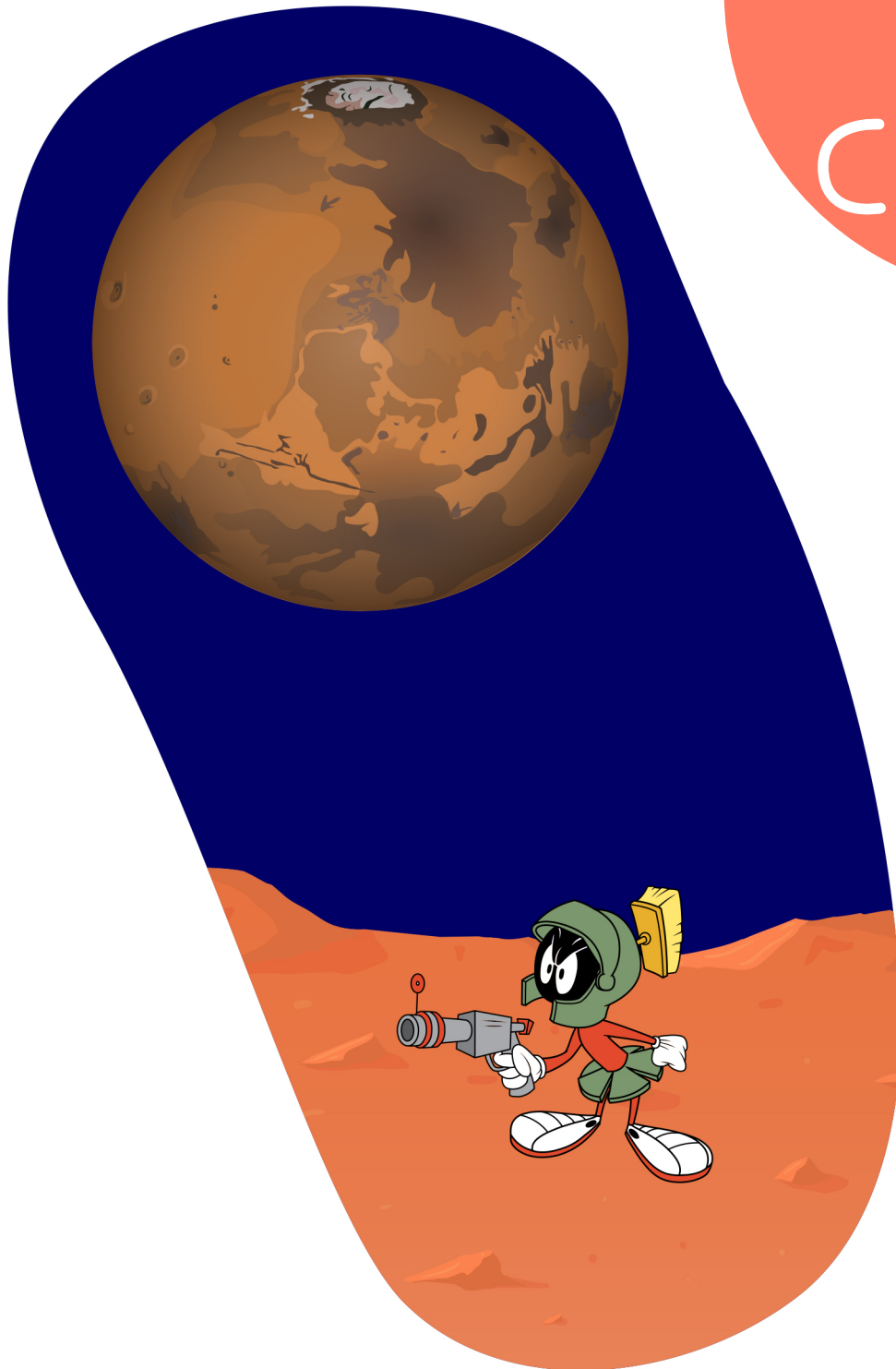


ASTRES

EN COURS



OBSERVER

MARS

N°7

EDITO

La gazette *Astres en cours*
s'adresse aux enseignants,
aux éducateurs mais
également à tous les
curieux des choses du ciel.

Ce septième numéro de la gazette *Astres en cours* vous invite à explorer Mars, l'une des planètes les plus fascinantes de notre système solaire, alors qu'elle s'apprête à passer à l'opposition le 16 janvier 2025. Ces quelques semaines où la planète Rouge, très brillante, est au plus près de la Terre offrent une opportunité rare de l'observer dans les meilleures conditions possibles.

Mais que signifie précisément ce passage à l'opposition ? Pourquoi est-il attendu avec impatience par les astronomes amateurs ? Ce numéro vous guidera pour comprendre cet événement céleste et vous donnera les clés pour en profiter au mieux.

Nous plongerons également dans l'histoire des observations martiennes en passant en revue quelques oppositions ayant mené à des découvertes majeures.

En route pour Mars !

Département Éducation et Formation
Universcience
educ-formation@universcience.fr

1 VOUS AVEZ DIT
OPPOSITION ?

Page 4

2 OPPOSITIONS PERIHELIQUES
ET APHELIQUES DE MARS

Page 6

3 GUIDE D'OBSERVATION

Page 8

4 MARS AU FIL
DES MOIS...

Page 10

5 QUELQUES
OPPOSITIONS
HISTORIQUES

Page 13

6 RESSOURCES

Page 15

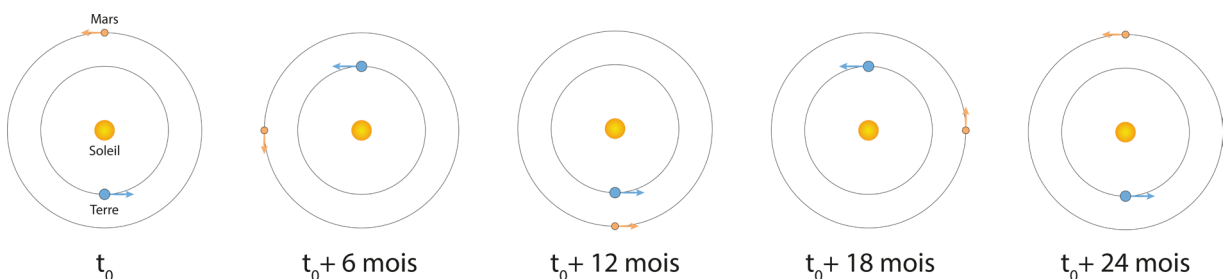
1

VOUS AVEZ DIT OPPOSITION ?

Mars est plus éloignée du Soleil que ne l'est la Terre.

Si 149,6 millions de kilomètres séparent en moyenne notre planète de l'astre du jour, la planète Rouge en fait le tour à la distance moyenne de 227,9 millions de kilomètres. Animée d'une vitesse moyenne de 24 km/s contre 29,8 km/s pour la Terre, Mars parcourt son orbite en près de 687 jours, soit en un peu moins de deux de nos années.

Suivons donc la Terre et Mars sur leur orbite respective pendant quelques mois, en supposant que ces orbites sont circulaires, qu'il faut à Mars exactement deux ans pour effectuer une révolution autour du Soleil et que nous observons la scène du dessus, avec vue sur le pôle Nord de la Terre.



t_0 : Mars et la Terre sont de part et d'autre du Soleil. Leur éloignement est maximal. Vue depuis la Terre, Mars est dans la direction du Soleil. Elle est dite **en conjonction**. Elle est alors inobservable depuis la Terre.

$t_0 + 6$ mois : la Terre a effectué une demi-révolution autour du Soleil, Mars un quart. Située à l'ouest du Soleil, la planète Rouge est bien visible en seconde partie de nuit.

$t_0 + 12$ mois : un an s'est écoulé depuis t_0 . Le Soleil, la Terre et Mars sont alignés, dans cet ordre. Par rapport à la Terre, Mars se trouve dans la direction opposée au Soleil : **elle est en opposition**. La distance Terre - Mars est alors minimale. **Visible toute la nuit et à son maximum d'éclat en raison de sa proximité, Mars se trouve dans des conditions d'observation optimales.**

$t_0 + 18$ mois : la Terre a effectué une révolution et demie autour du Soleil, Mars trois quarts. Située à l'est du Soleil, la planète Rouge est observable en première partie de nuit.

$t_0 + 24$ mois : deux ans se sont écoulés depuis t_0 . et nous sommes revenus à la situation initiale. C'est la conjonction.

L'intervalle de temps qui sépare deux oppositions ou deux conjonctions s'appelle la période synodique de la planète. Elle vaudrait donc 24 mois soit deux ans pour Mars... s'il lui fallait également deux ans pour réaliser un tour du Soleil. Or, nous avons vu qu'elle effectue sa révolution en un peu moins de deux ans et plus précisément en 687 jours. Elle se déplace donc un peu plus vite que dans notre exemple et la Terre met plus de temps à la « rattraper ». Ainsi, la période synodique de Mars s'élève, non pas à 730 jours, mais à 780 jours, soit 2 ans 1 mois... et une vingtaine de jours.

En moyenne, les oppositions martiennes sont séparées de 780 jours.

Mythologie martienne

Parmi les milliers de points plus ou moins brillants qui tapissent la voûte céleste, cinq présentent un comportement bien singulier : au fil des nuits, des semaines et des mois, ils se déplacent à travers les champs d'étoiles qui, elles, restent fixes les unes par rapport aux autres : ce sont... les planètes.

Mars est donc connue depuis la préhistoire. Sa couleur rougeâtre (et plus précisément caramel) lui a valu, dans certaines civilisations, un rapprochement avec des divinités en lien avec le sang et la guerre.

Elle était ainsi *Nergal*, gardien des enfers, dieu de la guerre, de la maladie et de la mort en Mésopotamie, depuis les dynasties archaïques jusqu'à l'Empire néo-babylonien.

Les Égyptiens la nommaient *Horus l'étoile rouge* (Hor-deshor). Horus, le dieu du ciel, de la royauté et de la protection était également une figure guerrière. Mars incarnait donc à la fois l'énergie vitale d'Horus et la dualité de la couleur rouge, oscillant entre force protectrice et potentiel destructeur.

Chez les Grecs, elle était connue sous le nom d'*Arès*, dieu de la guerre et de la destruction. Son équivalent chez les Romains était... *Mars*, nom dont nous avons hérité.

Dans l'Inde ancienne, elle était appelée *Mangala* en sanskrit, personnification d'une énergie puissante, de la force brute et de l'endurance ainsi que du dieu de la colère, de l'agression et de la guerre.

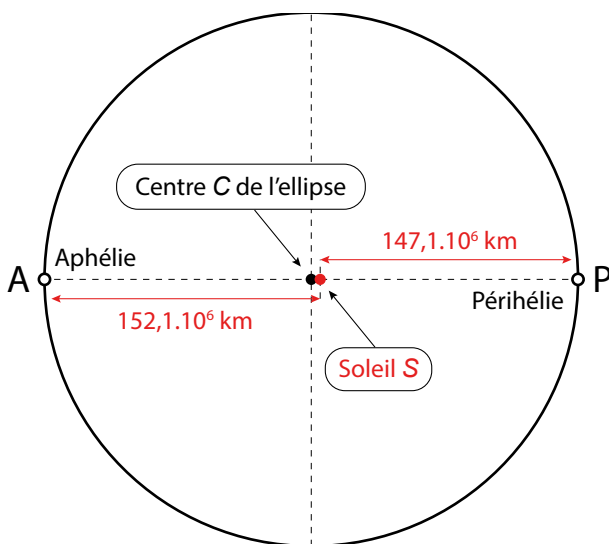
2

OPPOSITIONS PERIHELIQUES ET APHELIIQUES DE MARS

On le sait depuis le début du XVII^e siècle avec les travaux de Kepler sur le mouvement des planètes, celles-ci décrivent autour du Soleil des ellipses dont le Soleil occupe l'un des foyers.

Toutefois, les trajectoires des planètes ne diffèrent que de très peu du cercle.

Prenons le cas de la Terre : si vous dessiniez son orbite sous la forme d'un cercle d'un mètre de rayon, l'ellipse serait contenue dans l'épaisseur du trait ! Toutefois, le Soleil n'occuperait pas le centre du cercle, on le trouverait à 1,7 cm de celui-ci. Ainsi, au cours de sa révolution la distance séparant une planète du Soleil varie. C'est actuellement vers le 3 janvier que la Terre est au plus près du Soleil (au **périhélie**) à 147,1 millions de kilomètres et vers le 5 juillet qu'elle en est au plus loin (à l'**aphélie**) à 152,1 millions de kilomètres.



Voici la véritable forme de l'orbite terrestre : une ellipse, certes, mais indiscernable à l'œil nu d'un cercle.

Le Soleil S n'occupe pas le centre C de ce cercle. Très légèrement excentré, il en est distant de 2,5 millions de kilomètres.

Le rapport CS/CP (ou CS/CA) s'appelle l'excentricité de l'orbite. Elle s'élève à environ 0,0167 pour la Terre.

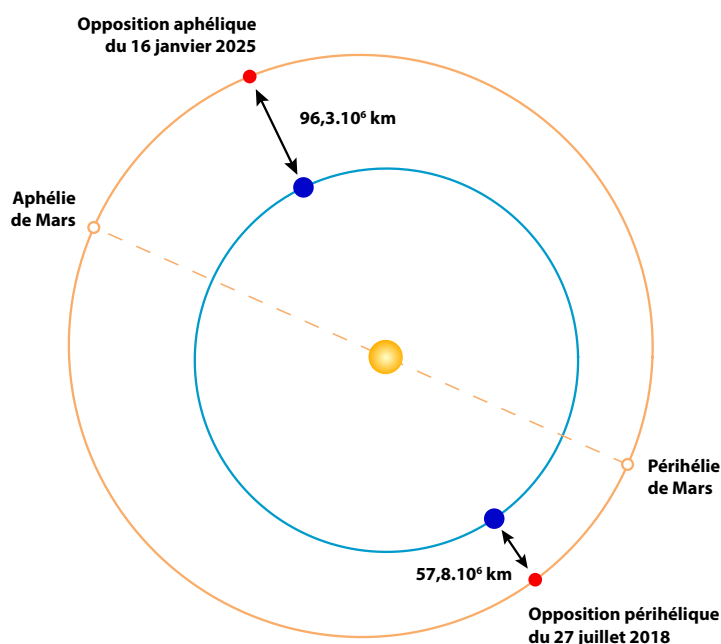
L'excentricité de l'orbite martienne, qui mesure son écart au cercle, est près de six fois plus élevée que l'excentricité de l'orbite terrestre. Elle reste toutefois quasiment circulaire, mais le Soleil est nettement excentré. L'éloignement de Mars au Soleil fluctue ainsi entre 206,6 millions de kilomètres au périhélie et 249,2 millions de kilomètres à l'aphélie. Cette variation est considérable ! **C'est donc la position de Mars sur son orbite au moment de l'opposition qui va déterminer la qualité de celle-ci.**

Si l'opposition intervient alors que Mars est proche du périhélie, on parle d'**oppositions périhéliques**. Elle s'établissent, *grosso modo*, entre la mi-juillet et début octobre. Mars se trouve alors à une soixantaine de millions de kilomètres de nous. Bien plus brillante que Sirius, l'étoile la plus lumineuse du ciel nocturne, son éclat orangé et plus précisément caramel est spectaculaire. Les oppositions périhéliques de Mars sont les oppositions les plus favorables à l'observation détaillée de son globe au télescope. Les calottes polaires de la planète se dévoilent même à faible grossissement, sous la forme de petits points blancs. Le revers de la médaille est que, sous nos latitudes, Mars demeure assez basse dans notre ciel : elle culmine, au maximum, à une trentaine de degrés au-dessus de l'horizon sud en France métropolitaine. La dernière opposition périhélique eut lieu 27 juillet 2018 dans la constellation du Capricorne. Quinze à dix-sept années séparent deux oppositions périhéliques consécutives.

Si l'opposition prend place alors que Mars est proche de l'aphélie, on parle d'**opposition aphélique**. Elles s'établissent, elles, *grosso modo*, entre la mi-janvier et la mi-mars. Mars se trouve alors à une centaine de millions de kilomètres de nous et rivalise d'éclat avec Sirius. Les oppositions aphéliques sont bien sûr les oppositions les moins favorables à l'observation détaillée du globe martien au télescope. Cela dit, sous nos latitudes, la relative faiblesse de l'éclat et du diamètre apparent de la planète est partiellement compensée par le fait qu'elle monte assez haut dans notre ciel : Mars culmine, au minimum, à une quarantaine de degrés au-dessus de l'horizon sud en France métropolitaine.

Lors de l'opposition périhélique du 27 juillet 2018, la Terre et Mars n'étaient séparées que par 57,8 millions de kilomètres. Toutefois, la planète Rouge ne culminait qu'à 15° de hauteur à Paris.

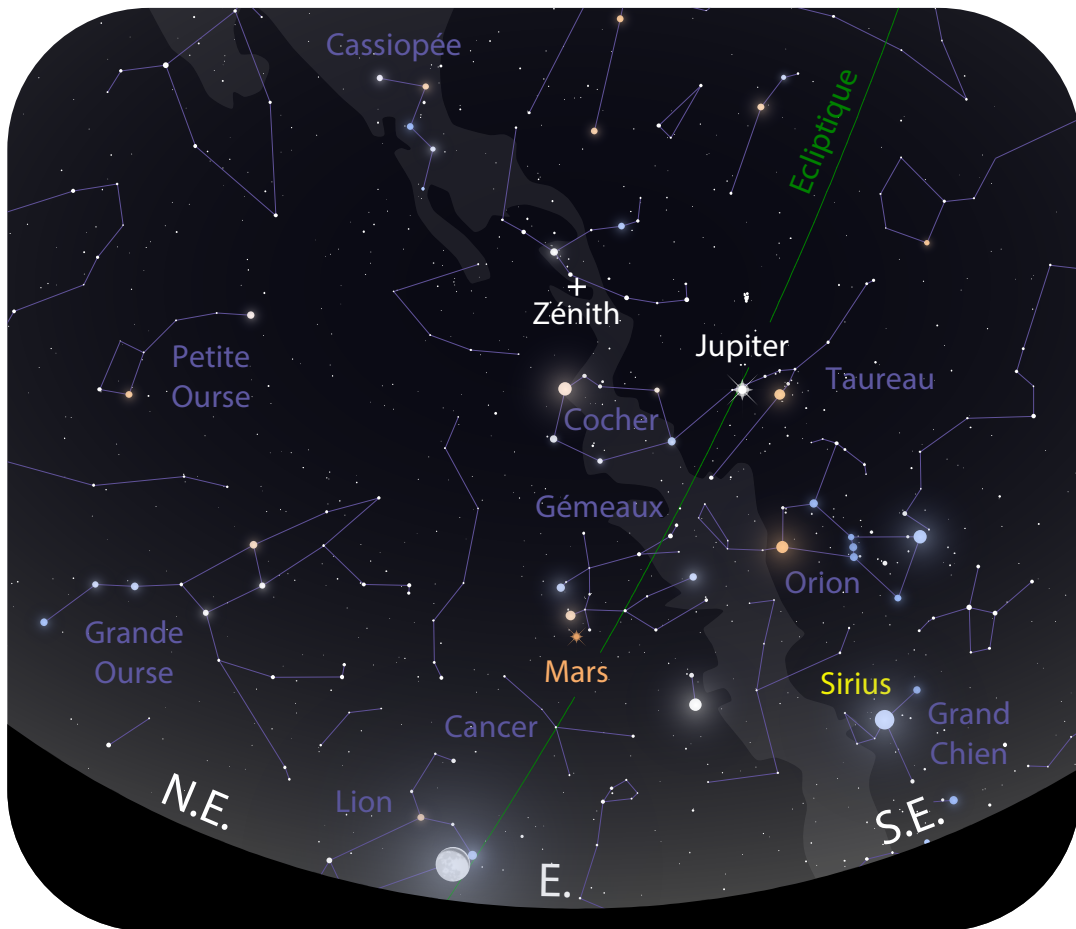
L'opposition du 16 janvier 2025 sera plutôt du type aphélique. Moins brillante qu'en 2018, Mars atteindra une très belle hauteur de culmination supérieure à 65°, toujours à Paris.



3

GUIDE D'OBSERVATION

Mars est très facilement repérable à l'œil nu car elle est très brillante, visible une grande partie de la nuit et d'une couleur qui contraste avec celle des astres environnants.



Voici l'aspect du ciel simulé le 16 janvier 2025, date de l'opposition martienne, vers 21 h. Nous sommes tournés vers l'est. Le zénith est le point qui, dans la réalité, se trouve juste au-dessus de votre tête.

La Lune, en phase gibbeuse décroissante, vient à peine de se lever. La planète Jupiter est l'astre ponctuel le plus brillant du ciel, suivie par la planète Mars et l'étoile Sirius. Ces astres vont monter progressivement dans le ciel. L'écliptique n'est autre que la projection, sur la voûte céleste, du plan dans lequel la Terre tourne autour du Soleil. Les planètes et la Lune n'en sont jamais très éloignées.

A l'œil nu et aux jumelles

À l'œil nu comme aux jumelles, Mars demeure un point. Plus ou moins brillant, certes, mais toujours un point ! Quant aux annonces qui ressortent à intervalles réguliers et qui prétendent que Mars serait, telle nuit, aussi grosse dans notre ciel que la pleine lune... ce ne sont que des canulars.

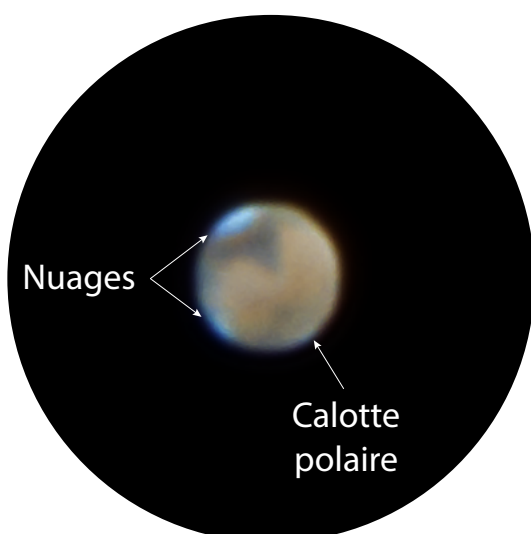
Avec une lunette astronomique ou un télescope

Nous sommes gorgés de photographies superbes prises en orbite par des sondes spatiales, par les télescopes les plus puissants ou même par des astronomes amateurs passés maîtres dans la prise et le traitement d'images.

Aussi, dans un premier temps, l'observation télescopique de Mars peut-elle s'avérer... décevante.

L'œil rivé à l'oculaire, le petit confetti orangé tremblant que vous apercevrez, rendu sautillant et flou par la turbulence atmosphérique, ne se laissera pas dompter facilement. Il vous faudra de la persévérance et de la concentration pour fixer dans votre mémoire les moments éphémères où Mars daignera vous livrer quelques détails de son disque.

La vidéo suivante vous donnera une idée de ce que vous pourrez observer en direct : <https://www.youtube.com/watch?v=b1dTv3oqxiY>. Réalisée à l'aide d'un télescope de 20 cm muni d'une caméra numérique, elle a été tournée en décembre 2022, à quelques jours du passage de Mars à l'opposition.



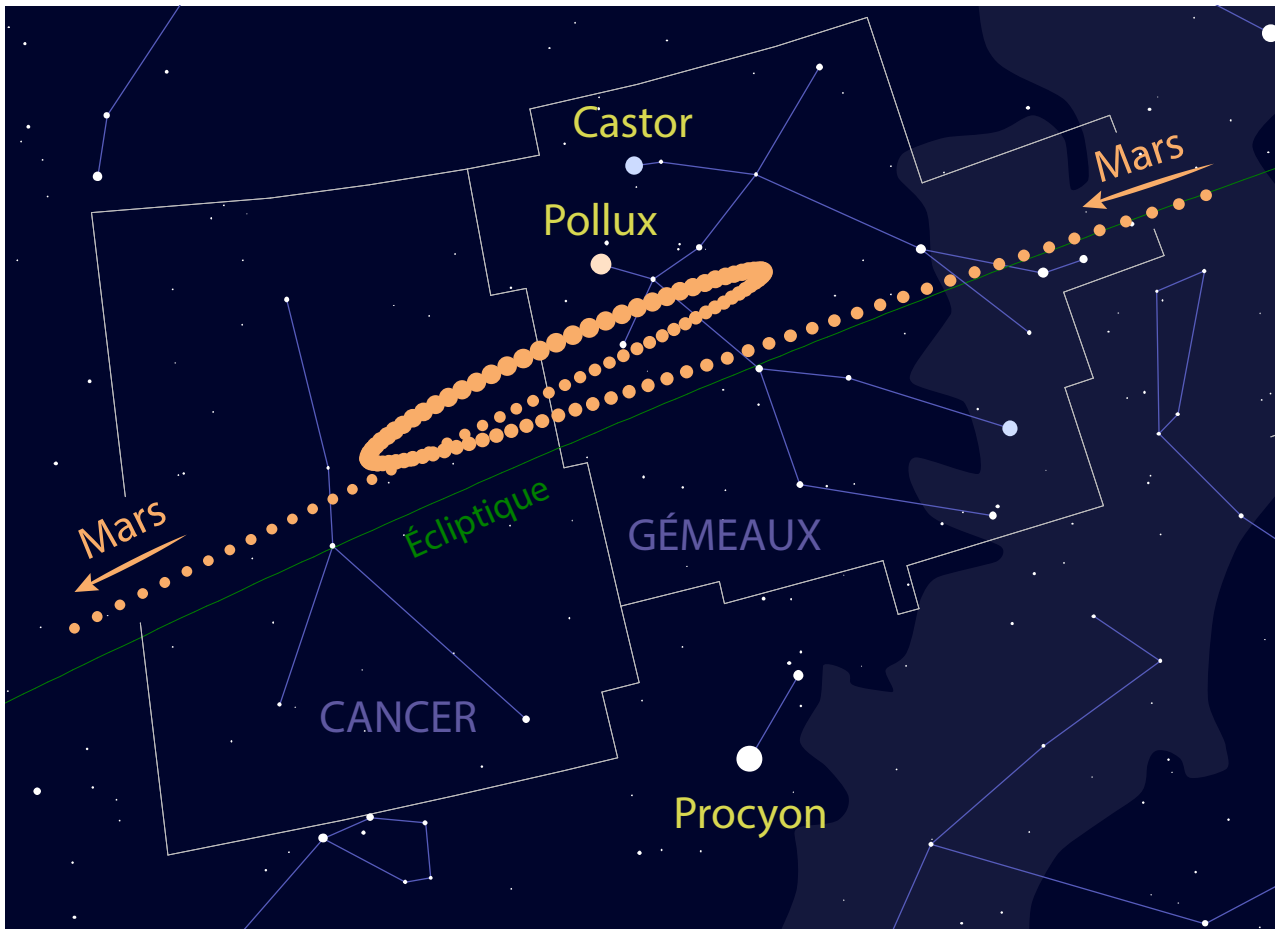
Il est possible d'accéder assez facilement à quelques structures remarquables, comme sur cette photographie amateur prise en 2014 (Crédit : http://astronomy.robpettengill.org/MarsSyrtisMajor140325_byGallery.html) :

- la zone sombre triangulaire, qui est un haut plateau volcanique baptisé Syrtis Major Planum ;
- les calottes polaires. Ici, il s'agit de la calotte polaire boréale ;
- des nuages de cristaux de H₂O ou de CO₂.

4

MARS AU FIL DES MOIS...

En tant que planète, Mars se déplace de constellation en constellation avec un éclat variable et un mouvement qui est loin d'être régulier. Voici, par exemple, sa trajectoire entre le 1^{er} septembre 2024 et le 31 mai 2025.

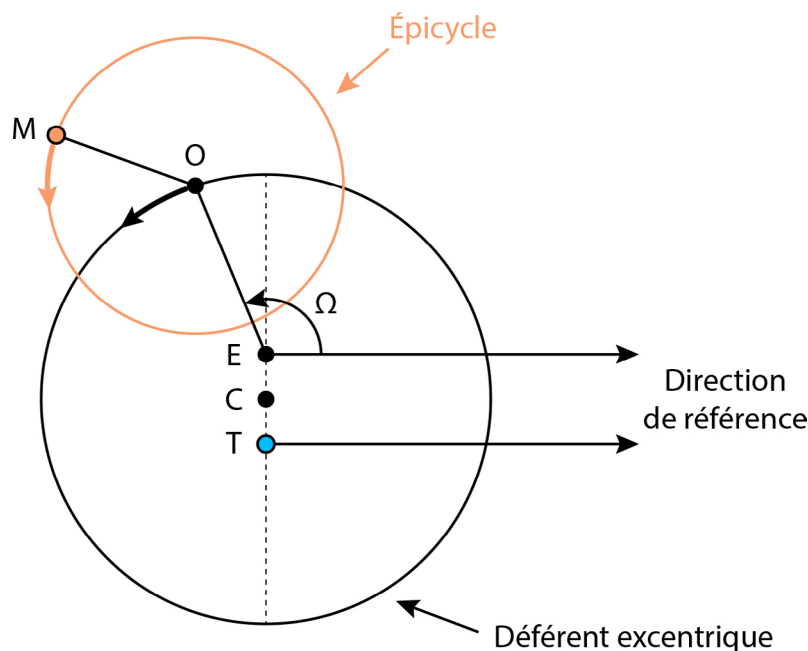


Mars se déplace d'abord vers l'est - on dit que son mouvement est **prograde** - et traverse la constellation des Gémeaux puis entre dans celle du Cancer. Elle y est **stationnaire** le 7 décembre puis rebrousse chemin - son mouvement est alors dit **rétrograde**. Son éclat croît depuis le début de notre observation ; il passera par un maximum le 16 janvier, jour de l'opposition. C'est le 24 février 2025 que Mars cessera son avancée dans les Gémeaux et redeviendra stationnaire. Elle reprendra alors le cours normale de sa marche vers l'est tout en poursuivant sa chute de luminosité entamée à l'opposition.

Notons que la date du passage de Mars au plus près de la Terre (le 12 janvier) ne coïncide pas avec le passage à l'opposition (le 16 janvier). L'écart entre les deux dates, qui peut atteindre plus de 8 jours, est dû à l'ellipticité de l'orbite martienne et à son inclinaison par rapport au plan de l'écliptique.

Lorsqu'elle s'approche de l'opposition, Mars effectue toujours une **boucle de rétrogradation** qui peut prendre l'aspect d'une véritable boucle ou d'un zigzag plus ou moins aplati. Cette particularité, commune aux planètes Mars, Jupiter et Saturne, était connue dès l'Antiquité.

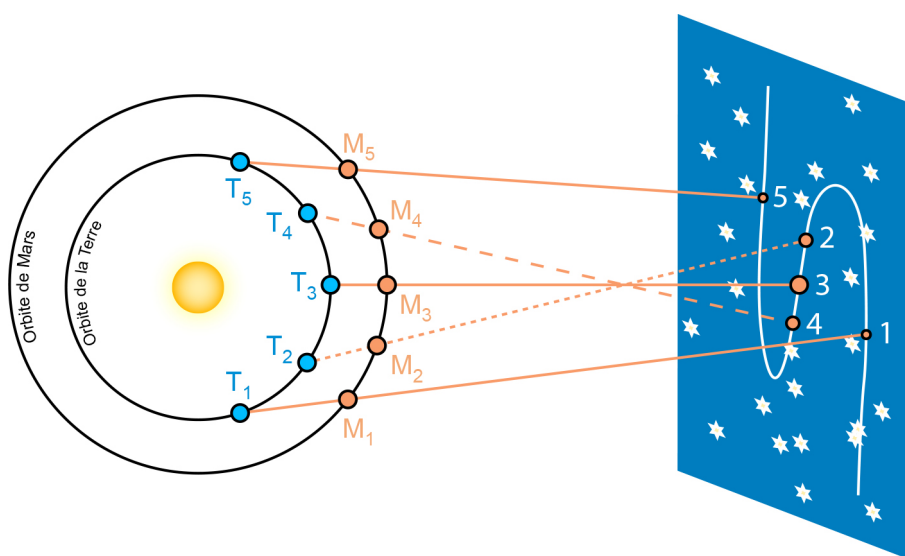
Comment en rendait-on compte à l'époque ? La réponse nous est apportée, dans sa forme la plus complète, par Ptolémée. Rédigé au II^e siècle de notre ère, son *Almageste* est une véritable synthèse et le couronnement de l'astronomie antique. Fidèle au **géocentrisme** - la Terre est immobile au centre du Monde - et à la requête initiale de Platon - quels sont les **mouvements circulaires, uniformes** et **parfaitement réguliers** qu'il convient de prendre pour hypothèses, afin que l'on puisse sauver les « apparences » présentées par les planètes ? - Ptolémée développe des modèles géométriques permettant de prédire le mouvement du Soleil, de la Lune et de chaque planète, avec un très bon degré de fidélité à la réalité. Voici le modèle que le grand savant grec, qui travaillait à Alexandrie, a développé pour Mars.



L'idée était de faire tourner Mars sur un cercle appelé **épicycle**, dont le centre décrivait lui-même un autre cercle, le **défèrent**, autour de la Terre. La combinaison de ces deux mouvements rendait compte des boucles de rétrogradation. Pour faire coller la théorie aux observations - Mars semble parfois légèrement ralentir ou, au contraire, accélérer sur son trajet parmi les constellations - il convenait d'introduire quelques subtilités : ainsi, la Terre *T* n'occupe pas exactement le centre *C* du défèrent. Le mouvement circulaire du centre *O* de l'épicycle autour de *C* n'est perçu comme uniforme que depuis un point *E* dit **point équant** dont Ptolémée est l'inventeur. En ajustant correctement les paramètres du problème, Ptolémée parvint à des résultats suffisamment précis pour répondre aux besoins pratiques de l'astronomie ancienne.

Appréhender le modèle de Ptolémée nous impose le deuil temporaire d'un monde où astronomie et physique sont intimement liées. Il propose une astronomie sans physique, une explication des mouvements planétaires réduite à un simple exercice mathématique. Croyait-il vraiment à l'existence des déférents excentriques, des épicycles et autres points équants ? Peu lui importait, finalement. Tel était le prix à payer à l'époque pour « sauver les apparences ».

L'héliocentrisme, dans sa version originale développée par Copernic au XVI^e siècle et encore plus dans sa version améliorée par Kepler au siècle suivant, fournit une explication élégante et naturelle aux mouvements apparents déroutants des planètes.



La boucle ou, comme ici, le zigzag résulte clairement de la composition des mouvements de la Terre et de Mars autour du Soleil. La Terre rattrape Mars et la dépasse. Au cours du dépassement, Mars semble reculer devant l'arrière-plan constitué par les étoiles, de la même façon que sur autoroute, la voiture que vous doublez semble reculer, alors qu'elle et vous allez dans le même sens.

Nous avons déjà vu que le mouvement apparent de Mars sur la sphère céleste n'est pas une courbe à une dimension mais à deux dimensions. Cela s'explique simplement par le fait que le plan dans lequel Mars circule autour du Soleil n'est pas confondu avec le plan dans lequel la Terre autour du Soleil (le plan de l'écliptique). L'angle entre ces deux plans est petit, proche de $1,85^\circ$.

Enfin, le mouvement non uniforme de la planète trouve son explication dans sa trajectoire elliptique autour du Soleil et dans sa vitesse variable le long de son orbite.

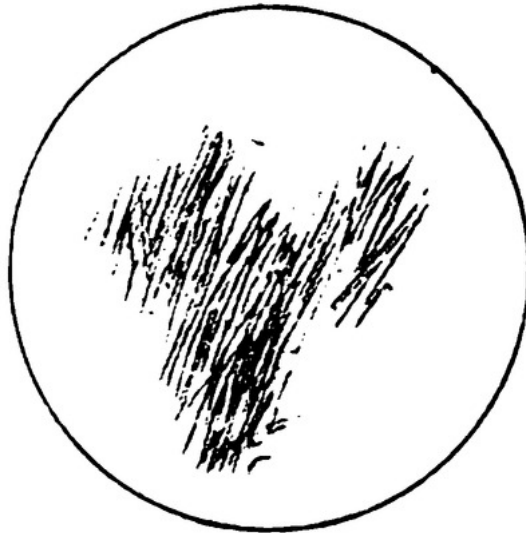
5

QUELQUES OPPOSITIONS HISTORIQUES

Certaines oppositions périhéliques ont permis de grandes avancées dans notre compréhension de la planète Rouge et du système solaire.

Novembre-décembre 1659

À la fin du mois de novembre 1659, Christiaan Huygens (1629-1695) réalise la première carte connue de la planète, où apparaît la figure caractéristique de Syrtis Major Planum (voir page 9). Son suivi lui permit de déterminer la période de rotation de la planète, proche de 24 h.



Septembre 1672

Jean-Dominique Cassini (1625-1712) détermine la distance absolue de Mars et de là, la distance de toutes les planètes et la taille du système solaire. Sa méthode repose sur la mesure simultanée de la position de Mars sur la voûte étoilée depuis deux lieux éloignés le plus possible l'un de l'autre. En ces deux lieux, sa position sera très légèrement différente par rapport aux étoiles, puisque le point de vue n'est pas le même. Cassini, directeur de l'Observatoire de Paris, envoie son collaborateur Jean Richer (1630-1696) à Cayenne, en Guyane, tandis que lui reste à Paris. Les mesures montrent que l'angle dont semble bouger Mars est petit, environ 17". Cela signifie qu'observée depuis Mars, la distance Paris-Cayenne représente un angle de 17". Connaissant la distance entre les deux villes, Cassini en déduit celle qui nous sépare de Mars. Il aboutit à la valeur très correcte de 55 millions de kilomètres. La troisième loi de Kepler lui permet alors de calculer la distance Terre-Soleil, qui s'avère un peu supérieure à 140 millions de kilomètres.

Août-septembre 1877

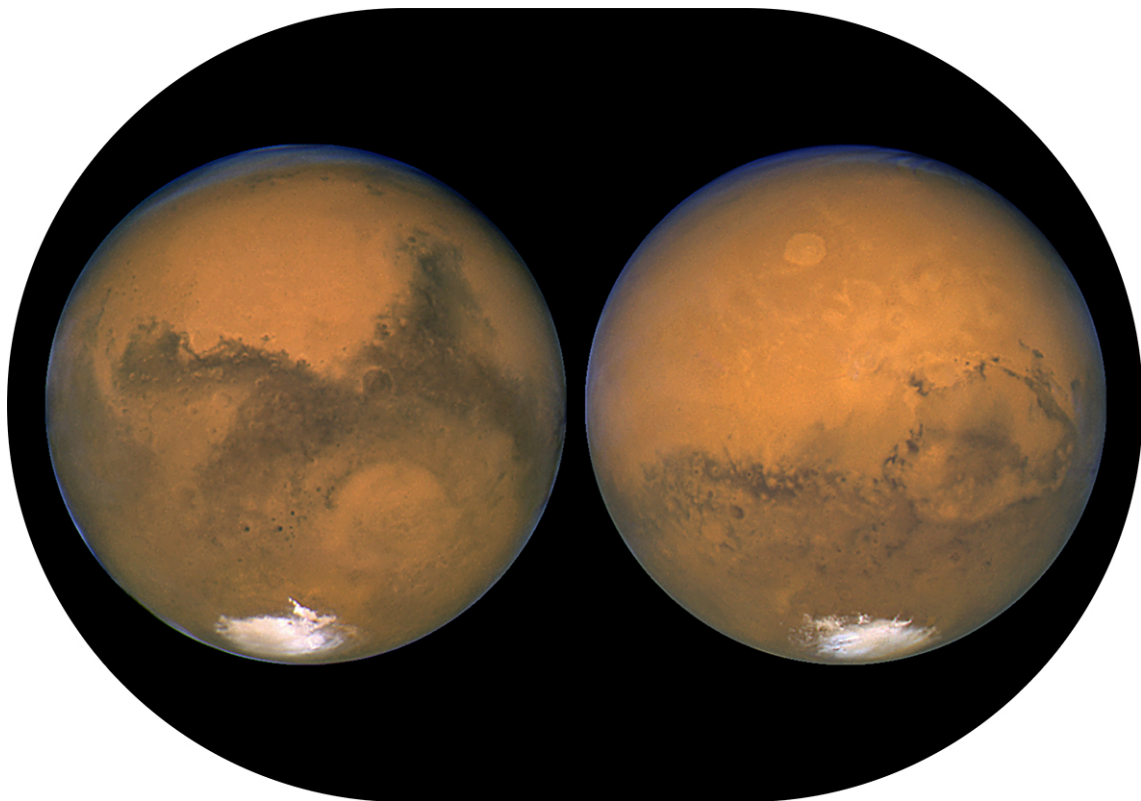
Asaph Hall (1829-1907) découvre les deux satellites de Mars, Phobos et Deimos, grâce à la lunette de 66 cm de l'Observatoire naval des États-Unis à Washington.

Septembre 1909

L'idée d'une planète propice à la vie fut populaire jusqu'au début de XX^e siècle. Certains étaient alors convaincus qu'une civilisation martienne jadis brillante mais aujourd'hui sur le déclin menait une lutte désespérée pour amener l'eau des régions polaires jusqu'aux zones équatoriales en voie d'assèchement via un réseau de canaux... qui n'existait que dans l'imagination de certains observateurs, trompés par des instruments d'optique poussés à leur limite et la volonté sans doute inconsciente de percevoir ce qu'ils désiraient ardemment. Eugène Antoniadi (1870-1944) réfute l'existence des canaux martiens grâce aux observations qu'il effectue à la lunette de 83 cm de l'observatoire de Meudon.

Août 2003

L'opposition la plus proche depuis près de 60 000 ans, avec Mars à seulement 55,758 millions de kilomètres de la Terre. Il faudra attendre le 28 août 2287 pour assister à une opposition périhélique (très légèrement) plus serré !



Les deux hémisphères de la planète Mars photographiés par l'instrument WFPC2 du télescope spatial *Hubble* le 27 août 2003 à 1 h (image de gauche) et à 12 h (image de droite). La calotte polaire australe est bien visible tout comme, sur l'image de gauche, Syrtis Major Planum. Crédit : NASA, J. Bell (Université Cornell) et M. Wolff (Space Science Institute). Lien : <https://hubblesite.org/contents/media/images/2003/22/1387-Image.html?news=true>.

6

RESSOURCES

Logiciels et applications

Les logiciels de planétarium vous permettent de simuler l'aspect du ciel étoilé à n'importe quel moment depuis n'importe quel endroit sur Terre.

Programmes gratuits

Stellarium

Windows, GNU-Linux, Mac OS X

<https://stellarium.org/fr/>

C2A

Windows, GNU-Linux, Mac OS X

<http://www.astrosurf.com/c2a/>

Cartes du ciel

Windows, GNU-Linux, Mac OS X

<https://www.ap-i.net/skychart/fr/start>

Programme commercial

Starry Night

Windows, Mac OS

<https://www.starrynight.com/>

Bibliographie

L'astronomie n°188, décembre 2024.

Ciel & espace n°598, décembre 2024-janvier 2025.

Ces deux excellentes revues proposent chacune un très bon dossier sur l'opposition de la planète Mars en 2025.

Applications pour smartphones et tablettes

Sky Map, Cartes du ciel, Heavens above, Sky Tonight, SkySafari, SkEye, Stellarium Mobile, Constellation Map, Nightshift, WinStars 3, Star Walk 2, GoSkyWatch, SkyView...

Ce sont de véritables applications de planétarium virtuel. Elles vous permettront d'apprendre le nom des étoiles brillantes, les noms et les limites des constellations qui les hébergent et, bien sûr, de localiser les planètes.

Certaines applications ne fonctionnent que sous Android, d'autres sous iOS, d'autres ont été développées sur les deux systèmes d'exploitation. Certaines sont disponibles en français, d'autres en anglais. Enfin, certaines applications sont payantes, d'autres comportent des achats intégrés et d'autres sont entièrement gratuites.

Département Éducation et Formation

Textes et illustrations : J. Kieken

D'après une maquette originale de H. Malcuit

Contact : educ-formation@universcience.fr