement, nous n'avons pu effectuer qu'une seule EVA géologique en raison de facteurs externes. Cependant, cette EVA a été un succès, car nous avons réussi à collecter des échantillons et à les analyser avec le MetMet. Nous serons donc en mesure de dresser une carte géologique de la zone de Kissing Camel Ridge W.

6. Exploration : photogrammétrie





L'idée derrière l'expérience de photogrammétrie était de comparer l'efficacité des humains explorant et trouvant des points de contrôle dans une zone donnée, en utilisant soit une carte en 2D, soit un rendu en 3D. Chaque point de données a nécessité une série de trois EVA différentes. La première consistait à cartographier la zone en 3D à l'aide d'un drone utilisant la photogrammétrie. Les deux autres devaient permettre aux sujets de trouver des points de contrôle prédéfinis à l'aide de la carte 2D puis de la carte 3D générée au préalable. L'expérience s'est très bien déroulée : nous avons eu le temps de calculer le rendu de North Ridge et de Candor Chasma. Nous avons néanmoins rencontré deux problèmes lors de ces expériences. L'EVA avec la carte 2D à North Ridge a été raccourcie à cause des vents violents, et l'équipe EVA n'a pu trouver que la moitié des points de contrôle. De plus, l'EVA avec la carte 3D à Candor Chasma a été menée avec un seul sujet en raison de facteurs externes. Nous sommes assez satisfaits des données que nous avons déjà et nous espérons transmettre cette expérience à la prochaine équipe Supaero.

7. Botanique : aquaponie



Pour l'équipage 275, la principale expérience de botanique portait sur l'aquaponie. En effet, le botaniste de l'équipage a travaillé sur un prototype avant la mission et l'a testé pendant 5 semaines. Ce prototype a été un succès, mais comme il s'agissait d'un prototype, aucune donnée scientifique n'a été collectée. Il a alors décidé de recréer un système similaire dans le GreenHab. L'espace disponible y étant plus restreint, il a décidé de ne pas le construire avec des tuyaux mais seulement avec un réservoir. Pendant les premiers Sols (journées martiennes), il a construit le système et s'est assuré de la sécurité des poissons. Ensuite, tout au long de la mission, il a surveillé la croissance des plantes, la longueur des racines et la qualité de l'eau afin d'évaluer la valeur ajoutée de ce type de système. On s'attend à ce que les plantes poussent plus vite, que l'eau soit économisée au fil du temps et qu'il soit possible de faire pousser plus de plantes sur une surface donnée. Toutes les données recueillies seront traitées après la mission et comparées à des références en matière d'aquaponie et de cultures



de base.

Par ailleurs, une autre expérience a été menée sur les micro-pousses. Celle-ci était plus simple car elle ne nécessitait qu'un suivi de la croissance des micro-pousses dans le temps. Pour ce faire, nous avons pris chaque jour des photos similaires à l'aide d'une échelle fixe pour mesurer leur hauteur. Un objectif supplémentaire était de voir si un sujet non formé était capable de cultiver ce type de plantes sans rien connaître à la botanique.

8. Contrôle de la santé et de la consommation d'eau



Pendant toute la durée de la mission, l'équipage a surveillé sa consommation d'eau. L'objectif était de réduire autant que possible l'utilisation de l'eau, tout en maintenant une bonne hygiène et en buvant autant que nécessaire. Dans cette optique, nous avons catégorisé notre consommation d'eau et pris note des quantités utilisées tout au long de la journée. Cette expérience nous a montré qu'en faisant attention à notre utilisation de l'eau, il est possible de réduire considérablement la consommation. La consommation moyenne d'eau était de 51 litres par jour. Pour une équipe de 7 personnes, cela représente 7,3 litres par jour et par personne, ce qui pourrait être encore réduit grâce à des technologies spécifiques. C'est l'équivalent d'une douche d'une minute, et moins qu'une chasse d'eau classique sur Terre (10 l). 50 % de la consommation est consacrée aux toilettes. Un objectif de moins de 5 litres par personne et par jour pourrait donc être atteint, dont 2 litres pour la boisson.

Chaque matin, nous avons également mesuré des paramètres de santé afin de surveiller la santé physique et mentale de l'équipage. À cette fin, nous avons tenu un journal du sommeil et surveillé le poids et la composition corporelle, la température, ainsi que la pression artérielle et l'oxygénation. Une séance d'entraînement de 30 minutes a ensuite été organisée afin de maintenir tous les membres d'équipage en bonne forme et de les préparer pour la journée, grâce à des activités de cohésion et de la musique.



9. Collecte de données pour les médias et sensibilisation du public



Du point de vue de la communication, notre objectif pour cette mission était avant tout de diffuser auprès des élèves des collèges et lycées intéressés par l'espace et les sciences, technologies, ingénierie et les mathématiques (STIM) en général. Tout au long de la préparation de la mission, l'équipage a travaillé avec le programme d'ouverture sociale de l'ISAE Supaero, une initiative de sensibilisation dont le but est d'aider les étudiants à accéder à l'enseignement supérieur et de promouvoir les carrières dans les STIM. Pendant toute l'année précédant la mission, nous avons visité des salles de classe et accueilli des étudiants dans notre université pour leur parler de l'exploration spatiale et des études en STIM. Notre objectif était d'inciter le plus grand nombre possible d'étudiants à explorer et à s'engager dans les domaines scientifiques. Dans cette optique, nous avons passé une semaine au Lycée français de New York avec des élèves de 6^{ème} et 10^{ème} année, utilisant des jeux et des expériences simples pour partager notre passion pour l'espace.

D'autres initiatives de sensibilisation destinées aux élèves comprenaient le tournage de capsules vidéo pour la Cité de l'Espace, le musée français de l'espace, et la rédaction d'articles simplifiés sur divers sujets liés à l'exploration martienne.

Une fois la mission lancée, nous nous sommes concentrés sur les deux visites médiatiques de la rotation : la BBC et France Télévisions. L'équipe de la BBC est restée une journée pour filmer des interviews en vue d'un documentaire sur l'exploration martienne, tandis que l'équipe de France Télévisions est venue filmer un journal télévisé pour la télévision française.

Equipage 275

Plus d'images et d'informations, voir <https://mars.bde-supero.fr/en/crew-275-mission-reports-mobile/>



Percer les mystères de la vie ?

Par Elise Clavé, Mars2020 Team



Image du cratère Jezero. Crédit : NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS

3,7 milliards d'années. C'est l'âge estimé de la vie sur Terre. Les traces de cette époque sont cependant rares à la surface de la Terre, à cause de l'érosion liée au cycle de l'eau d'une part, et de la tectonique des plaques d'autre part, qui effacent progressivement de la croûte terrestre les traces des époques passées. Pour cette raison, l'apparition de la vie sur Terre reste un mystère : quand ? comment ? On a identifié trois ingrédients clés, considérés comme nécessaires au développement de la vie : la présence d'eau liquide, de certains éléments chimiques (les CHNOPS) permettant de construire des molécules complexes et une source d'énergie. Pour mieux comprendre ce qui permet l'apparition de la vie, la planète Mars constitue une source d'informations clé, pour deux raisons principales. D'abord, en l'absence d'activité tectonique ou d'un cycle de l'eau actif depuis plusieurs milliards d'années, la surface de Mars est globalement préservée par rapport à la croûte terrestre, et Mars présente une grande quantité de terrains datant de 3,5 à 4 milliards d'années. La surface de Mars constitue donc une fenêtre sur le passé, et en particulier sur l'époque même qui a vu l'apparition de la vie sur Terre. Par ailleurs, des décennies de missions d'exploration robotique de Mars (depuis les années 70 !) ont montré qu'il y a 3,7 milliards d'années, on trouvait à la surface de Mars à la fois de



l'eau liquide, les éléments CHNOPS assemblés en molécules complexes, et des sources d'énergies, notamment volcaniques ; soit les trois ingrédients nécessaires à la vie. Dans ces conditions, la vie a-t-elle pu apparaître sur Mars ? Si oui, des traces ont pu en être préservées, bien plus efficacement que sur Terre... il ne nous reste qu'à les chercher !

C'est le rôle du rover Perseverance, le dernier robot martien de la NASA, qui explore le cratère Jezero sur Mars depuis février 2021. Le cratère Jezero, d'une quarantaine de km de diamètre, a été formé par un impact de météorite il y a environ 4 milliards d'années. Au cours des centaines de millions d'années qui ont suivi, ce cratère a été – au moins ponctuellement / par moments – rempli d'eau, comme en témoignent les traces d'écoulements en direction du cratère, et en sortant : des canaux fluviaux alimentant un lac. En plus de ces preuves géomorphologiques, on trouve également des traces dites minéralogiques : l'interaction des roches avec de l'eau liquide entraîne une modification de la structure des roches – des minéraux – qui témoignent des conditions dans lesquelles s'effectue cette altération aqueuse : température, quantité d'eau, durée de l'interaction, conditions d'acidité, atmosphère, etc. La présence de certains minéraux d'altération permet donc d'identifier des environnements passés dits habitables, c'est-à-dire présentant les trois ingrédients clés nécessaires au développement de la vie telle qu'on la connaît – on en a parlé : eau liquide, molécules complexes et source d'énergie. Un élément supplémentaire à considérer pour rechercher de possibles traces de vie à la surface de Mars est le « potentiel de préservation astrobiologique ». En effet, la surface de Mars n'est plus habitable depuis longtemps, et on cherche donc de possibles traces de vie – microbienne ? monocellulaire ? en tous cas, des organismes peu évolués – une vie passée, fossilisée, datant de 3,5 milliards d'années au moins ; on parle de biosignatures. Certaines roches sont plus efficaces que d'autres pour préserver de telles traces de vie, ce qui en fait des cibles de choix pour cette étude.

L'équipe scientifique de la mission Mars2020 s'appuie donc sur les différents instruments scientifiques embarqués à bord du rover Perseverance pour étudier les roches présentes dans le cratère Jezero, et les minéraux qui les constituent. En particulier, l'équipe a identifié différentes unités géologiques formées dans des environnements habitables, et présentant de bons potentiels de préservation astrobiologique, notamment des roches formées sur les bords du lac par évaporation. Face à de telles roches, le rover permet de collecter un échantillon de roche, qui est ensuite scellé dans un tube étanche. Les échantillons collectés au cours de la mission seront rapportés sur Terre au début des années 2030, pour être caractérisés au laboratoire, et y chercher d'éventuelles traces de vie. En effet, les capacités d'analyse disponibles en laboratoire sont infiniment supérieures à ce qui peut être effectué in situ sur Mars, pour plusieurs raisons. D'abord à cause des contraintes inhérentes aux missions spatiales : le volume, la masse, mais aussi l'énergie consommée par les instruments embarqués, et le volume de données générées sont strictement limités. Par ailleurs, pour garantir que les instruments fonctionneront comme prévu après le lancement, le voyage dans l'espace et l'atterrissage, on n'embarque que des technologies qui ont fait leurs preuves et en lesquelles on a pleinement confiance – c'est-à-dire jamais la dernière technique high-tech... Enfin, chaque minute passée sur Mars est



précieuse, et le temps d'analyse que l'on peut dédier à chaque roche, affleurement, unité géologique, etc. est limité. Par comparaison, au laboratoire, on peut utiliser des instruments très pointus, avec peu de contraintes de ressources ; on peut également multiplier les techniques d'analyses appliquées à chaque échantillon, y compris les derniers développements technologiques ; on peut prendre le temps de les analyser en détails. Quand il s'agit de chercher de possibles traces d'une vie extraterrestre dans des roches martiennes – par définition, on n'est pas bien sûrs de ce qu'on cherche tant qu'on ne l'a pas trouvé – toutes ces ressources et une telle panoplie de techniques sont absolument nécessaires. L'ambitieux programme Mars Sample Return (MSR), mené en collaboration par les agences spatiales américaine et européenne, et dont la mission Mars2020 constitue la première étape, vise donc à rendre disponible une trentaine d'échantillons de roches et de sol martiens pour mener de telles analyses au laboratoire. L'arrivée de ces échantillons sur Terre est pour l'instant prévue pour 2033 – stay tuned !!

En attendant, le rover Perseverance s'active dans le cratère Jezero ; il explore différentes unités géologiques, qui témoignent d'activité magmatique d'une part, et aqueuse d'autre part. En caractérisant la façon et le moment où ces différentes unités se sont formées, et l'altération qu'elles ont subie par la suite, on retrace l'histoire de cette région de la surface martienne. Au cours des deux premières années de mission, deux types de roches ont été analysées : des roches magmatiques dans le fond du cratère, et des roches sédimentaires dans le delta. Les grandes quantités d'eau qui se sont écoulées dans le cratère Jezero (on a parlé des vallées fluviales plus haut) ont érodé les terrains qu'elles ont parcourus en amont de Jezero, et charriaient donc des sédiments, dont un grand volume s'est déposé à l'entrée du cratère Jezero ; en s'accumulant, ces sédiments ont fini par former un delta. Delta que Perseverance explore depuis environ un an. Certaines strates de ces roches sédimentaires présentent un très bon potentiel astrobiologique et ont donc été échantillonnées pour MSR. Avant d'atteindre le delta, Perseverance a parcouru une dizaine de kilomètres dans le fond du cratère, qui s'est révélé être d'origine magmatique, et non sédimentaire, c'est-à-dire que les roches se sont formées sur place par refroidissement de magma ou de lave. De plus, bien que ces roches présentent différentes traces d'altération aqueuse, elles présentent également une grande proportion de minéraux primaires peu altérés, indiquant que – bien qu'elles se trouvent au fond d'un ancien lac – ces roches n'ont pas été en contact avec de grandes quantités d'eau liquide : soit elles étaient enfouies sous d'autres roches quand le cratère contenait un lac, soit elles se sont formées après le (ou les) épisode(s) lacustre(s).

On trouve donc, dans le cratère Jezero, la trace de différents épisodes magmatiques et d'altération aqueuse. On peut, à partir d'observations sur le terrain, dater ces épisodes les uns par rapport aux autres. De plus, en analysant au laboratoire les échantillons rapportés sur Terre par le programme MSR, on pourra également obtenir l'âge absolu de certains de ces épisodes. Ces données fourniront donc des contraintes inédites pour dater les périodes d'activité volcanique, ainsi que celles où Mars présentait des environnements habitables ; on pourra également contraindre la date de l'extinction du champ magnétique martien. Ces informations sont clés pour nous aider à comprendre la formation et l'évolution des planètes telluriques (i.e., faites de roche et de métal, comme la Terre et Mars) dans un système



planétaire. Et, qui sait, peut-être que ces échantillons nous permettront de répondre à une des questions obsédant l'humanité depuis des millénaires : sommes-nous seuls dans l'univers ?

Elise Clavé :

Elise Clavé est directement impliquée dans les travaux associée à l'instrument Supercam du rover Perseverance. Rattachée au laboratoire CNRS CELIA (CEntre Lasers Intenses et Applications), elle a obtenu en avril 2023 une thèse de Doctorat à Bordeaux intitulée « Analyses spectroscopiques multi-techniques avec SuperCam, Mars 2020 : application à l'étude des carbonates ». Depuis juin 2023, elle poursuit un travail postdoctoral en Allemagne à l'Institute for Optical Sensor Systems (OS) de la DLR.



Vie de l'Association, mars à juin 2023

Par Aline Decadi, APM

Chers membres,

L'année 2023 met en avant de nombreux projets florissant autour de l'exploration humaine de l'espace, qui nous l'espérons, nous permettra de créer les fondations conduisant vers la planète rouge.

L'APM était présent au Festival de Chouettes Conférences à Rennes au mois d'avril où Philippe Clermont a animé une conférence martienne auprès de jeunes enthousiastes en herbe passionnés d'espace, ainsi qu'une conférence pour adultes pour aborder les questions suivantes : À quoi ressemble la planète Mars ? Pourquoi l'explorer ? Comment s'y rendre ? Est-ce que l'on pourrait y vivre ?

Aline Decadi a été la marraine du Congrès Scientifique des Enfants le 9 juin dernier qui avait lieu à la cité de l'Espace à Toulouse et récompensant la création de maquettes martiennes par plus de 500 élèves de CM2 (sur place mais aussi en visioconférence depuis toute la France).

Par ailleurs, la station de recherche et d'entraînement MDRS est à l'honneur dans ce bulletin avec un article dédié à l'équipe Supaero supportée par l'APM. Aline Decadi a également fait une mission à MDRS en tant que Executive Officer avec un équipage international Commandé par James Burk, Directeur Executif de la Mars Society. Leur rapport est disponible en ligne :

<https://mdrs.marssociety.org/2023/05/15/end-of-mission-research-report-transatlantic-mars-crew-261-12-05-2023/>

Ainsi que de nombreuses vidéos sur la chaine Youtube :

<https://www.youtube.com/watch?v=EfJif6Vk0xc&list=PLwgLDMcE2e6qQ81hMjw0edq3dSSgkl3XZ>

Résumé attendu dans un prochain article du bulletin.

Se tournant vers la jeune génération qui est le futur de l'Exploration Spatiale, l'Association Planète Mars soutient de nombreux projets étudiants. Nous souhaitons mettre à l'honneur parmi les projets en cours :

- Projet de la prépa des INP de Bordeaux : deux étudiants ont travaillé sur la problématique de la production d'énergie sur la surface de Mars pour la production d'ergols. Ils ont brillamment soutenu leurs travaux en juin et une publication est prévue pour la conférence IAC.
- Projet de l'ESTACA : quatre étudiants de l'ESTACA ont travaillé sur le dimensionnement d'une



usine d'acier à la surface de Mars. Leurs travaux seront résumés dans un prochain article du bulletin.

Par ailleurs, pour rappel, l'Association Planète Mars a monté en 2022 une série de webinaires dans lesquels nous avons eu le plaisir de recevoir régulièrement des invités pour parler de Mars. Nos invités sont des experts internes ou externes à notre Association, et viennent partager avec vous leurs dernières avancées. Notons en particulier les webinaires suivant:

- Le 12 mars 2022 : « Vers une expansion chinoise vers Mars et le système solaire » par Philippe Coué.
- Le 21 avril 2022 : « Fondation, une cité Etat martienne entre la glace et le feu » par Michel Lamontagne.
- Le 31 Mai 2022 : « Les plantes : passage obligé pour l'exploration martienne » par Lucie Poulet.

Tous nos webinaires sont disponibles en replay sur notre chaîne Youtube Association Planète Mars ici : <https://www.youtube.com/user/AssoPlaneteMars>

Pour être informé des prochains événements organisés par l'Association, inscrivez-vous à la newsletter APM : <http://eepurl.com/gMKVX5>

Retrouvez les défis à relever pour aller sur Mars dans notre livre "Embarquement pour Mars : 25 défis à relever" avec la préface par Thomas Pesquet : <https://www.amazon.fr/Embarquement-pour-Mars-défis-relever/dp/2916831479>

Vous pouvez soutenir notre Association en devenant membre : <https://planete-mars.com/devenir-membre/>

Prenez soin de vous et en avant Mars!

Aline Decadi

Responsable communication APM