



Observatoire Jean-Marc Becker.
34 Avenue de l'Observatoire
Parc de l'Observatoire
25000 Besançon



contact@aafc.fr

www.aafc.fr

Lettre Astro n°82 Septembre – Octobre 2022

**Prochaines soirées publiques gratuites d'observations :
Mardis 6 septembre et 4 octobre à 20 h 30.**

Nos activités sont indiquées régulièrement sur notre site www.aafc.fr

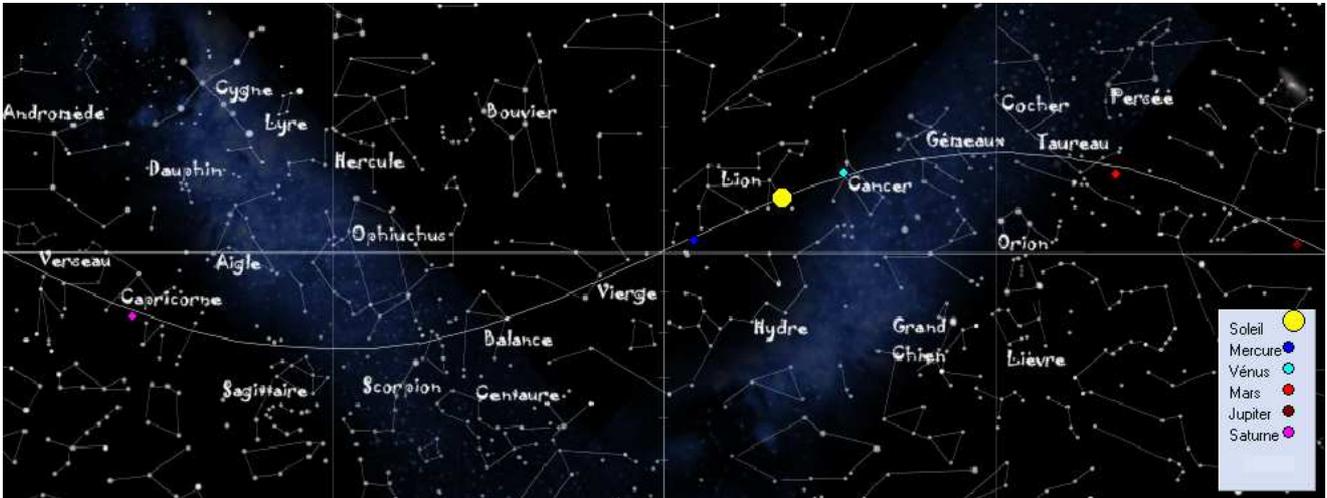
Vous pouvez faire suivre cette lettre à vos amis, curieux d'astronomie ...

LES PLANÈTES EN SEPTEMBRE - OCTOBRE :

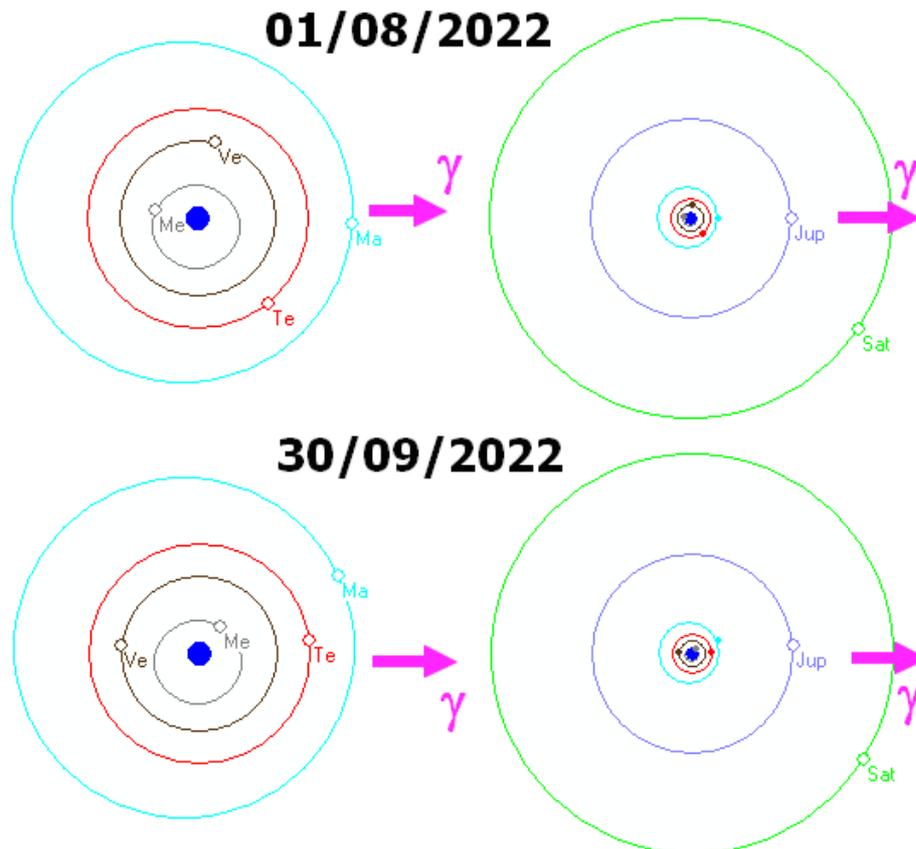
- **MERCURE** : Inobservable en septembre elle redevient visible en octobre après son passage en conjonction inférieure le 23 septembre. Nous pourrons alors l'admirer le matin sur l'horizon **Est** dans d'excellentes conditions : elle se lève près d'une heure avant le Soleil avec une magnitude proche de 0 et atteint plus de 5° de hauteur. A partir du 24 octobre ses conditions d'observation se dégradent car elle se rapproche du Soleil.
- **VÉNUS** : Se rapprochant du Soleil, elle va connaître une dégradation de sa visibilité le matin et fin septembre elle deviendra difficile à observer pendant tout le reste de la période.
- **MARS** : Nous rapprochant de son opposition, qui aura lieu le 8 décembre, nous constatons que sa visibilité sur l'horizon **Est-Nord-Est** va en s'améliorant progressivement. Se levant dès le début de nuit elle brille pendant toute la période dans la constellation du Taureau avec une magnitude qui devient négative début septembre. Dans le même temps son diamètre apparent augmente. Sa hauteur de plus en plus importante facilite son observation.
- **JUPITER** : Elle poursuit dans la constellation des Poissons son mouvement de rétrogradation débuté le 29 juillet. Nous pourrons l'admirer à plus de 45° de hauteur

pratiquement toute la nuit car elle passe à l'opposition le 26 septembre. Sa magnitude de $-2,5$ en fait l'objet planétaire le plus brillant de cette période.

- **SATURNE** : Bien visible dès le coucher du Soleil à une vingtaine de degrés au dessus de l'horizon **Sud**, elle brille dans notre ciel presque toute la nuit. Cependant son éclat diminue progressivement car nous nous éloignons de son opposition (14/08) et en milieu de période sa magnitude est redescendue à $0,7$.



Sur la figure ci-dessus a été représentée la position des planètes au milieu du bimestre (01 octobre). Nous constatons que l'une d'entre elles, Saturne, occupe un emplacement de l'Écliptique situé sous l'Équateur céleste, ce qui explique le fait que, d'un point de vue géocentrique et en un lieu de l'hémisphère Nord, elle reste assez basse sur l'horizon. Par contre d'autres comme Mars et Vénus passent au méridien à une hauteur importante.



Le schéma ci dessus indique, dans un repère héliocentrique vu du pôle Nord de l'écliptique, les positions des différentes planètes observables en début et en fin de période. La direction repérée par le signe γ est celle du point vernal (intersection des lignes de l'équateur et de l'écliptique où passe le Soleil, en repère géocentrique, à l'équinoxe de printemps – cette année le 20 mars - et appelé nœud ascendant de l'écliptique sur l'équateur) qui se trouve actuellement dans la constellation des Poissons. Nous pouvons faire sur cette représentation plusieurs constatations. Par exemple nous constatons que :

- Sur la période considérée, les planètes Jupiter et Saturne sont, par rapport à la Terre, dans des directions qui continuent de s'écarter l'une de l'autre. Jupiter qui avance plus vite sur son orbite que sa voisine s'en écarte donc de plus en plus en prenant de « l'avance » et leur distance angulaire dans notre ciel augmente régulièrement.
- Nous constatons que pour cette période la distance Terre / Mars continue de diminuer (la Terre allant plus vite sur son orbite, elle « rattrape » progressivement sa voisine), ce qui rendra la visibilité de celle-ci plus facile.
- Sachant que le mouvement de révolution des planètes et de rotation de la Terre sont dans le sens anti-horaire (vus du pôle Nord de l'écliptique) nous pouvons en déduire si telle planète sera visible le matin où le soir : en effet si, sur la figure, la planète concernée **vue depuis la Terre** est à « droite » du Soleil elle sera visible le matin (cas de Vénus en début de période) sinon, si elle est à « gauche », ce sera le soir. Nous constatons également en fin de période que Mercure vient de passer en conjonction inférieure¹ (23/09) et que Vénus va bientôt passer en conjonction supérieure (22/10).

Nous pouvons ainsi, avec cette représentation, retrouver de nombreux phénomènes observables depuis la Terre (repère géocentrique) en raisonnant sur le schéma héliocentrique.

LE CARNET DES RENDEZ-VOUS ASTRONOMIQUES (temps civil)

- **01 septembre** : Maximum d'activité de l'essaim des α Aurigides de juillet (Pégase), avec environ 6 « étoiles filantes » à l'heure avec des traces lumineuses très rapides. En 2022 nous sommes en début de lunaison et les observations en seront facilitées.
- **01 septembre** : L'équation du temps² est nulle.
- **03 septembre** : Conjonction entre la Lune et Antarès (α du Scorpion) sur l'horizon **Sud-Sud-Ouest** en début de nuit (distance angulaire $2,5^\circ$).
- **05 septembre** : Conjonction entre Vénus et Régulus (α du Lion) sur l'horizon **Nord-Nord-Est** un peu avant le lever du Soleil (distance angulaire $0,7^\circ$).

¹ Rappelons que qu'une conjonction inférieure correspond à l'alignement « approximatif » Soleil, planète, Terre et que pour une conjonction supérieure nous avons planète, Soleil, Terre.

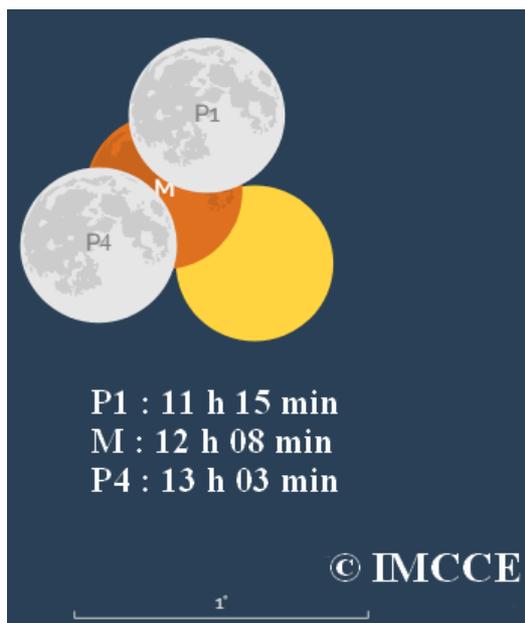
² Voir dans les n° 58 et 59 de la LA les explications à propos de l'équation du temps.

- **07 septembre** : Conjonction entre Mars et Aldébaran (α du Taureau) sur l'horizon **Est-Sud-Est** en deuxième moitié de nuit (distance angulaire $4,3^\circ$).
- **08 septembre** : Conjonction entre la Lune et Saturne sur l'horizon **Sud** en milieu de nuit (distance angulaire 10°). Jupiter brille à l'Est des deux précédents objets.
- **09 septembre** : Maximum d'activité de l'essaim des ϵ Perséides de septembre (Persée), avec environ 5 « étoiles filantes » à l'heure.
- **11 septembre** : Conjonction entre la Lune et Jupiter sur l'horizon **Sud-Sud-Est** en milieu de nuit (distance angulaire $4,5^\circ$).
- **15 septembre** : Le maximum de la conjonction entre la Lune et les Pléiades, dans le Taureau, (distance angulaire de $6,5^\circ$) observable sur l'horizon **Sud**, aura lieu en fin de nuit. Le phénomène sera visible dès le lever de la Lune vers 22 h 30 min. Dans le même champ que ce rapprochement nous pourrons admirer à l'Est la planète Mars.
- **17 septembre** : Conjonction entre la Lune et Mars en fin de nuit sur l'horizon **Sud** (séparation angulaire de $3,8^\circ$).
- **19 septembre** : Les quatre satellites galiléens Io, Europe, Ganymède et Callisto, sont regroupés dans leur ordre de distance à l'**Est** de Jupiter toute la nuit. Le spectacle peut être observé avec une paire de jumelles (voir remarque sur l'utilisation des jumelles pour l'observation de Jupiter et de ses satellites dans la LA81).
- **20 septembre** : Conjonction entre la Lune et Pollux (β des Gémeaux) sur l'horizon **Est** en fin de nuit (distance angulaire $2,5^\circ$).
- **22 septembre** : Maximum d'activité de l'essaim des Piscides (constellation des Poissons), avec environ 5 « étoiles filantes » à l'heure.
- **23 septembre** : À 03 h 03 min c'est l'Équinoxe d'automne : le Soleil, dans son mouvement apparent géocentrique, franchit l'équateur céleste vers les déclinaisons négatives et jour après jour sa hauteur de passage au méridien diminue jusqu'au solstice d'hiver.
- **23 septembre** : Conjonction entre la Lune, deux jours avant la NL, et Regulus (α du Lion) sur l'horizon **Est** un peu avant le lever du Soleil (distance angulaire $4,3^\circ$).
- **25 septembre** : Conjonction entre la Lune, présentant un fin croissant et sa lumière cendrée, et Vénus à l'aube vers 07 h sur l'horizon **Est** (séparation angulaire de $2,2^\circ$).
- **26 septembre** : Conjonction entre Mercure et Vénus à l'aube un peu après 07h sur l'horizon **Est** (séparation angulaire de $2,2^\circ$). Mercure, très proche de l'horizon, est difficilement visible.

- **30 septembre** : Conjonction entre la Lune et Antarès (α du Scorpion) sur l'horizon **Sud-Sud-Ouest** peu après le coucher du Soleil (séparation angulaire de $2,8^\circ$)
-
- **05 octobre** : Conjonction entre la Lune et Saturne sur l'horizon **Sud** en début de nuit (distance angulaire $4,5^\circ$). Jupiter brille à l'Est des deux précédents objets.
 - **08 octobre** : Belle conjonction entre la Lune et Jupiter en début de soirée sur l'horizon **Sud-Est** (séparation angulaire de $2,8^\circ$).
 - **09 octobre** : Maximum d'activité de l'essaim des Draconides (Dragon) et début de celui des Taurides (Taureau). Le taux horaire des premières peut varier de zéro à plus d'une centaine à l'heure. Quelques personnes âgées se souviennent du lundi 9 octobre 1933 à partir de 18 h 30 min³ où les observateurs ont pu compter jusqu'à plus de 10 000 étoiles filantes par heure !
 - **10 octobre** : Maximum d'activité de l'essaim des Taurides Sud (Taureau). Le taux horaire est en général inférieur à une dizaine par heure. Cette année nous sommes juste après la Pleine Lune et les observations en seront affectées.
 - **13 octobre** : Conjonction entre la Lune (4 jours après la PL) et les Pléiades (Taureau) à partir du début de nuit sur l'horizon Est-Nord-Est (distance angulaire $8,5^\circ$). Profitez-en pour admirer la constellation du Taureau et la planète Mars un peu après son lever vers 22 h 00 min.
 - **14 octobre** : Conjonction entre la Lune et Mars en début de nuit sur l'horizon **Est-Nord-Est** (séparation angulaire de $3,8^\circ$).
 - **20 octobre** : Conjonction entre la Lune et Régulus (α du Lion) sur l'horizon **Est-Sud-Est** un peu avant le lever du Soleil (distance angulaire 7°). Mercure brille dans la même direction, environ 5° au dessus de l'horizon.
 - **21 octobre** : Maximum d'activité de l'essaim des Orionides (Orion), avec environ une trentaine d'« étoiles filantes » à l'heure. Cette activité correspond au second passage de la Terre au travers du tore de poussières attaché à la comète de Halley et que la Terre traverse une première fois au printemps à l'occasion des η Aquarides. Cette année cette date est proche de celle de la NL et l'observation ne devrait pas être gênée
 - **24 octobre** : Conjonction entre la Lune (veille de la NL) et Mercure un peu avant le lever du Soleil sur l'horizon **Est-Sud-Est** (séparation angulaire de 4°).
 - **25 octobre** : Éclipse partielle de Soleil visible en Europe. En France les zones géographiques du Nord-Est seront favorisées mais l'occultation du Soleil par notre satellite – appelée grandeur - ne dépassera pas 30%. A Besançon elle sera de 26%. L'AAFC accueillera le public pour une observation gratuite du phénomène à partir

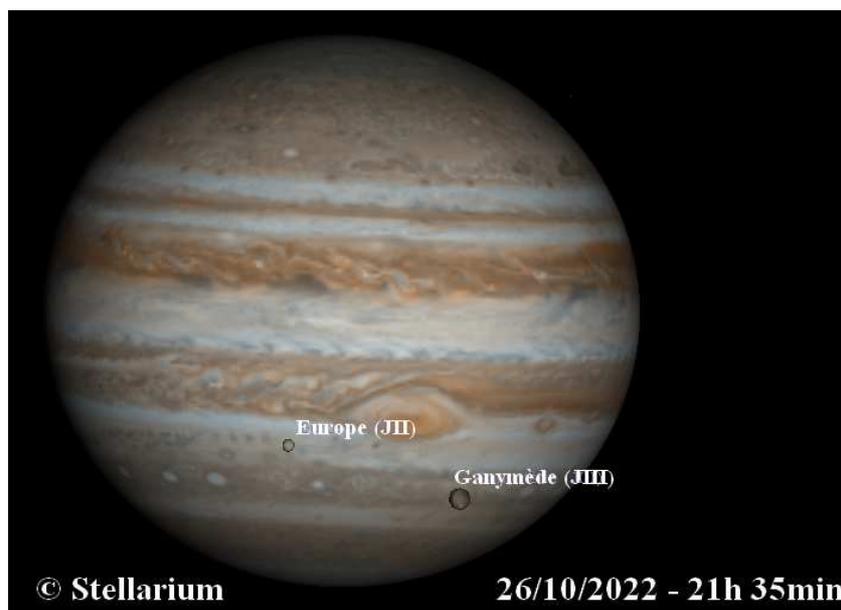
³ Vous pourrez lire à propos de cet événement l'étude parue dans la revue « Ciel et Terre » en suivant le lien <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1933C%26T...49..170C/0000170.000.html>

11h00 au 34 Avenue de l'Observatoire à Besançon. L'aspect du spectacle et les horaires seront les suivants :



Pour observer le phénomène dans des conditions de sécurité optimale il est indispensable de le faire derrière des filtres spéciaux conçus dans le but de suivre une éclipse de Soleil. Il est totalement prohibé de regarder derrière un instrument optique quel qu'il soit.

- **26 octobre** : A partir de 20 h 30 min et jusqu'à 22 h les satellites de Jupiter nous offrent un ballet spectaculaire : c'est tout d'abord Europe et Ganymède qui passent ensemble sur le disque planétaire puis projettent leur ombre sur Jupiter. Le spectacle peut être observé avec une paire de jumelles mais est beaucoup plus intéressant à suivre derrière un instrument plus puissant.



- **27 octobre** : Les quatre satellites galiléens Io, Europe, Ganymède et Callisto, sont regroupés à l'**Ouest** de Jupiter à partir de 20 h 30 min jusque vers 4 h30 min le lendemain. Le spectacle peut être observé avec une paire de jumelles.
- **30 octobre** : Nous passons de l'heure d'été (TL = TU + 2) à l'heure d'hiver (TL = TU + 1) : à 03 h, dans la nuit de samedi à dimanche, nous « remontons » à 02 h.

DOSSIER DU BIMESTRE : Curiosity a fêté en août ses dix ans de présence sur Mars

Mars est la planète la plus explorée de notre Système solaire : les orbiteurs et les atterrisseurs de plusieurs agences spatiales explorent son atmosphère très ténue et sa surface désertique pour comprendre un passé beaucoup plus changeant qu'aujourd'hui. Au sol Curiosity, un gros rover de la NASA, vient de célébrer son 10^e anniversaire sur la planète rouge. Couvert de poussière et roulant sur des roues en mauvais état, il continue d'explorer un paysage desséché de plateaux découpés par le vent, de buttes isolées et de dunes de sable poussé par le vent, à la recherche des traces d'une planète Mars autrefois plus chaude, plus humide et ayant peut-être accueilli une vie primitive.

L'idée de la vie sur la planète rouge n'est pas nouvelle : des canaux imaginés au XIX^e siècle par Percival Lowell à la très ancienne civilisation martienne, sur le déclin, des « Chroniques martiennes » de Ray Bradbury cette idée a nourri l'imagination de nombreuses générations. Mais alors que n'importe quelle forme de vie ne pourrait plus se développer dans ce désert bombardé de radiations, la jeune Mars d'il y a 3,5 milliards d'années était différente du monde monochrome et d'âge avancé d'aujourd'hui. À cette époque lointaine, entourée par une épaisse atmosphère de dioxyde de carbone et possédant de l'eau liquide s'écoulant librement à sa surface, la planète possédait des conditions environnementales qui ont pu permettre à des organismes de se développer.

Aujourd'hui, nos recherches pour trouver des indices éventuels de ces anciennes formes de vie se poursuivent non plus avec des moyens terrestres mais avec la présence sur le terrain d'une lignée toujours plus nombreuse d'explorateurs robotisés.

L'histoire de Curiosity, de la taille d'une petite voiture, a débuté en 2003 lorsque la NASA a proposé la mission « **Mars Science Laboratory** » (MSL) visant à développer un nouveau rover destiné à arpenter la planète rouge. Le projet s'est vite stabilisé autour d'un engin possédant onze instruments scientifiques provenant de sept pays associés et visant à lancer MSL en octobre 2009. Mais les coûts prévus initialement n'ont pas pu être tenus : le prix de 1,63 milliard de dollars est passé à plus de 2 milliards. Pour tenir le budget, les pièces de rechange ont été enlevées, les tests modifiés et le logiciel repensé. Les ingénieurs ont supprimé une fonction de zoom sur la caméra « **Mastcam** » du rover et remplacé un dispositif de meulage de roche par une brosse à poils métalliques motorisée. Mais ça n'était pas suffisant pour tenir les délais car la complexité des tests et du matériel avaient rendu impossible un lancement en 2009 : le lancement de MSL a donc été reporté à fin 2011 pour profiter de la fenêtre suivante vers Mars. Cependant les choix judicieux de simplification ont permis de livrer un engin robuste et efficace : le bras robotique articulé de 2,1 m de haut est solide mais suffisamment adroit pour déposer une aspirine dans un dé à coudre, une tourelle

cruciforme abrite plusieurs instruments parmi lesquels une perceuse à percussion, « **Powder Acquisition Drill System** » (PADS) qui permet de forer un trou de 5 cm de profondeur et d'un diamètre de 1,6 cm, le « **Rock Abrasion Tool** » (RAT) qui utilise une meule pour décaper une roche altérée et exposer la roche fraîche située en dessous, la brosse motorisée appelée « **Dust Removal Tool** » (DRT) et une pelle, le « **Collection and Handling for In-situ Martian Rock Analyse** » (CHIMRA) pour recueillir, tamiser et isoler des échantillons de sol. Au sommet de la tourelle le « **Alpha Particle X-Ray Spectrometer** » (APXS) fourni par l'agence spatiale canadienne bombarde des échantillons avec un rayonnement X et des particules alpha et cartographie les émissions de rayons X réémis pour déterminer les constituants chimiques de la roche vaporisée. On y trouve également le « **Mars Hand Lens Imager** » (MAHLI), avec une plage de mise au point allant de 2 cm à l'infini, pour prendre des photos à haute résolution. C'est lui qui a acquis plusieurs autoportraits du rover sur Mars. Le « **Rover Environmental Monitoring Station** » (REMS) est une station météorologique placée sur un mât et mesure l'humidité, la température, la pression et les caractéristiques du vent. L'un de ses deux anémomètres a heurté un rocher lors de l'atterrissage, mais l'autre fonctionne très bien. Le dispositif REMS analyse également le rayonnement ultraviolet à la surface pour mieux informer les ingénieurs qui travailleront sur les futures missions humaines.

Le « **sample analysis at Mars** » (SAM) est un analyseur d'échantillons martien qui collecte, chauffe et analyse des échantillons de sol et d'atmosphère. Le « **Dynamic of Albedo Neutrons** » (DAN) utilise l'émission d'un flux de neutrons pour recherche l'eau souterraine à des profondeurs allant jusqu'à 60 cm. L'instrument « **Chemical and Mineralogy** » (CheMin) utilise la diffraction des rayons X pour mesurer l'abondance des minéraux. Pour finir le bloc « **CHEMistry CAMera** » (ChemCam) qui utilise des impulsions laser infrarouges pour frapper les roches jusqu'à 7 m et observe les spectres du rayonnement réémis.



Le cratère Gale avec au centre le mont Sharp. On a dessiné sur l'image l'ellipse de la zone d'atterrissage de Curiosity.

Le choix d'un site d'atterrissage a été particulièrement réfléchi. Les scientifiques ont retenu au départ de nombreux endroits présentant tous des traces d'un passé où l'eau était présente et pouvant contenir des marqueurs biologiques laissés par d'anciens organismes. La robustesse de Curiosity permettait d'explorer des lieux auparavant inaccessibles.

C'est en juillet 2011 que la NASA fixa comme objectif le cratère Gale. Cent soixantaine kilomètres de diamètre et couvrant une superficie un peu supérieure à celle de la Franche-Comté, c'est aujourd'hui un lieu aride et désolé au sud de l'équateur martien. Nommé en l'honneur de l'astronome australien Walter Gale (1865-1945) - qui, comme Lowell, était un adepte des canaux et des oasis sur Mars - il s'est formé à la suite d'un impact d'astéroïde il y a entre 3,8 et 3,5 milliards d'années.

Au cours du temps cette plaine profonde s'est remplie de sédiments, d'abord déposés par l'eau, puis par le vent. De longues périodes d'érosion ont ensuite décapé les sédiments pour laisser au centre le pic d' Aeolis Mons, haut de 5 500 m, dénommé également le mont Sharp en référence au géologue américain Robert Sharp (1911-2004). On espérait bien que sa stratigraphie en couches mettrait à nu plus de 3 milliards d'années d'évolution du paysage martien, telles les pages d'un livre d'histoire qu'on aurait qu'à tourner. Pourtant, accéder au cratère Gale était difficile. Il avait été envisagé quelques années auparavant comme lieu d'atterrissage pour les rovers Spirit et Opportunity mais leur capacité limitée et la nature difficile du terrain l'avaient finalement exclu. Mais Curiosity, avec un système d'atterrissage unique et une batterie nucléaire de longue durée, était un engin tout à fait capable d'y parvenir.

Lancé par une fusée Atlas V, Curiosity a commencé son voyage de 567 millions de km vers la planète rouge le 26 novembre 2011. Pendant son transit de 36 semaines, quatre manœuvres de correction ont permis de modifier le point d'atterrissage de Curiosity de quelques km afin d'être au plus près du mont Sharp. Cela a permis de réduire de plusieurs mois le temps de déplacement du rover pour atteindre plus tôt les points de récoltes d'échantillons sélectionnés.

Au cours de la croisière, le « **Radiation Assessment Detector** » (RAD) ou détecteur du niveau de rayonnement, a pu mesurer pour la première fois le flux de radiation à l'intérieur d'un vaisseau spatial se déplaçant en direction de Mars. Les chercheurs souhaitaient obtenir des informations sur l'environnement que les humains pourront rencontrer lors d'un voyage ultérieur similaire. Les résultats, publiés en 2013, ont mis en évidence le plus grand événement de tempête solaire en une décennie, constatant que les niveaux de rayonnement dépassaient le maximum admissible pour les astronautes de la NASA au cours d'une carrière complète. Un scientifique a estimé que la dose de rayonnement accumulée par un astronaute sur le chemin de Mars équivaldrait à subir un scanner corporel complet chaque semaine du vol.

Curiosity a atteint la planète rouge après huit mois et demi de voyage. La procédure pour atterrir différait de celles des missions précédentes. Avec une masse de 899 kg il était trop lourd pour que des parachutes ou des airbags soient suffisants pour se poser

en toute sécurité au sol. Au lieu de cela, Curiosity a utilisé une technologie innovante : une grue volante maintenue au dessus du sol par des rétro-fusées a abaissé lentement le rover suspendu à des filins de 7,6 m. La procédure était bien entendu entièrement autonome car du fait de la grande distance entre la Terre et Mars, il n'y avait pas la possibilité pour les contrôleurs terrestres de faire atterrir l'engin en temps réel. À 5 h 31 min UTC le 6 août 2012, Curiosity s'est posé en douceur sur un terrain extraterrestre désolé. La grue volante s'est alors stabilisée quelques secondes, attendant le signal « contact », puis a coupé les attaches et s'est éloignée pour aller s'écraser à une distance de sécurité. Le lieu d'atterrissage du rover a été nommé « *Bradbury Landing* » en l'honneur de l'écrivain de science-fiction Ray Bradbury, décédé un peu plus tôt en 2012.

Après quelques jours de tests de l'ensemble de l'engin permettant de vérifier que tout allait bien, Curiosity s'est dirigé vers « *Glenelg* », un terrain situé à 400 m du site d'atterrissage. En cours de route, ChemCam a frappé ses premières cibles. L'analyse du spectre de retour a établi des parallèles avec des matériaux volcaniques terrestres, montrant des niveaux élevés de feldspath et des traces de magnésium et de fer. Durant les semaines suivantes Curiosity a observé également des preuves de présence de lits de cours d'eau disparus depuis longtemps et contenant des galets arrondis dont la taille allait de celle d'un grain de sable à celle d'une balle de ping-pong. Certains chercheurs ont alors suggéré que l'eau qui avait traversé la zone il y a plusieurs milliards d'années devait avoir la vitesse de la marche humaine – environ 90 cm/s - et sur une hauteur de quelques dizaines de cm.

Un peu plus tard, parvenant à un banc de sable déposé par le vent, Curiosity a pu en ramasser une petite quantité qui a révélé des similitudes avec des basaltes altérés hawaïens. Dans une dépression peu profonde appelée « *Yellowknife Bay* », qui pouvait être le delta d'un ancien fleuve ou le lit d'un lac rempli par intermittence, le rover a pu utiliser son DRT pour préparer une roche afin de l'inspecter et en faire l'analyse minéralogique. Il restera six mois en ce lieu pour réaliser divers travaux. En février 2013, il fore sa première roche : le trou d'un peu plus de 6 cm de profondeur révèle des traces de soufre, d'azote, d'hydrogène, d'oxygène, de phosphore et de carbone, tous les ingrédients essentiels à la vie telle que nous la connaissons. De telles découvertes – montrant à nouveau que Mars avait eu peut-être de l'eau en surface qui coulait juste au moment où les premiers signes de vie sont apparus sur Terre – ont suscité des spéculations selon lesquelles la vie sur Terre et sur Mars aurait pu apparaître à peu près au même moment. L'étude du site de « *Yellowknife* » avait en effet indiqué des conditions habitables pendant des dizaines de millions d'années, alors que les lacs émergeaient, séchaient, puis réémergeaient périodiquement. Et même lorsque le sol était sec, le sous-sol restait humide, comme le montrent les veines minérales déposées dans les fractures des roches par les eaux souterraines.

Le passé de la planète a continué de se révéler sur « *Cumberland* », un substrat rocheux d'au moins 3,9 milliards d'années et dont les ondulations de surface ont peut-être été forgées par l'écoulement de l'eau. SAM y a trouvé des molécules organiques mais leur origine nous reste inconnue. Le rover y a également découvert des argiles smectites pouvant absorber et retenir l'eau en offrant donc un environnement propice au

développement de la vie. Toutes ces découvertes suggèrent que même si la plus grande partie de la surface de Mars était aujourd'hui sèche, de l'eau liquide restait sous la surface dans l'environnement du cratère Gale, prolongeant la période d'habitabilité de toute vie microbienne martienne qui aurait pu exister.

Un peu plus tard, Curiosity est entré dans « *Hidden Valley* », au pied du mont Sharp, et y a collecté des données qui suggèrent que des lacs à longue durée de vie existaient ici il y a environ 3,8 à 3,3 milliards d'années.

Il a également trouvé des oxydes nitriques et des sels organiques : les nitrates peuvent être utilisés par des systèmes biologiques et leur découverte a donc fourni une autre série de preuves en faveur du fait que Mars avait connu autrefois des conditions propices à la vie microbienne. Aucune de ces découvertes n'a bien sûr prouvé de manière définitive que la vie prospérait autrefois dans ce paysage désormais inerte car la plupart de ces composés peuvent résulter de processus non biologiques. Mais il est maintenant sûr que dans le passé la planète Mars était bien plus hospitalière qu'aujourd'hui.

En juillet 2013, le rover a commencé à se diriger vers les pentes du mont Sharp au sud-ouest. Pour progresser sur des terrains difficiles et accidentés, les ingénieurs ont testé la navigation autonome de Curiosity, les caméras Mastcam identifiant les dangers à l'avance. Cela a permis à Curiosity de calculer son propre itinéraire sans nécessiter l'attention constante de ses gestionnaires humains à la maison. Ce voyage depuis « *Bradbury Landing* » jusqu'aux contreforts du mont Sharp a duré deux ans. Curiosity a réalisé durant ce parcours plusieurs panoramas grand angle, a photographié un affleurement aux tons pâles nommé « *Darwin* » et a observé la région striée appelée « *Kimberley* », y compris une butte isolée de 5 m de haut appelée « *Mount Remarkable* ». Les roches ici étaient plus foncées que les dalles de mudstone de « *Yellowknife* », révélant plus de magnétite et la présence d'orthose, un feldspath riche en potassium. Tout cela impliquait que le cratère Gale a subi une évolution géologique complexe dans un passé lointain avec de multiples épisodes de fonte et peut-être même de volcanisme.

En passant par une brèche dans une bande de dunes et en pénétrant dans un paysage plus rocheux, l'exploration du mont Sharp par Curiosity a finalement commencé sérieusement en septembre 2014 à « *Pahrump Hills* ».



Curiosity a capturé cette vue d'une région contenant des sulfates à l'aide de sa Mastcam le 2 mai 2022. On pense que les rochers sombres observés près du centre se sont formés à partir de sable déposé dans d'anciens ruisseaux ou étangs.

Depuis lors, Curiosity s'est frayé un chemin sur les pentes du mont Sharp, arpentant ses niveaux inférieurs et révélant la présence d'un matériau contenant de l'oxyde de fer appelé hématite. D'autres prélèvements ultérieurs ont mis en évidence d'autres matériaux connus pour être formés ou modifiés dans des conditions environnementales humides. Leur découverte a encore fourni ici des indices importants sur de multiples épisodes de mouvement fluide dans le passé lointain de Mars. En poursuivant son ascension le rover a découvert des ondulations de sable polygonales, un terrain plus rocheux et d'extraordinaires plateaux de grès sculptés par de longues périodes d'érosion éolienne et des buttes en forme de boutons.



Curiosity a capturé cette vue de roches feuilletées en couches qui se seraient formées dans un ancien lit de ruisseau ou un petit étang. Les six images qui composent cette mosaïque ont été capturées à l'aide de la Mastcam.

Mais après une décennie passée sur Mars, Curiosity présente des traces évidentes de vieillissement. Fin 2014, les roues du rover montraient déjà des signes d'usure. Les ingénieurs ont commencé à sélectionner des itinéraires pour éviter les rochers durs et pointus et ont déployé des techniques de conduite pour réduire la pression supportée. En 2016, des agressions par les roches les plus coupantes avaient commencé à perforer les enveloppes extérieures des roues ; elles sont désormais surveillées par imagerie tous les 500 m. Depuis 2017, des logiciels ont été développés pour ajuster la vitesse des roues lors de la montée afin d'éviter tout glissement pouvant causer d'autres dommages.

Curiosity a également résisté à plusieurs redémarrages d'ordinateurs, à un court-circuit transitoire dans l'alimentation de son bras manipulateur et à des problèmes d'ouverture et de fermeture de la pelle de CHIMRA. Sa perceuse à percussion a subi un dysfonctionnement de son moteur ayant obligé de suspendre ses opérations de décembre 2016 à mai 2018. Chaque fois, les équipes techniques sur Terre sont parvenues à contourner les pannes et les difficultés. Enfin en juin 2018, il a survécu à une tempête de poussière qui a fait le tour de la planète et qui a mis fin à la vie du rover Opportunity qui fonctionnait à l'énergie solaire depuis 2004 !

Dix ans après son arrivée dans le cratère Gale, le rover a parcouru plus de 27 km et son avenir, si le matériel continue de résister aux conditions très dures de la planète rouge, est assuré jusqu'en 2026. Il reste peu de traces du rover à Bradbury Landing car le vent et la poussière martienne ont depuis longtemps recouvert ses premières traces. Il devrait

poursuivre son ascension du mont Sharp, découvrant les différents feuillets d'une stratigraphie déroulant petit à petit l'histoire de la planète.



Après plusieurs années de présence en milieu hostile Curiosity a subi plusieurs avaries mais reste totalement opérationnel.

CONFÉRENCES DE L'OBSERVATOIRE

Le cycle de conférences dans le cadre de l'Université Ouverte reprendra à partir du jeudi 24 novembre à 17h00, avec une conférence sur « Les planètes géantes » qui sera présentée par Monsieur Philippe Rousselot.

**À BIENTÔT SUR TERRE
L'AAFC**