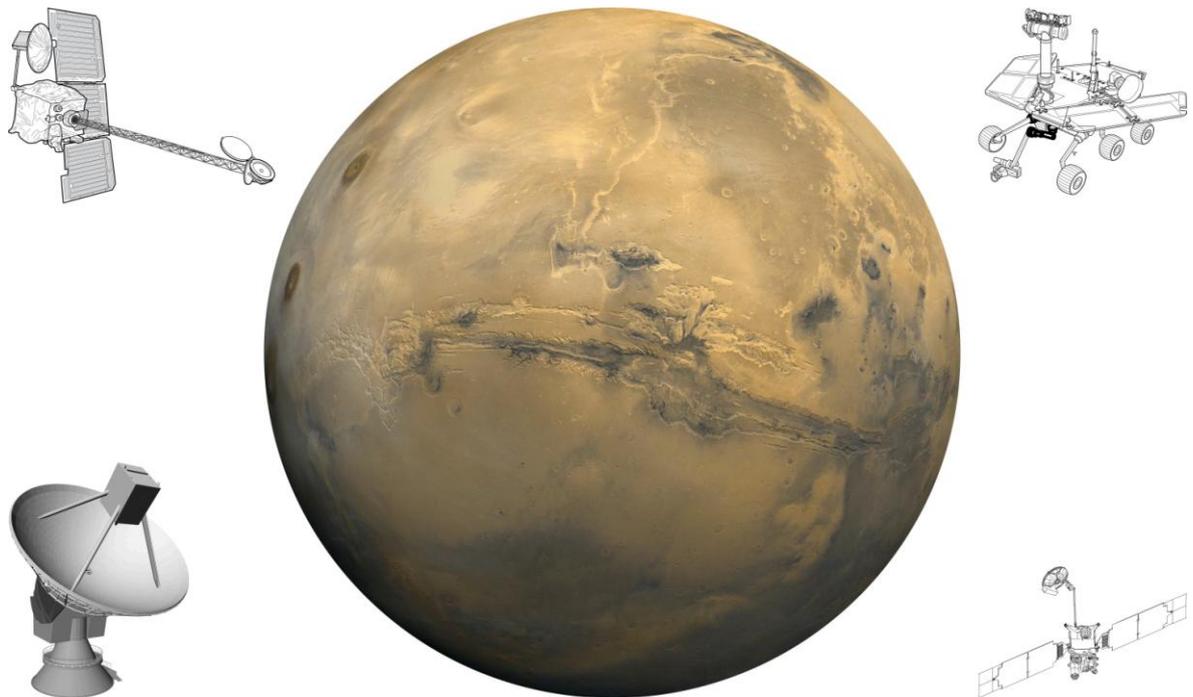




Explorez Mars (4/4)

Document à destination des enseignants de collège



Département éducation – formation

Palais de la découverte
Avenue Franklin Roosevelt
75008 Paris
www.palais-decouverte.fr

2016

Sommaire

I	Liens avec les programmes scolaires de cycle 4	3
II	L'exposition <i>Explorez Mars</i>	
II.1	Situation et plan de l'exposition	8
II.2	Contenu de l'exposition	10
III	Ressources	
III.1	Au Palais de la découverte	
III.1.1	Dans la salle de médiation de l'exposition	18
III.1.2	La salle <i>Soleil et planètes</i>	19
III.1.3	Le planétarium	25
III.1.4	Les exposés	27
III.2	Suggestion bibliographique	28
III.3	Documentaires	29
III.4	Œuvres cinématographiques	30
III.5	Présentation de la webTV	30
III.6	Sites internet	31
IV	Informations pratiques	35

I Liens avec les programmes scolaires de cycle 4

Classe de 5^e

Géographie

Des ressources limitées, à gérer et à renouveler. L'énergie, l'eau : des ressources à ménager et à mieux utiliser.

→ Pourquoi chercher à minimiser l'énergie à dépenser pour atteindre Mars ? Comment le faire ?

→ La thématique de l'eau sur Mars.

Prévenir les risques, s'adapter au changement global. Le changement global et ses principaux effets géographiques régionaux.

→ L'histoire de Mars

→ Disparition des conditions clémentes en surface (températures, eau liquide) et conséquences.

Physique-Chimie

Décrire la constitution et les états de la matière

→ Phases de l'eau et du dioxyde carbone sur Mars.

Identifier des sources et transferts d'énergie

→ Comment minimiser l'énergie à dépenser pour atteindre Mars ?

→ Les sources d'énergie sur Mars. Énergie interne / énergie fournie par le Soleil.

Sciences de la vie et de la Terre

Climat et répartition des êtres vivants

Fonctionnement des écosystèmes et activités humaines à l'échelle locale

La nutrition des organismes au niveau de l'organisme

Variabilité des êtres vivants et héritabilité de ces variations – biodiversité à l'échelle des espèces et des écosystèmes

Modification de la biodiversité au cours du temps

→ Si l'on emportait des microbes terrestres sur Mars, quels défis devraient-ils surmonter pour survivre ? Comment pourraient-ils exploiter les ressources de la planète ?

Classe de 4^e

Géographie

Les mobilités humaines transnationales. Un monde de migrants. Le tourisme et ses espaces.

→ La colonisation future de la planète Rouge.

Physique-Chimie

Identifier et interpréter des transformations chimiques

→ Réactions photochimiques induites par le rayonnement ultraviolet du Soleil. Réactions sur les composés atmosphériques et réactions sur la glace en surface. Réactions aqueuses.

Décrire l'organisation de la matière dans l'Univers

→ Notre galaxie, le système solaire, la planète Mars, ses satellites.

Caractériser le mouvement d'un objet

→ Description du mouvement de Mars dans notre ciel. Son interprétation dans les systèmes géocentrique et héliocentrique.

Signaux lumineux et sonores

→ Comment observer Mars (à l'œil nu, aux jumelles, à la lunette astronomique, au télescope) ? Sur quel support enregistrer sa lumière ?

Sciences de la vie et de la Terre

Dynamique du globe terrestre ; séismes et volcanisme

→ Les volcans géants de Mars. Différences Terre / Mars au niveau de la dynamique du globe.

Dynamique des masses d'eau et d'air ; météorologie et climatologie

→ La météorologie martienne. Nuages de glace d'eau et nuages de glace de dioxyde de carbone.

Exploitation et gestion des ressources naturelles par l'être humain

→ Comment exploiter les ressources locales lors d'une future colonisation de la planète Rouge ?

La nutrition des organismes au niveau de l'organe

Besoins nutritionnels et diversité des régimes alimentaires

→ La vie sur Mars. Comment pourraient se nourrir d'éventuels organismes martiens ?

Ubiquité du monde bactérien ; mesures d'hygiène

→ La stérilisation préalable des atterrisseurs martiens avant leur lancement vers Mars.

Classe de 3^e

Physique-Chimie

Identifier les actions mises en jeu et les modéliser pas des forces

→ Les forces agissant sur Mars. Les forces agissant sur une sonde, depuis son lancement jusqu'à son arrivée sur Mars.

Identifier des formes et des conversions d'énergie. Bilans énergétiques. Énergie et puissance

→ Le lancement d'une sonde spatiale.

Sciences de la vie et de la Terre

Fonctionnement des écosystèmes et activités humaines à l'échelle de la planète

→ La terraformation, ou comment rendre Mars habitable en transformant son atmosphère et son climat.

La nutrition des organismes au niveau des tissus et de la cellule

Apparition, évolution et extinction des espèces au cours du temps

Hasard et disparition de combinaisons génétiques ; variabilité génétique et réponses aux variations de l'environnement

Système digestif, nutriments, digestion et absorption

→ La vie sur Mars. Interprétation des expériences d'intérêt biologique des atterrisseurs Viking.

Compétences attendues en fin de cycle 4

Technologie

Imaginer des réponses, matérialiser des idées en intégrant une dimension design
Réaliser, de manière collaborative, le prototype d'un objet communicant
Piloter et paramétrer un objet communicant
Comparer et commenter les évolutions des objets et systèmes
Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés
Développer les bonnes pratiques de l'usage des objets communicants
Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet
Analyser une modélisation et simuler le comportement d'un objet
Comprendre le fonctionnement d'un réseau informatique.

→ Concevoir une mission vers Mars.

Définir les objectifs scientifiques de la mission et prévoir en conséquences son type (orbiteur et/ou atterrisseur et/ou rover), les instruments qu'elle embarquera, la fenêtre de lancement ainsi que la trajectoire interplanétaire de la sonde et son éventuel atterrissage.

Comment va s'effectuer le retour des données vers la Terre et l'envoi d'ordres depuis celle-ci vers la sonde ? S'il la mission inclut un rover, comment le piloter à distance connaissant le délai de transfert de données entre la Terre et Mars ? Peut-on rendre un rover intelligent ou, au moins, autonome en implantant en lui un logiciel qui lui permettrait d'éviter seul les obstacles ?

Mathématiques

Utiliser les nombres pour comparer, calculer et résoudre des problèmes
Utiliser le calcul littéral
Interpréter, représenter et traiter des données
Résoudre des problèmes de proportionnalité
Comprendre et utiliser la notion de fonction
Calculer avec des grandeurs mesurables ; exprimer les résultats dans les unités adaptées
Comprendre l'effet de quelques transformations sur des grandeurs géométriques
Représenter l'espace
Utiliser les notions de géométrie plane pour démontrer

→ Tout ici gagne à être mis en pratique dans le cas martien. L'exemple tiré de la perte de la sonde *Mars Climate Orbiter* en 1999 (cf. page 42 du 3^e document), due à utilisation conjointe et malheureuse des unités de mesure anglo-saxonnes et des unités du Système international, peut marquer les esprits.

Commun à la technologie et aux mathématiques

Écrire, mettre au point et exécuter un programme

→ Calcul de la distance Terre – Mars en fonction du temps en supposant leurs orbites circulaires etc.

Éducation aux médias et à l'information

Utiliser les médias et les informations de manière autonome
Exploiter l'information de manière raisonnée
Utiliser les médias de manière responsable
Produire, communiquer, partager des informations

→ Comment susciter l'intérêt du public pour Mars ? Comment diffuser une information de qualité ?
L'exemple de l'agence spatiale américaine (NASA) et de l'agence spatiale européenne (ESA).
Différence entre les modes de communication de ces deux agences.
Comment, en tant qu'individu, séparer le vrai du faux lorsque l'on est confronté sur Internet à des affirmations comme « l'eau a coulé sur Mars » ou encore « regardez le ciel cette nuit, Mars sera aussi grosse que la Lune dans le ciel ! » ?

Approches interdisciplinaires

Langues et cultures de l'Antiquité. Sciences, technologies et sociétés.

→ Histoire de l'astronomie et de l'exploration de Mars depuis l'Antiquité.

Information, communication, citoyenneté.

→ Diffusion de l'information scientifique vers le grand public.

Transition écologique et développement durable

→ L'histoire de l'eau sur Mars. Disparition passée des conditions clémentes en surface et conséquences. Pourquoi chercher à minimiser l'énergie pour atteindre Mars ? Comment le faire ?

Histoire des représentations de l'Univers / sciences et Antiquité

→ Le mouvement de Mars d'un point de vue géocentrique et héliocentrique.

→ Les instruments de mesure.

Météorologie et climatologie

→ Le climat de Mars. Une atmosphère qui condense dans les régions polaires. Le cycle de l'eau et du dioxyde de carbone.

Monde économique et professionnel

→ Le métier d'astronome.

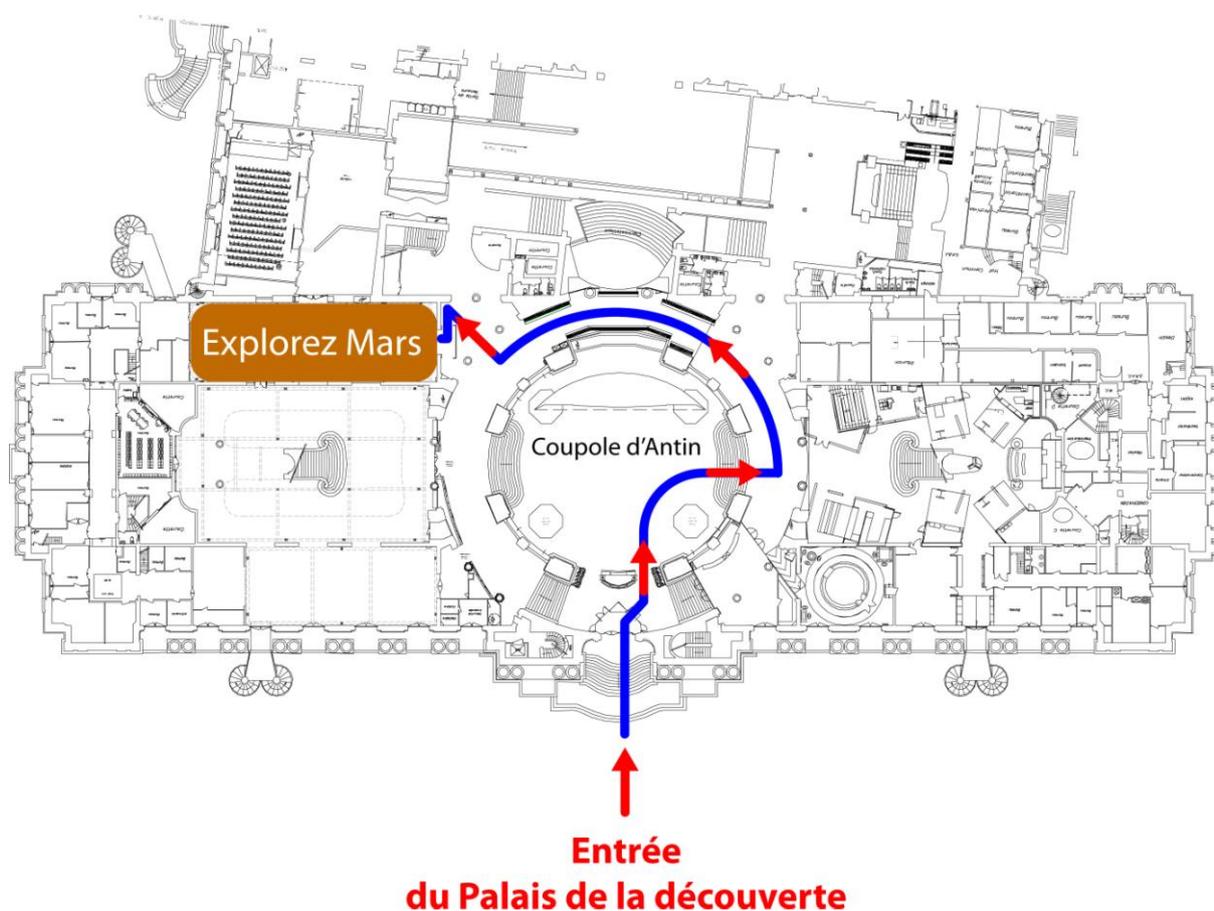
→ Concevoir une mission vers Mars. Définir un budget.

II L'exposition *Explorez Mars*

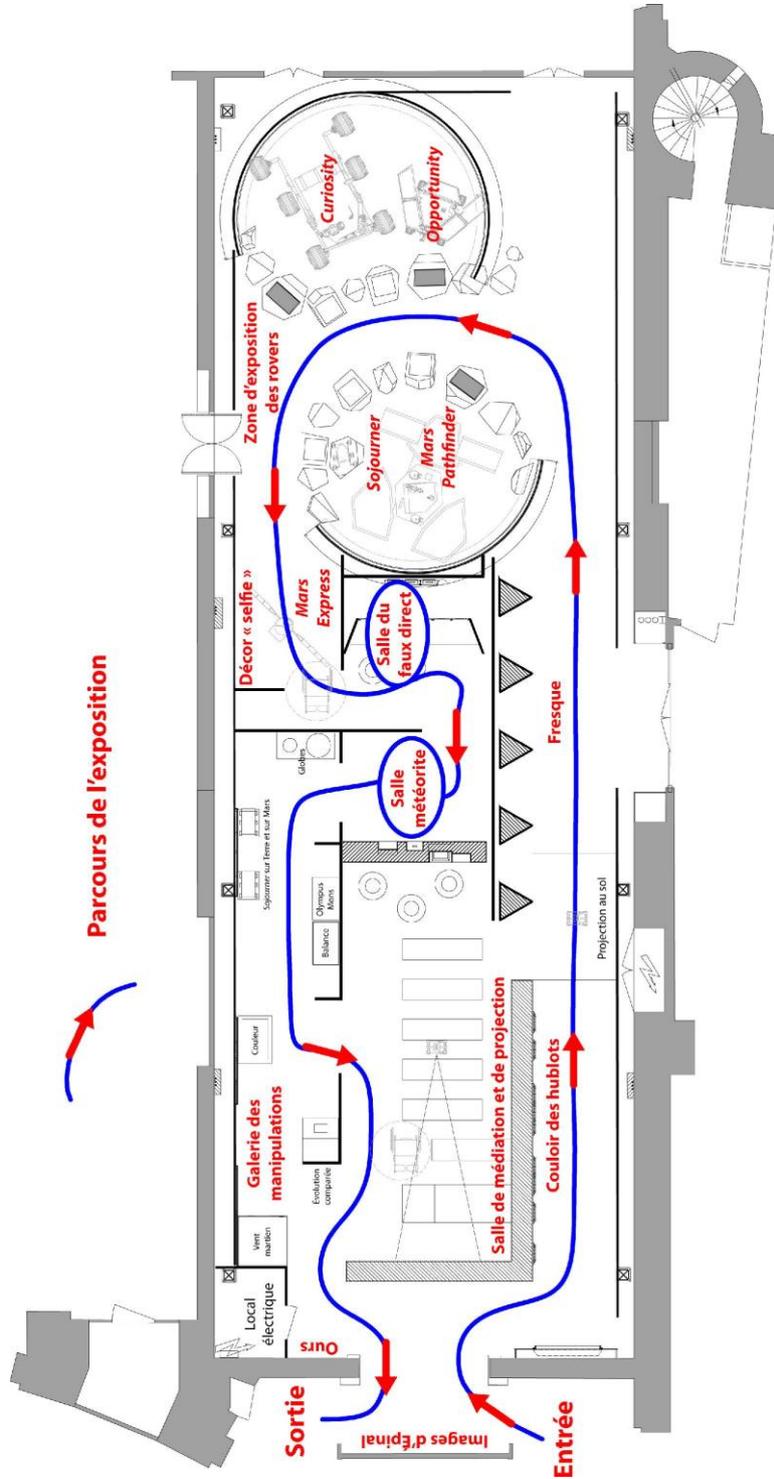
II.1 Situation et plan de l'exposition

L'exposition *Explorez Mars* a été conçue et réalisée par la Cité de l'Espace de Toulouse et adaptée par Universcience. Les **textes** que l'on trouve sur les panneaux et les légendes illustrant les manipulations sont **disponibles en trois langues** : le français, l'anglais et l'espagnol. Certains textes sont écrits en braille.

L'exposition *Explorez Mars* se situe au niveau 0 du Palais de la découverte, c'est-à-dire au rez-de-chaussée. En voici le plan.



Le plan présenté dans cette page est celui de l'exposition *Explorez Mars*. Il est muni d'un sens de parcours suggéré par ses concepteurs (ligne bleue et flèches rouges). En plus de proposer une progression cohérente dans l'exposition, il permet de canaliser les flux de personnes dans un espace parfois assez restreint.



II.2 Contenu de l'exposition

À son entrée dans l'exposition, le public est accueilli par un clin d'œil aux productions cinématographiques d'une époque, pas si lointaine, où l'on pensait Mars habitée par des êtres intelligents aux intentions... peu estimables.

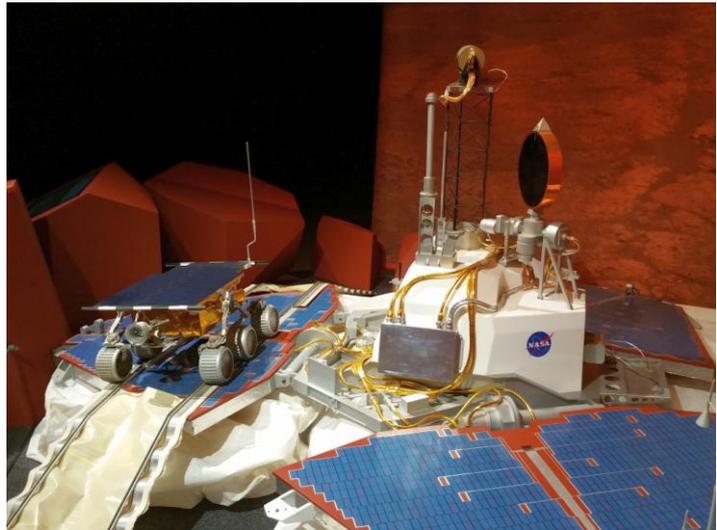


La visite débute par un passage devant une série de petits hublots présentant des vues de plus en plus rapprochées de la planète Rouge, depuis son observation à l'œil nu dans notre ciel jusqu'à une vue de sa surface réalisée au microscope. Elle se poursuit par une suite de panneaux pédagogiques présentant l'exploration de Mars depuis l'Antiquité jusqu'à son éventuelle colonisation à la fin du siècle.

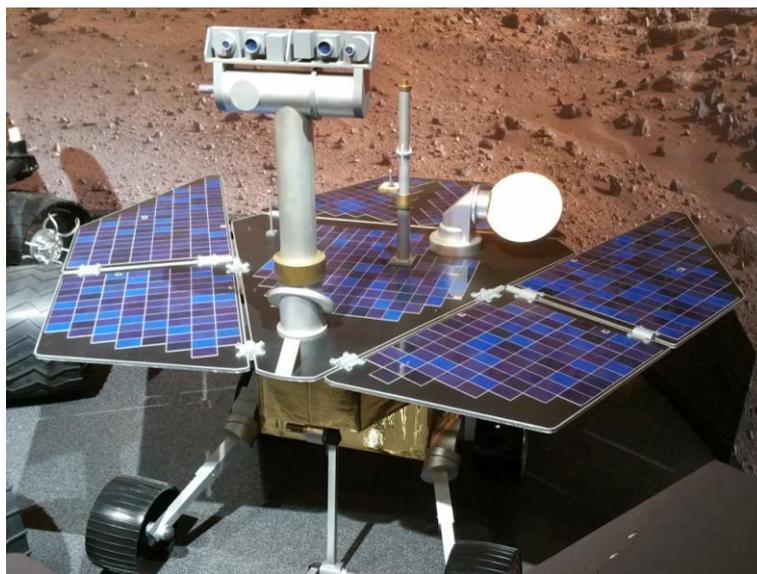
Le premier clou du spectacle, très spectaculaire, consiste en plusieurs **maquettes de missions d'exploration emblématiques de la conquête de Mars, présentées en taille réelle** :

- *Mars Pathfinder* avec son atterrisseur fixe et son petit rover *Sojourner* ;
- *Mars Exploration Rover* et l'un des deux rovers *Spirit* ou *Opportunity* ;
- *Mars Science Laboratory* et son gros rover *Curiosity* ;
- L'orbiteur *Mars Express*.

Devant chaque maquette, des écrans et des panneaux explicatifs informent le visiteur des aspects techniques de la mission considérée et de des principaux résultats qu'elle a permis d'obtenir.



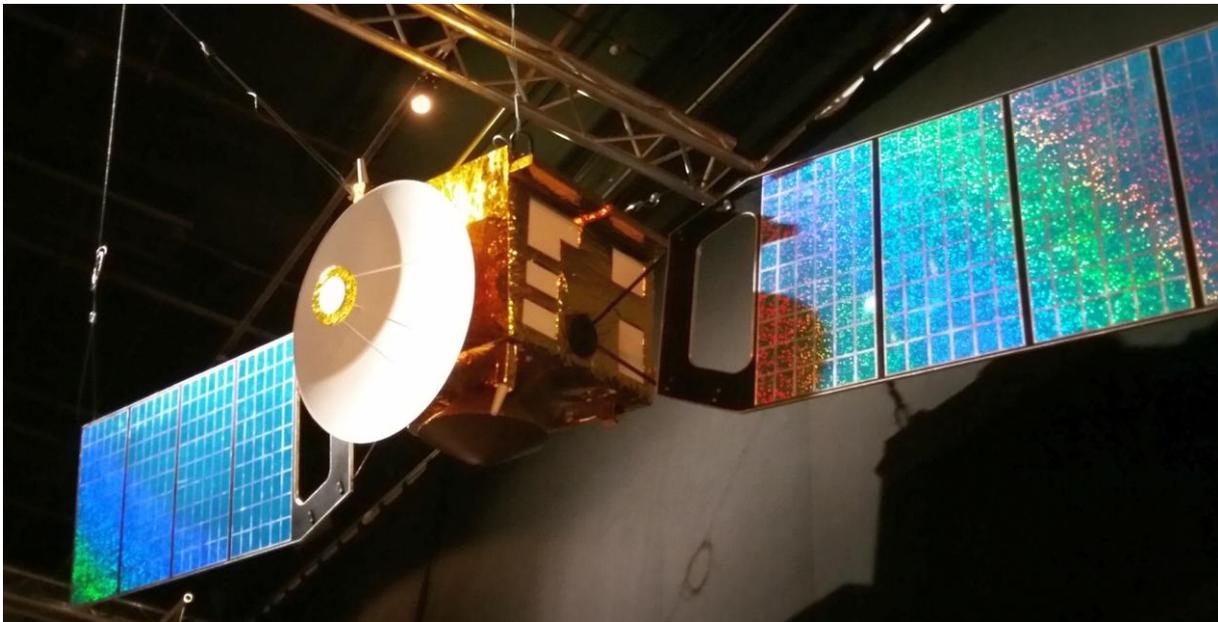
Le rover *Sojourner* s'apprête à descendre de l'une des deux rampes montées sur le pétale qui lui sert de support pour rejoindre la surface de Mars.



L'un des deux rovers jumeaux de la mission *Mars Exploration Rover*.



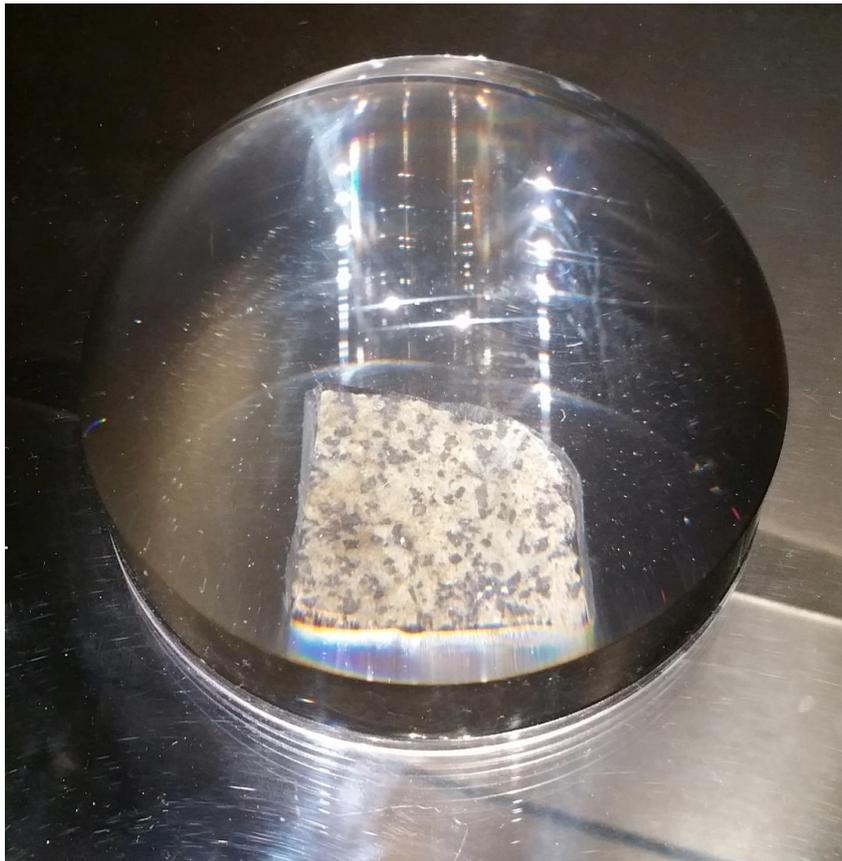
Curiosity est un gros rover long de trois mètres et haut de plus de deux. Le bras articulé est en position repliée.



Voilà plus de douze ans que la sonde européenne *Mars Express* envoie ses données depuis l'orbite martienne.

Un peu plus loin, six écrans simulant des directs simultanés à la télévision montrent, entre autres, l'instant où les équipes d'ingénieurs et de scientifiques apprennent que les missions dans lesquelles ils sont impliqués sont couronnées de succès. La réception de la première image obtenue depuis la surface de Mars, après une tension très intense durant la séquence d'atterrissage, induit en eux une joie particulièrement communicative !

Le second clou du spectacle est la présentation d'une météorite martienne. Non seulement, ce type d'objet est très rare – on n'en dénombre qu'une petite centaine sur Terre à ce jour – mais en plus, le visiteur peut la toucher. Effleurer du doigt un véritable fragment de la planète Mars est une expérience éminemment émouvante. Portant le nom de DaG 670 (pour **Dar al Gani**, un plateau calcaire de 200 km sur 60 km), cette météorite a été découverte dans le Sahara libyen en 1999. Elle provient sans doute de l'explosion d'une météorite de plus grande taille qui s'est disloquée lors de la traversée de l'atmosphère terrestre. En effet, plusieurs autres fragments présentant des caractéristiques très semblables ont été découverts dans la même région entre 1996 et 1999, pour une masse totale dépassant les six kilogrammes.



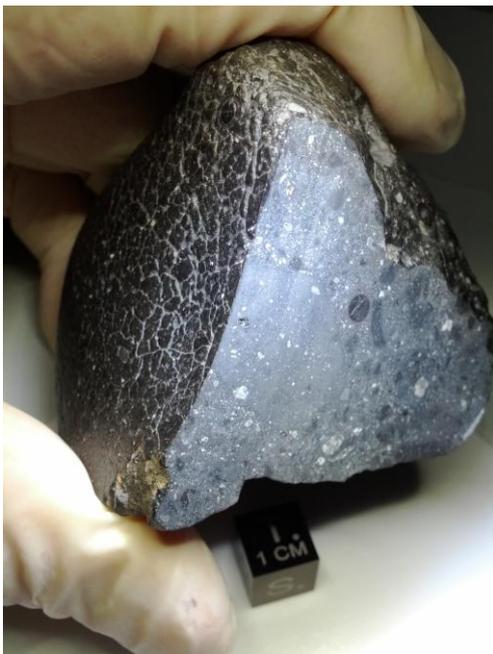
La météorite martienne DaG 670 sous sa protection de verre. Elle est néanmoins accessible au toucher par un trou situé sous la coque de verre.

DaG 670 est ce que l'on appelle une **shergottite basaltique**. La classe des shergottites regroupe les trois-quarts des météorites martiennes en notre possession. Son nom provient du village de Shergotty en Inde, où la première météorite de ce type a été récupérée en 1865 après qu'on en eut observé la chute. Les shergottites sont des roches silicatées d'origine magmatique. Elles comportent peu de silice (moins de 50 % de SiO_2) et sont riches en magnésium et en fer. Elles sont jeunes – quelques centaines de millions d'années tout au plus – et montrent souvent des traces d'un métamorphisme de choc, c'est-à-dire qu'elles se sont transformées suite à l'élévation de température et de pression consécutive à un impact. DaG 670 appartient au sous-groupe de shergottites basaltiques à cause de sa proximité avec les basaltes terrestres.

L'origine martienne de DaG 670 a été confirmée par des études chimiques et minéralogiques. En effet, en mesurant les rapports $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ et $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$, on a montré que l'oxygène qu'elle contient possède une signature isotopique différente de l'oxygène terrestre, qu'elle partage avec les autres météorites martiennes. De même, l'analyse des gaz piégés au sein de cette roche a révélé une totale similitude entre eux et les gaz atmosphériques détectés par les robots sur Mars.

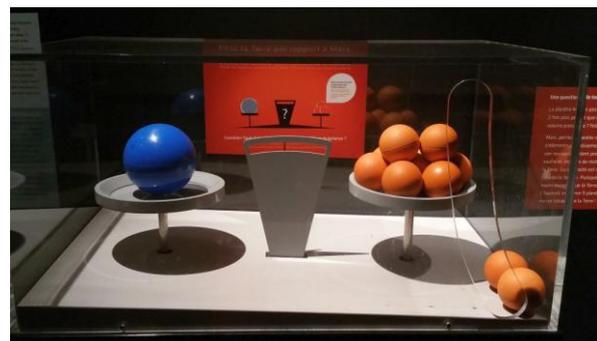
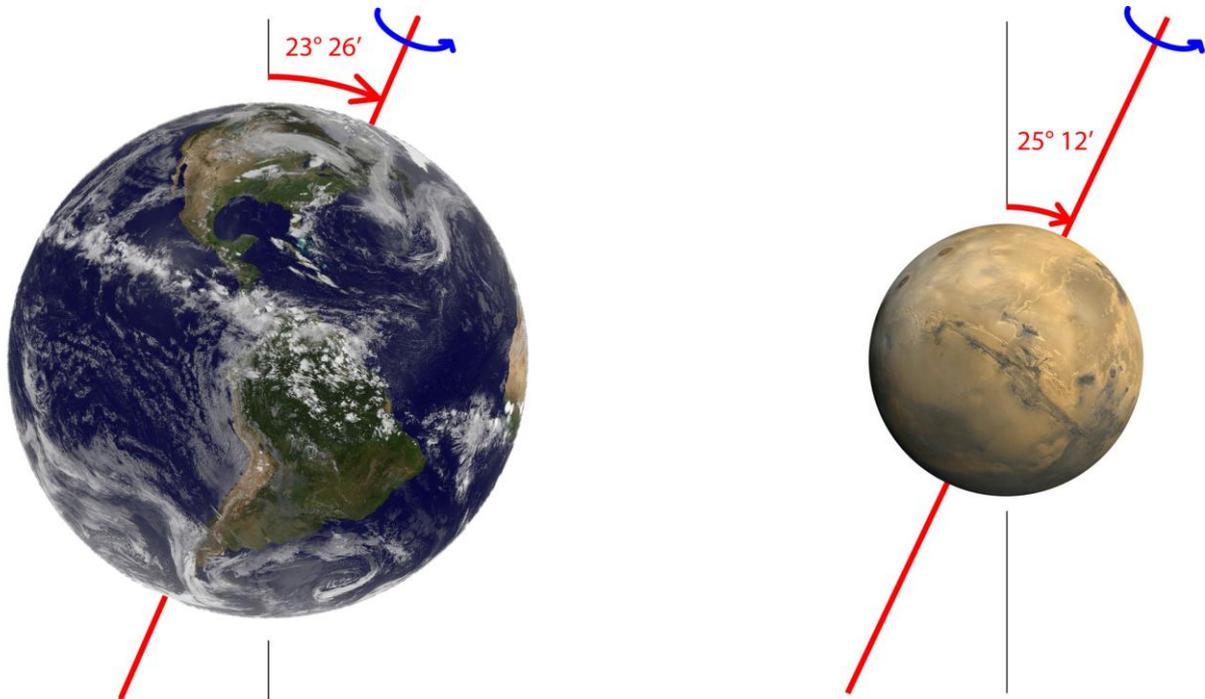
Le destin de DaG 670 est fascinant. Il nous convie à un voyage à travers le temps et l'espace. La radiochronologie permet d'estimer son **âge à 474 millions d'années** (pour plus d'information sur cette méthode de datation fondée sur les radioisotopes, veuillez consulter l'encart situé en page 20 du deuxième document de cette série). Cela montre qu'une activité volcanique était encore à l'œuvre sur Mars à l'époque. L'examen des noyaux atomiques produits par l'interaction entre la météorite et les rayons cosmiques énergétiques qui sillonnent l'espace prouve qu'elle y a passé environ 1,1 million d'années. On peut donc penser qu'il y a **1,1 million d'années**, un corps céleste – astéroïde ou comète – s'est abattu sur Mars et a éjecté vers l'espace des roches dont DaG 670 faisait partie. Cette dernière a sillonné le système solaire pendant un million d'années **avant de s'écraser sur Terre**, dans le Sahara libyen, **il y a environ 60 000 ans**. Le temps de résidence terrestre est calculé, par exemple, en mesurant la quantité de carbone 14 radioactif présente dans la météorite sachant qu'il a été produit dans l'espace par l'interaction entre les atomes d'oxygène et les rayons cosmiques.

Faisons-nous les avocats du diable : s'il « suffit » de se baisser pour ramasser des fragments de Mars... pourquoi donc investir dans des projets de retour d'échantillons martiens qui seront éminemment complexes et donc coûteux ? En fait, les météorites martiennes présentent plusieurs désavantages sur leurs homologues restées sur Mars. D'abord, la plupart d'entre elles ont séjourné longtemps sur Terre et ont été contaminées par leur environnement. Ensuite, ce sont toutes des roches magmatiques ou métamorphiques, moins susceptibles d'avoir conservé les éventuelles traces d'une vie fossile que les roches sédimentaires ou que les sols. Enfin, nous ne connaissons pas leur origine. De quelle région de la planète proviennent-elles ? Il est donc difficile de les relier à un quelconque cadre géologique local.



Surnommée « Black Beauty », cette météorite martienne officiellement désignée sous le matricule NWA 7034 (pour Northwest Africa) possède une masse de 320 grammes. Elle n'est pas présentée dans l'exposition *Explorez Mars*.

Le parcours se termine sur une « galerie des manipulations », où le visiteur peut littéralement *ressentir* quelques aspects du système martien : taille et masse de la planète comparée à celles de la Terre, inclinaison de son axe de rotation, gigantisme de ses volcans boucliers, intensité d'un vent de 75 km.h⁻¹ sur Terre et sur Mars, etc. Les surprises seront au rendez-vous !



À gauche, Olympus Mons, un volcan presque aussi grand que la France. À droite, une manipulation invite le visiteur à estimer la masse de la planète par rapport à celle de la Terre.



Vous prendriez bien un selfie ?

La salle de médiation et de projection se situe en fin d'exposition. C'est là qu'ont lieu les exposés décrits en page suivante. En dehors des plages horaires dédiées aux exposés, un film traduit en langue des signes est projeté en permanence. Il donne des explications complémentaires sur certains éléments d'exposition et dresse le bilan des thématiques d'actualité comme le problème de l'eau sur Mars.



La salle de médiation et de projection de l'exposition *Explorez Mars*.

Les murs de la salle de médiation accueillent trois magnifiques cartes de Mars dessinées par l'astronome Eugène Antoniadi (1870 – 1944) à partir des observations qu'il effectua à la grande lunette équatoriale de l'Observatoire de Meudon dès 1909. Ces cartes resteront parmi les plus précises jamais réalisées jusqu'à l'avènement des sondes spatiales dans les années 1960.

Il faut noter que la plupart des astronomes du temps d'Antoniadi étaient convaincus de l'existence de canaux d'irrigation à la surface de Mars, creusés par une hypothétique civilisation technologiquement très avancée. Dans son ouvrage *La Planète Mars* paru en 1930, Antoniadi fait la synthèse de ses travaux : ayant longuement observé et dessiné ce qu'il voyait de Mars à la lunette, il conclut à l'inexistence de ces canaux.

III Ressources

III.1 Au Palais de la découverte

III.1.1 Dans la salle de médiation de l'exposition

Chaque jour, des **exposés** d'une durée de 45 minutes sont proposés dans la salle de médiation de l'exposition.

1) Le système solaire

Ouvert à la réservation notamment pour les scolaires, cet exposé traite du système solaire et plus particulièrement de Mars. Les thèmes du voyage vers Mars, de la géologie, de l'eau et de la vie sont abordés. L'exposé propose aussi une initiation à la planétologie comparée.

2) Mars : une planète à découvrir

Il s'agit d'un exposé libre à destination de tous les publics, programmé en fonction de l'affluence et des disponibilités des membres de l'unité astronomie du Palais de la découverte. Durant sa présentation, le conférencier évoque de nombreux sujets comme l'observation de la planète Mars à l'œil nu depuis la Terre, ses mouvements des points de vue géocentrique et héliocentrique, la thématique de l'eau etc.

3) Comment aller sur Mars ?

Il s'agit d'un exposé libre où il est question de balistique et de l'envoi de sondes vers Mars.

4) Exposés présentés par des doctorants

Durant le week-end et les périodes de vacances scolaires, des doctorants proposent des exposés où, après avoir effectué une présentation globale de la planète Mars, ils abordent un sujet plus spécifique en relation avec leur travail de thèse, comme l'évolution du climat martien, les dunes de Mars et la planétologie comparée.

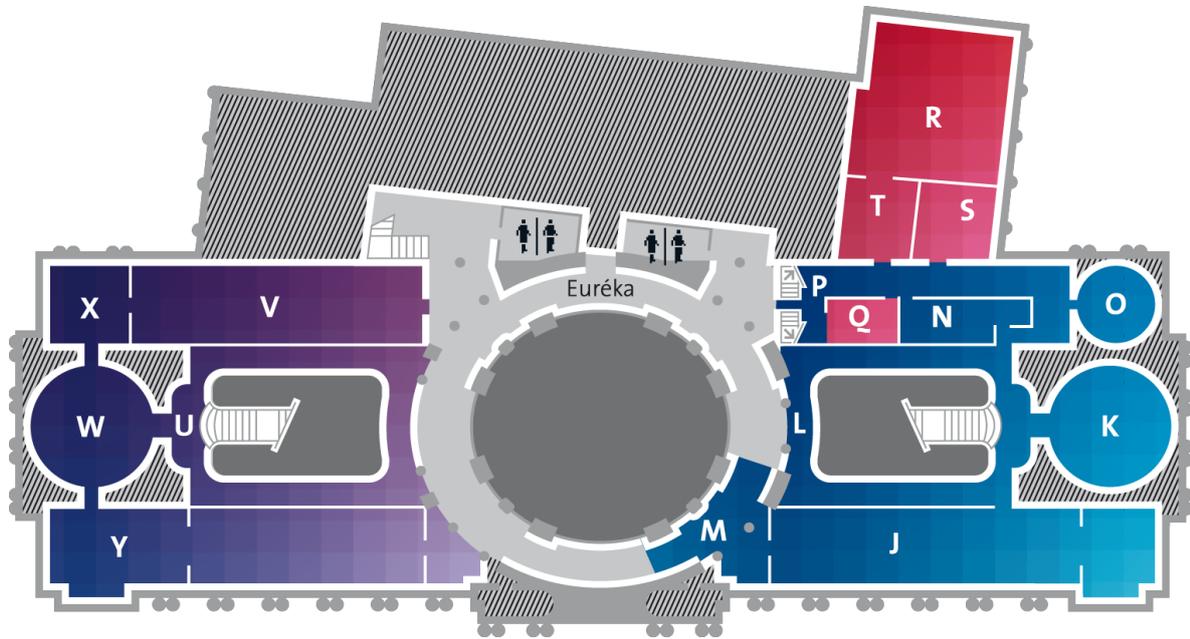
Enfin, **tous les mercredis à 15 h**, Mathworks propose un **atelier** intitulé « **Pilotez Curiosity** ». MathWorks est un éditeur de logiciels américain, spécialisé dans les logiciels de calcul scientifique et technique.

Cet atelier est reservable pour des groupes constitués de 25 personnes au maximum, plutôt des groupes d'adultes. L'atelier aura tout de même lieu pour le grand public si aucun groupe constitué ne réserve.

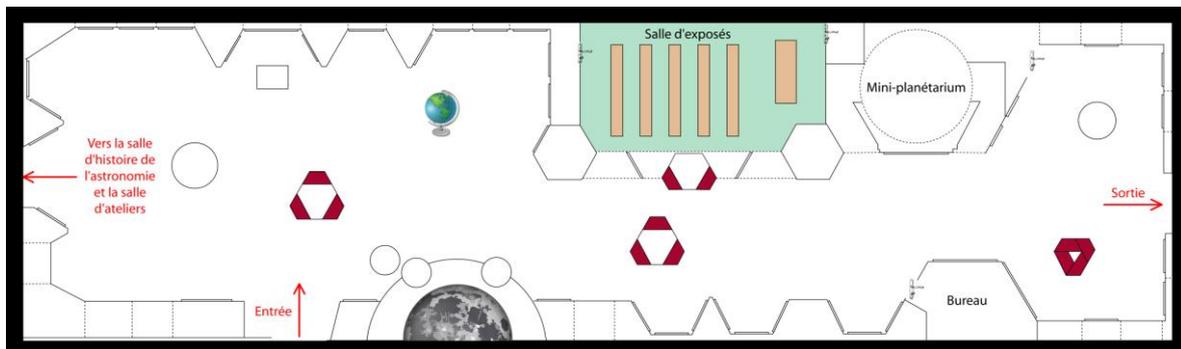
Les dates ouvertes à la réservation sont le **17 février**, le **2 mars**, le **16 mars**, le **30 mars**, le **6 avril**, le **27 avril**, le **4 mai**, le **1^{er} juin**, le **15 juin**, le **29 juin**, le **6 juillet** et le **13 juillet**.

III.1.2 La salle *Soleil et planètes*

La lecture des documents sur Mars et la visite de l'exposition *Explorez Mars* peut être complétée par une visite de la salle *Soleil et planètes* (salle J) située au 1^{er} étage du Palais de la découverte.



Voici un plan simplifié de la salle *Soleil et planètes*.



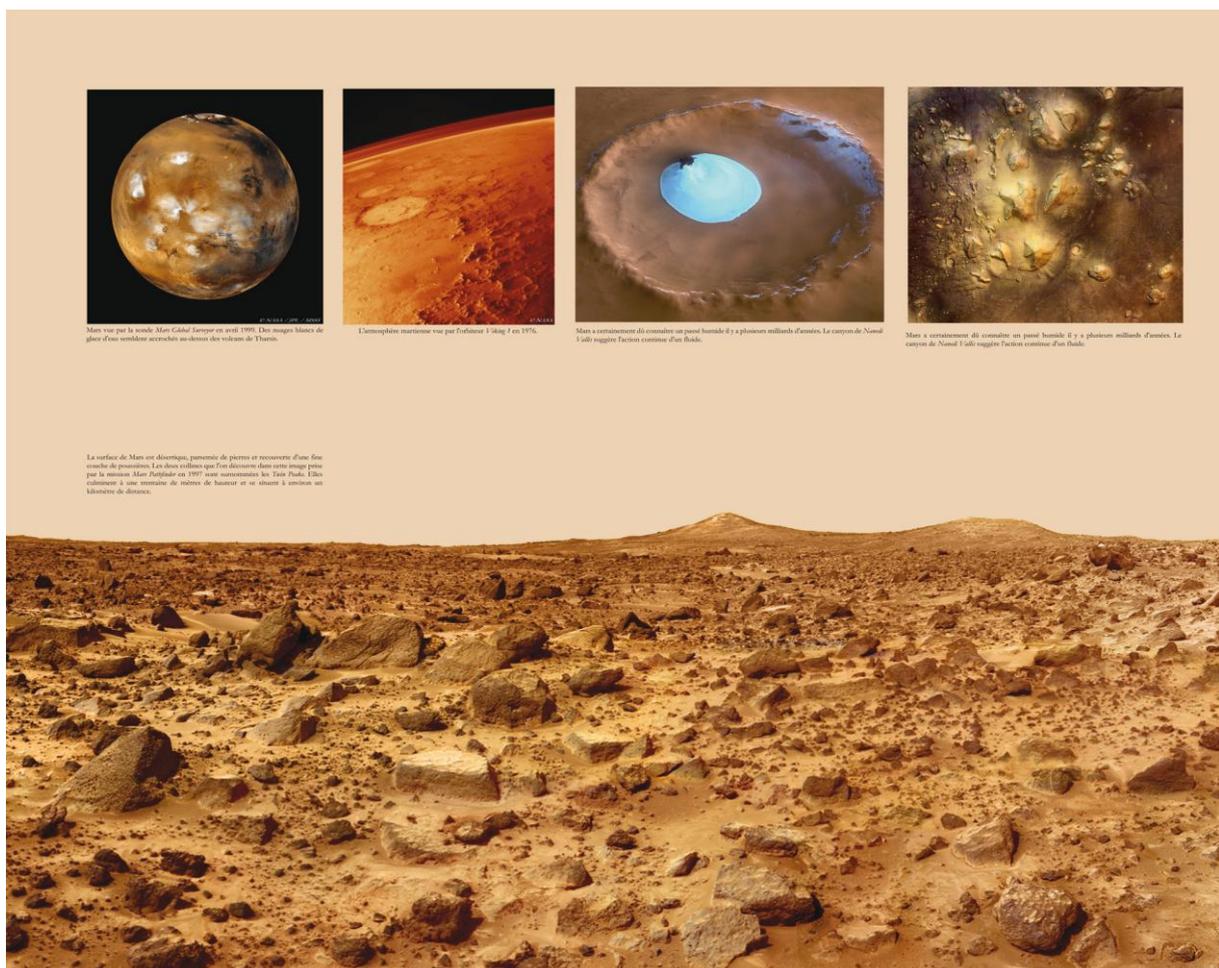
Vous trouverez, en annexe, un plan **détaillé** de la salle **et de son contenu**. Les **maquettes**, animées ou non, sont indiquées en **rouge**. Les **panneaux explicatifs** sont en **noir**.

La salle *Soleil et planètes* est une exposition permanente du Palais de la découverte, d'une superficie de 325 m², centrée sur le système solaire et les planètes. Fruits d'une collaboration entre les équipes de médiateurs scientifiques du Palais de la découverte et des chercheurs de différents observatoires et laboratoires d'astrophysique en France et à l'étranger, les panneaux exposés fournissent une synthèse de nos connaissances actuelles sur le système solaire.

Chaque panneau est **richement illustré** en schémas et photographies et propose **deux niveaux de lecture** : une introduction simple, accessible à tous et une présentation plus détaillée.

Au-delà de la **grande diversité** qui caractérise les objets du système solaire, nous avons souhaité mettre en valeur la **profonde unité** des phénomènes physico-chimiques qui s'y déroulent. À cet effet, des **panneaux thématiques** sont dédiés par exemple aux atmosphères et aux champs magnétiques des planètes, au phénomène des saisons ou encore aux méthodes utilisées en planétologie.

Nous avons aussi voulu montrer que **l'astronomie est une science en mouvement**, en intégrant d'une part un panneau consacré à la définition du mot *planète*, adoptée par l'Union astronomique internationale en 2006 et d'autre part en incluant un ensemble de questions d'actualité non encore résolues dans chaque panneau.



Le panneau « paysages martiens ».

Mars

Mars est la quatrième planète par ordre de distance au Soleil. Parfois surnommée *la planète rouge*, elle doit sa couleur à l'oxyde de fer présent dans les minéraux de sa surface. Mars est le siège de phénomènes climatiques de grande ampleur et possède des structures géologiques qui frappent par leur gigantisme : des volcans colossaux côtoient le plus grand canyon du système solaire, des tempêtes de poussières à dimension planétaire obscurcissent d'anciennes vallées de débâcle façonnées par des inondations lointaines... Aujourd'hui, Mars est un monde froid et aride mais elle conserve encore les traces d'un passé lointain où l'eau coulait en abondance.

Caractéristiques principales

Propriétés	Mars
Distance au Soleil	227 939 200 km
Période de révolution	686,97 jours
Rayon équatorial	3 781 km
Masses	0,641 85 fois celle de la Terre
Densité	3,93 g/cm ³
Accélération de la pesanteur à la surface	3,71 m/s ²
Température moyenne	-63 °C

À titre de comparaison

Propriétés	La Terre	Vénus
Distance au Soleil	149 597 870 km	108 208 460 km
Période de révolution	365,256 jours	224,701 jours
Rayon équatorial	6 378 km	6 052 km
Masses	5,972 16 fois celle de la Terre	0,815 fois celle de la Terre
Densité	5,51 g/cm ³	5,24 g/cm ³
Accélération de la pesanteur à la surface	9,806 65 m/s ²	8,87 m/s ²
Température moyenne	15 °C	46 °C

Questions d'actualité

La planète Mars possède deux petits satellites de forme irrégulière, Phobos et Déimos. Les effets de marées provoqués par Mars ont stabilisé leur mouvement en rotation synchrone : ils présentent toujours la même face à la planète. Ces mêmes forces imposent à Phobos un lent mais inexorable rapprochement de la surface martienne. D'en quelques dizaines de millions d'années, il devrait se briser et former un anneau planétaire. L'origine de Phobos et de Déimos est encore incertaine mais leur composition laisse penser que ce sont des astéroïdes capturés par Mars.

Phobos et Déimos

Satellites de Mars

La planète Mars possède deux petits satellites de forme irrégulière, Phobos et Déimos. Les effets de marées provoqués par Mars ont stabilisé leur mouvement en rotation synchrone : ils présentent toujours la même face à la planète. Ces mêmes forces imposent à Phobos un lent mais inexorable rapprochement de la surface martienne. D'en quelques dizaines de millions d'années, il devrait se briser et former un anneau planétaire. L'origine de Phobos et de Déimos est encore incertaine mais leur composition laisse penser que ce sont des astéroïdes capturés par Mars.

Phobos

Le satellite Phobos est le dernier de l'échelle. Bien inférieur à Déimos, il tourne à l'échelle de Mars à une vitesse de 2,9 km/s.

Déimos

De nos jours, Déimos tourne à l'échelle de Mars à une vitesse de 1,35 km/s. Il est le plus grand satellite de Mars et présente une surface très cratérisée.

À titre de comparaison

Propriétés	Phobos	Déimos
Distance au Soleil	227 939 200 km	227 939 200 km
Période de révolution autour de Mars	7 h 39 min	30 h 10 min
Rayon équatorial	22 km	12 km
Masses	2,03 × 10 ¹⁶ kg	4,86 × 10 ¹⁵ kg
Densité	1,9 g/cm ³	1,87 g/cm ³
Accélération de la pesanteur à la surface	0,007 m/s ²	0,003 m/s ²
Température	-120 °C à 10 °C	-120 °C à 10 °C

Questions d'actualité

La planète Mars possède deux petits satellites de forme irrégulière, Phobos et Déimos. Les effets de marées provoqués par Mars ont stabilisé leur mouvement en rotation synchrone : ils présentent toujours la même face à la planète. Ces mêmes forces imposent à Phobos un lent mais inexorable rapprochement de la surface martienne. D'en quelques dizaines de millions d'années, il devrait se briser et former un anneau planétaire. L'origine de Phobos et de Déimos est encore incertaine mais leur composition laisse penser que ce sont des astéroïdes capturés par Mars.

Les panneaux relatifs à Mars et à ses satellites.

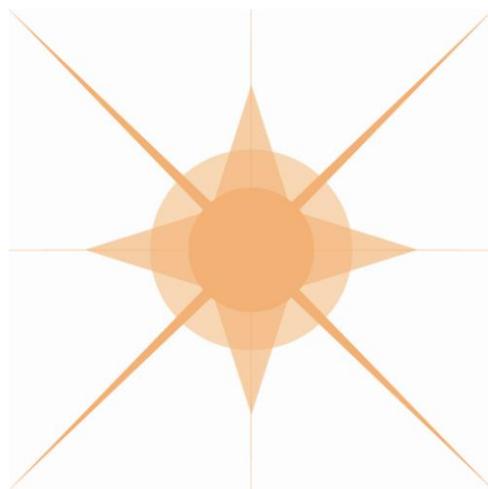


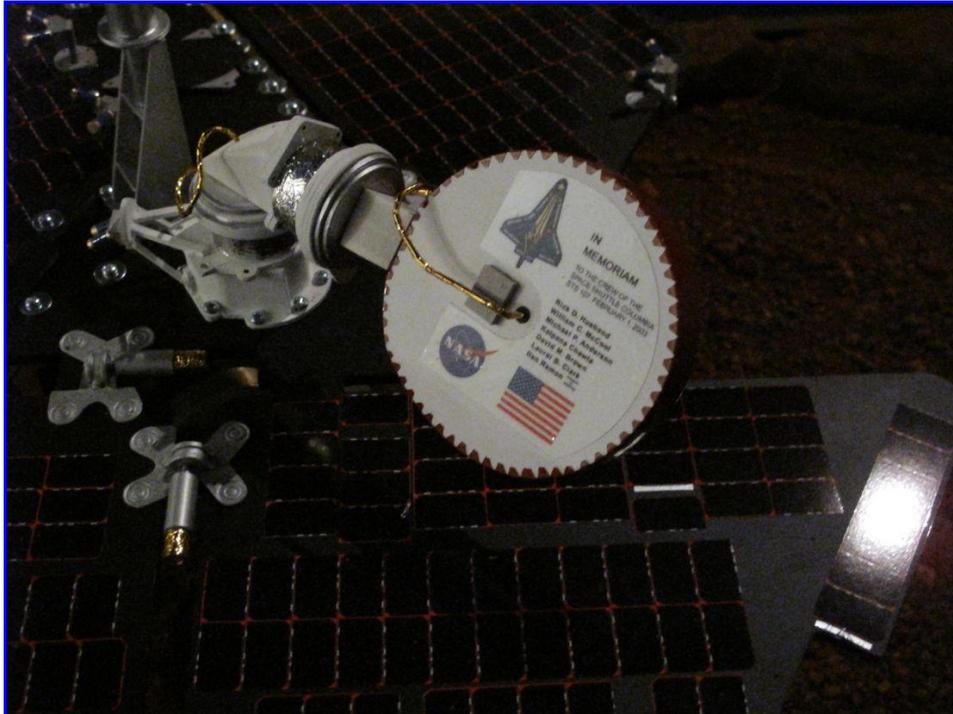
Quelques panneaux en situation devant le globe de Mars.

La société *Spacemodel 13* a construit pour le Palais de la découverte une splendide réplique du **robot Spirit** à l'échelle $\frac{1}{3}$. Cette mission spatiale américaine de la NASA sur Mars avait pour objectif l'étude géologique et climatique de la planète rouge et la recherche de la présence ancienne et prolongée d'eau liquide. Spirit possède un jumeau, Opportunity, qui lui aussi a atterri sur Mars en janvier 2004. Le robot présenté en salle des planètes est mis en scène dans **un décor reproduisant fidèlement le sol et les roches martiens.**

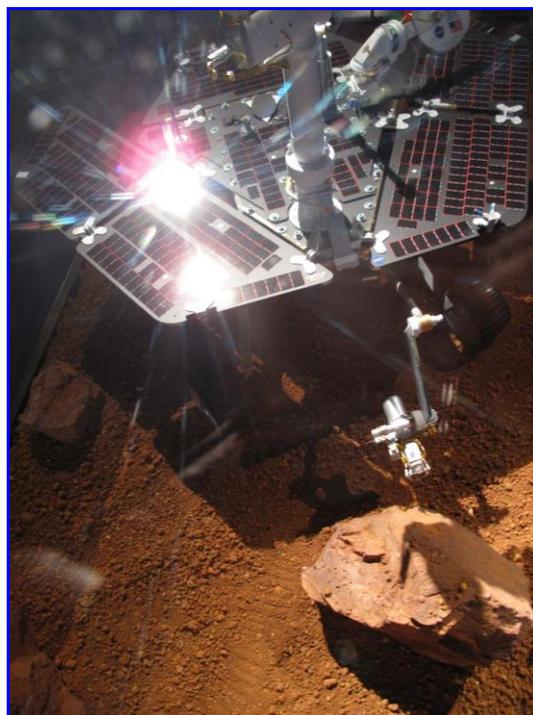


Le rover *Spirit* dans son environnement martien.





Reproduction de la plaque commémorative portée par *Spirit* en hommage aux sept astronautes ayant perdu la vie lors de la désintégration de la navette *Columbia* au cours de sa rentrée atmosphérique le 1^{er} février 2003.



Spirit possède un bras robotisé qui porte un outil d'abrasion des roches, deux spectromètres et une caméra microscope.

En plus des nouveaux éléments présentés plus haut, la salle *Soleil et planètes* du Palais de la découverte contient de **nombreuses maquettes statiques et animées**. La plus impressionnante est sans nul doute le **modèle réduit du système solaire** dont les dimensions ont été divisées par 200 milliards. Toutefois, à cette échelle, le Soleil aurait un diamètre de 7 mm et les planètes ne seraient pas plus grosses que des poussières. Pour voir ces corps célestes, on a donc dû les agrandir d'un facteur 2000. La maquette du Soleil possède ainsi un diamètre de 14 m et celle de Jupiter 1,40 m. La Terre a moins de 13 cm de diamètre, Mars moins de 7 cm et Neptune, la planète la plus lointaine, est une boule bleue de 50 cm de diamètre située à près de 23 m de notre étoile !

La salle *Soleil et planètes* contient également une **belle reproduction de la face visible de la Lune** à l'échelle du milliardième – ce qui lui donne quand même une taille de 3,50 m ! –, une **maquette taille réelle de la météorite de Bendegó**, des **globes des planètes Mercure et Mars** ainsi que des **reproductions de la surface de Mars** et d'un de ses deux satellites, **Phobos**.



Un majestueux Soleil accueille les visiteurs en salle des planètes.

Enfin, des **maquettes animées** permettent aux visiteurs d'apprendre les bases de la **mécanique céleste** et de comprendre des phénomènes aussi variés que **la succession des jours et des nuits**, les **saisons**, les **phases de la Lune**, le **mécanisme des éclipses**, les **lois de Kepler** et les **mouvements des planètes vus depuis la Terre et l'espace**.

III.1.3 Le planétarium

Le planétarium se compose d'une coupole de quinze mètres de diamètre au centre de laquelle un projecteur d'étoiles appelé planétaire reproduit un ciel étoilé d'une qualité exceptionnelle. L'observation des phénomènes célestes est possible de n'importe quel point de la Terre, à n'importe quelle époque du passé (Antiquité, Moyen Âge...) ou du futur. Un des principaux intérêts offerts par le planétarium est la possibilité d'accélérer les mouvements, ceux de la Terre comme ceux des planètes.

Il est ainsi tout à fait possible d'observer le ciel de Paris dans 14 000 ans, découvrir la prochaine éclipse de Soleil ou l'occultation d'une planète par la Lune.

Les séances de planétarium ont un but essentiellement didactique et constituent une excellente initiation à l'astronomie. Elles durent en moyenne 45 minutes. Un conférencier explique les divers aspects de notre univers en commençant toujours par une description du ciel que l'on pourrait voir le soir même, puis oriente son propos vers un thème qui est traité pendant le reste de la séance.



En période scolaire :

- les séances dédiées aux **élèves de primaire** (à partir du cours moyen) ont lieu **le mardi, le jeudi et le vendredi à 10 h** ;
- les élèves de **6^e** et de **5^e** ont la possibilité d'assister aux séances présentées ci-dessus puisqu'elles s'adressent non seulement aux élèves de cours moyen mais également aux collégiens de 6^e et de 5^e. Les séances **spécifiquement dédiées aux élèves de collège** ont lieu **le mardi, le mercredi, le jeudi et le vendredi à 11 h 30 min** ;
- les séances dédiées aux lycéens ont lieu **le mardi, le jeudi et le vendredi à 14 h**.

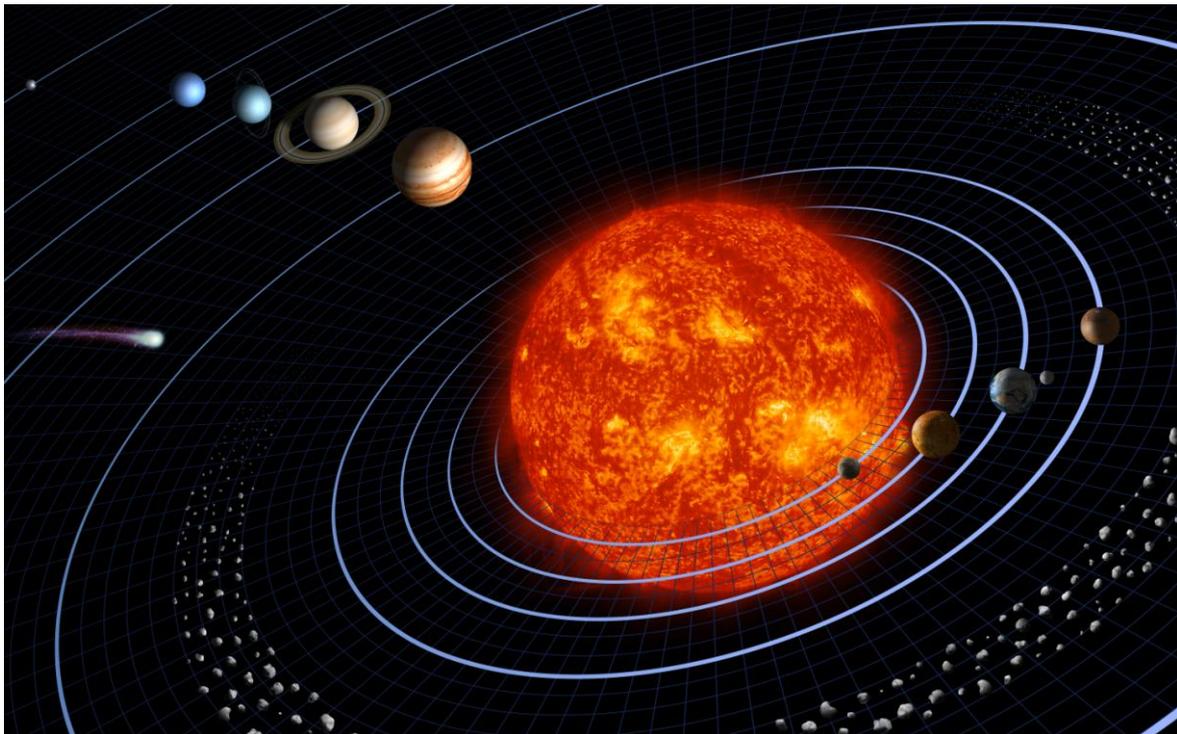
Dans toutes les séances, le conférencier montrera la planète Mars et donnera au public les moyens de la repérer dans le ciel.

Une séance ayant pour thème le système solaire approfondira l'étude des mouvements des planètes et de Mars en particulier.

Le système solaire

Combien de planètes voit-on à l'œil nu ? Quelles sont les lois qui régissent les mouvements des planètes ? Quelle est la différence entre une vision héliocentrique et géocentrique du système solaire ? Pourquoi les planètes changent-elles de sens par rapport aux étoiles à certaines époques ? Qu'est-ce qu'une conjonction et une opposition ?

→ En **période scolaire**, la séance *Le système solaire* prend place le mardi à 15 h 15, le samedi à 16 h 30 et pendant les vacances scolaires (toutes zones confondues), tous les jours à 11 h 30.



Crédit : NASA

III.1.4 Les exposés

Ils se déroulent en salle *Soleil et planètes*, dans la salle d'exposés. Comme pour les séances de planétarium, il convient de les réserver auprès du bureau des groupes (voir partie *Informations pratiques*).

Quatre exposés sont susceptibles de présenter un lien étroit avec la planète Mars :

1) *Le système solaire*

à partir de la 6^e

Aperçu historique, présentation astronomique et physique des planètes, de leurs satellites et des autres corps du système solaire.

2) *Les mouvements dans le système solaire*

à partir de la 2^{de}

Lois de Kepler, mouvement héliocentrique et géocentrique des planètes, rétrogradation, conditions de visibilité, satellites galiléens.

3) *La mesure des distances*

à partir de la 2^{de}

Détermination de la distance Terre – Lune, de la distance Terre – Soleil et des distances Soleil – planètes, lois de Kepler et de Newton ; parallaxes trigonométriques et spectroscopiques, céphéides, loi de Hubble.

4) *Histoire de l'astronomie*

à partir de la 6^e

Les principales étapes de l'astronomie, des Babyloniens à Hubble, en passant par Ptolémée, Copernic, Kepler, Galilée, etc.



III.2 Suggestion bibliographique

Œuvres de fiction

- Herbert George Wells, *La Guerre des mondes*, éd. Folio, 2005. Publié en 1898.
- Edgar Rice Burroughs, *Le Cycle de Mars* en deux tomes, éd. Omnibus, 2012 et 2013. Publié à partir de 1912.
- Ray Bradbury, *Chroniques martiennes*, éd. Folio, coll. Folio SF, 2002. Publié en 1950.
- Kim Stanley Robinson,
 - Mars la rouge*, éd. Pocket, coll. Science-fiction, 2003. Publié en 1992.
 - Mars la verte*, éd. Pocket, coll. Science-fiction, 2003. Publié en 1993.
 - Mars la rouge*, éd. Pocket, coll. Science-fiction, 2003. Publié en 1996.
 - Les Martiens*, éd. Pocket, coll. Science-fiction, 2007. Publié en 1999.
- Stephen Baxter, *Voyage* en deux tomes, éd. J'ai lu, 2003. Publié en 1996.
- Ben Bova,
 - Mars*, éd. Pocket, coll. Science-fiction, 2004. Publié en 1992.
 - Retour sur Mars*, éd. Pocket, coll. Science-fiction, 2005. Publié en 1999.
 - Mars Life*, 2008.
 - Mars Inc.: The Billionaire's Club*, 2013.
- Gregory Benford, *Les enfants de Mars*, éd. Pocket, coll. Science-fiction, 2011. Publié en 1999.
- Robert Zubrin, *On a marché sur Mars*, éd. Presses de la Cité, 2006. Publié en 2001.
- Dan Simmons,
 - Ilium*, éd. Pocket, coll. Science-fiction, 2007. Publié en 2003.
 - Olympos*, éd. Pocket, coll. Science-fiction, 2008. Publié en 2005.
- Andy Weir, *Seul sur Mars*, éd. Bragelonne, coll. Thriller, 2014.

Ouvrages traitant spécifiquement de la planète Mars

- Olivier de Goursac, *À la conquête de Mars*, éd. Larousse, 2000.
- François Costard, *La planète Mars*, éd. Presses Universitaires de France, coll. Que sais-je ?, 2000.
- Société Astronomique de France, *Au plus près de la planète Mars*, éd. Vuibert, 2003.
- Guillaume Cannat, Didier Jamet, *Mars comme si vous y étiez !*, éd. Eyrolles, 2004.
- Olivier de Goursac, *Visions de Mars*, éd. la Martinière, 2004.
- François Forget, François Costard, Philippe Lognonné, *La planète Mars. Histoire d'un autre monde*, éd. Belin Pour la science, coll. Bibliothèque scientifique, 2006.
- Francis Rocard, *Planète rouge : dernières nouvelles de Mars*, éd. Dunod, coll. Quai des sciences, 2006.
- Charles Frankel, *L'Homme sur Mars. Science ou Fiction ?*, éd. Dunod, coll. Quai des sciences, 2007.
- Jean-Pierre Bibring, *Mars planète bleue ?*, éd. Odile Jacob, coll. Sciences, 2009.
- Jean-François Pellerin, Richard Heidmann, Alain Souchier, *Planète Mars, Embarquement pour Mars*, éd. A2C Medias, coll. Histoires, 2015.



Ouvrages généraux sur le système solaire

- André Brahic, *Enfants du Soleil. Histoire de nos origines*, éd. Odile Jacob, coll. Poche, 2000.
- André Brahic, *Planètes & satellites. Cinq leçons d'astronomie*, coll. Sciences de la Terre et de l'Univers, éd. Vuibert, 2001.
- Sous la direction de Jean Lilensten, *Le système solaire revisité*, éd. Eyrolles, 2006.
- Charles Frankel, *Dernières nouvelles des planètes*, éd. Seuil, coll. Science ouverte, 2009.
- Thérèse Encrenaz, *Les planètes : les nôtres et les autres*, éd. EDP Sciences, coll. Une introduction à, 2010.
- Marcus Chown, *Le système solaire*, éd. Place des Victoires, 2012.
- Giles Sparrow, *Mars. Le guide ultime de la planète rouge*, éd. Télémaque, 2014.
- Collectif, *Destination système solaire*, éd. Marabout, 2014.
- Thérèse Encrenaz et James Lequeux, *L'exploration des planètes*, éd. Belin, coll. Bibliothèque scientifique, 2014.

→ Certains ouvrages de cette liste se trouvent à la **bibliothèque de la Cité des Sciences et de l'Industrie**, 30 avenue Corentin-Cariou, 75019 Paris.

Métro : Porte de la Villette (Métro ligne 7 ou Tramway ligne 3b).

Horaires : du mercredi au dimanche, 12h-18h45, le mardi 12h-19h45.

Description La bibliothèque met à votre disposition 120 000 documents (livres, revues, films, cédéroms, DVD) dans tous les domaines scientifiques et techniques. Possibilité de consultation sur place et d'emprunt de documents.

III.3 Documentaires

- *Voyage autour du Soleil*, France Télévisions Distribution, 2004.
- *L'Univers. L'exploration du système solaire*, History / Lancaster, 2008.
- *Merveilles du système solaire*, BBC / Koba Films, 2011.
- *Le système solaire revisité* (2014), émission *C'est pas sorcier* (France Télévisions Distribution).



III.4 Œuvres cinématographiques

- *Aelita*, film muet de Yakov Protazanov d'après le roman d'Alexis Nikolaïevitch Tolstoï, 1924.
- *Flash Gordon's Trip to Mars*, un serial de 15 épisodes d'après la bande dessinée Flash Gordon, 1938. Il s'agit du deuxième des trois serials réalisés entre 1936 et 1940.
- *La Guerre des mondes*, film de Byron Haskin d'après le roman de Herbert George Wells, 1953.
- *Les Envahisseurs de la planète rouge*, film de William Cameron Menzies, 1953.
- *Robinson Crusoé sur Mars*, film de Byron Haskin, 1964.
- *Mars Needs Women*, film de Larry Buchanan, 1967.
- *Capricorn One*, film de Peter Hyams, 1978.
- *The Martian Chronicles*, série de trois épisodes pour la télévision de Michael Anderson. Diffusé en janvier 1980 sur NBC.
- *Total Recall*, film de Paul Verhoeven d'après une nouvelle de Philip K. Dick, 1990.
- *Martians Go Home*, film de David Odell d'après le roman de Fredric Brown, 1990.
- *Mars Attacks!*, film de Tim Burton, 1996.
- *Mission to Mars*, film de Brian De Palma, 2000.
- *Planète rouge*, film d'Antony Hoffman, 2000.
- *Ghosts of Mars*, film de John Carpenter, 2001.
- *Doom*, film d'Andrzej Bartkowiak, 2005.
- *John Carter*, film d'Andrew Stanton d'après l'œuvre d'Edgar Rice Burroughs, 2012.
- *The Last Days on Mars*, film de Ruairí Robinson, 2013.
- *Seul sur Mars*, film de Ridley Scott d'après le roman d'Andy Weir, 2013.

III.5 Présentation de la webTV www.universcience.tv

Description

Universcience.tv est la webTV scientifique hebdomadaire d'Universcience. Tous les vendredis, un nouveau programme avec des documentaires, des quiz, des programmes courts de vulgarisation sur toutes les thématiques scientifiques. Les films sont réalisés par les équipes d'Universcience en partenariat avec des instituts de recherche et de communication des sciences. Vous avez la possibilité de consulter les archives.

Quelques films sur le système solaire et sur Mars sont disponibles sur la webTV.

<http://www.universcience.tv/categorie-espace-astronomie-6.html>

De très nombreuses vidéos d'une durée de 2 min présentant le ciel visible à l'œil nu, les constellations, de nombreux rapprochements observables entre la Lune et les planètes et divers phénomènes célestes d'intérêt. Vous trouverez également des vidéos de plus longue durée où l'on approfondit l'étude de certains astres comme les comètes ou les trous noirs.



III.6 Sites internet

<http://www.astronomes.com>

Excellente site de diffusion de l'astronomie

<http://www.nirgal.net>

Tout, tout, tout sur la planète Mars !

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/ressources/dossiers-thematiques/nouvelles-mars>

Le site Planet-Terre (ENS de Lyon) « propose, dans son dossier *Les nouvelles de Mars*, une synthèse actualisée des résultats des différentes missions martiennes en cours et publie régulièrement des bulletins documentés sur la géologie martienne ».

Le site général de la NASA dédié à l'exploration de Mars <http://mars.jpl.nasa.gov>

Mariner 3 et **Mariner 4** → missions achevées

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/past/mariner34>

Mariner 6 et **Mariner 7** → missions achevées

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/past/mariner67>

Mariner 8 et **Mariner 9** → missions achevées

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/past/mariner89>

Fiche descriptive du programme *Mariner*

<http://mars.nasa.gov/files/mep/Mars-Mission-Mariner-Fact-Sheet.pdf>

Site officiel du programme **Viking** → mission achevée

<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/viking.html>

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/past/viking>

Fiche descriptive : http://www.jpl.nasa.gov/news/fact_sheets/viking.pdf

Site officiel de la mission **Mars Global Surveyor** → mission achevée

<http://mars.nasa.gov/mgs>

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/past/globalsurveyor>

Fiche descriptive : http://www.jpl.nasa.gov/news/fact_sheets/mgs.pdf

Dossier de presse à l'arrivée : <http://www2.jpl.nasa.gov/files/misc/mgsarriv.pdf>



Site officiel de la mission *Mars Pathfinder* → mission achevée

<http://mars.jpl.nasa.gov/MPF>

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/past/pathfinder>

Fiche descriptive : http://www.jpl.nasa.gov/news/fact_sheets/mpf.pdf

Dossier de presse à l'atterrissage : <http://www2.jpl.nasa.gov/files/misc/mpfland.pdf>

Site officiel de la mission *Phoenix* → mission achevée

<http://phoenix.lpl.arizona.edu>

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/past/phoenix>

Fiche descriptive : http://phoenix.lpl.arizona.edu/pdf/fact_sheet.pdf

Site officiel de la mission *2001 Mars Odyssey* : <http://mars.nasa.gov/odyssey/>

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/present/odyssey>

Site officiel de la mission *Mars Exploration Rovers (rovers Spirit et Opportunity)*

<http://mars.nasa.gov/mer>

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/present/2003>

Dossier de presse aux lancements : <http://mars.nasa.gov/mer/newsroom/merlaunch.pdf>

Dossier de presse aux atterrissages : <http://mars.nasa.gov/mer/newsroom/merlandings.pdf>



Site officiel de la mission européenne *Mars Express*

http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Mars_Express

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/present/express>

Site officiel de la participation américaine à la mission européenne *Mars Express*

<http://marsprogram.jpl.nasa.gov/express>

Site officiel de la mission *Mars Reconnaissance Orbiter* : <http://mars.nasa.gov/mro>

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/present/2005>

Fiche descriptive : <http://mars.nasa.gov/mro/files/mro/MRO-060303.pdf>

Dossier de presse au lancement : <http://mars.nasa.gov/mro/files/mro/mro-launch.pdf>

Dossier de presse à l'arrivée : <http://mars.nasa.gov/mro/files/mro/mro-arrival.pdf>

Site officiel de la mission *Mars Science Laboratory (rover Curiosity)* : <http://mars.nasa.gov/msl/>

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/present/msl>

Fiche descriptive : http://mars.jpl.nasa.gov/msl/news/pdfs/MSL_Fact_Sheet.pdf

Dossier de presse au lancement : <http://mars.jpl.nasa.gov/msl/news/pdfs/MSLLaunch.pdf>

Dossier de presse à l'atterrissage : <http://mars.jpl.nasa.gov/msl/news/pdfs/MSLLanding.pdf>

Site officiel de la mission *MAVEN* : <http://lasp.colorado.edu/home/maven>

Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/present/maven>

Fiche descriptive

http://lasp.colorado.edu/home/maven/files/2012/11/MAVEN-HQ_FactSheet.pdf

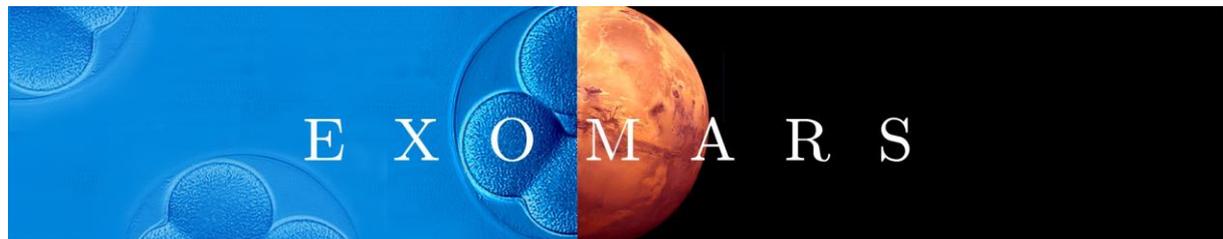


Site officiel de la mission indienne **Mars Orbiter Mission**
<http://www.isro.gov.in/pslv-c25-mars-orbiter-mission>

Site officiel de la mission **InSight** (lancement prévu en 2018) : <http://insight.jpl.nasa.gov>
Introduction : <http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/future/insight>
Fiche descriptive : http://mars.jpl.nasa.gov/files/mep/InSight_NASA_fact_sheet_2014.pdf

Site officiel du programme **ExoMars** (lancements prévus en 2016 et 2018)
<http://exploration.esa.int/mars/46048-programme-overview>
ExoMars Trace Gas Orbiter et *Schiaparelli EDM Lander* (2016)
<http://exploration.esa.int/mars/46124-mission-overview>
Rover ExoMars (2018) : <http://exploration.esa.int/mars/48088-mission-overview>

Site officiel de la mission **Mars 2020** (lancement prévu... en 2020)
<http://mars.jpl.nasa.gov/mars2020>



IV Informations pratiques

Adresse

Palais de la découverte
Avenue Franklin D. Roosevelt
75008 Paris
Tél. : 01 56 43 20 20
www.palais-decouverte.fr

Accès

Métro : Champs-Élysées Clémenceau (ligne 1 et ligne 13) ou Franklin Roosevelt (ligne 9)
Bus : 28, 42, 52, 63, 72, 73, 80, 83, 93
R.E.R. : Invalides (ligne C)

Horaires d'ouverture

Du mardi au samedi de 9 h 30 à 18 h, le dimanche de 10 h à 19 h.
Fermeture le lundi, le 1^{er} janvier, le 1^{er} mai, le 14 juillet

Tarifs scolaires (valables au 1er septembre 2015 - susceptibles d'être modifiés)

Tarif : 4,50 €
Tarif Éducation prioritaire : 2,50 €
Supplément planétarium : 2,50 €

- 1 gratuité pour 5 entrées payantes pour la maternelle
- 1 gratuité pour 12 entrées payantes pour l'élémentaire
- 1 gratuité pour 15 entrées payantes pour le secondaire

Le billet donne accès à toutes les expositions, aux ateliers scientifiques et aux exposés du Palais de la découverte (sur réservation et dans la limite des places disponibles).

Réservation groupes (à partir de 10 personnes)



groupe.palais@universcience.fr



01 56 43 20 25



01 56 43 20 29

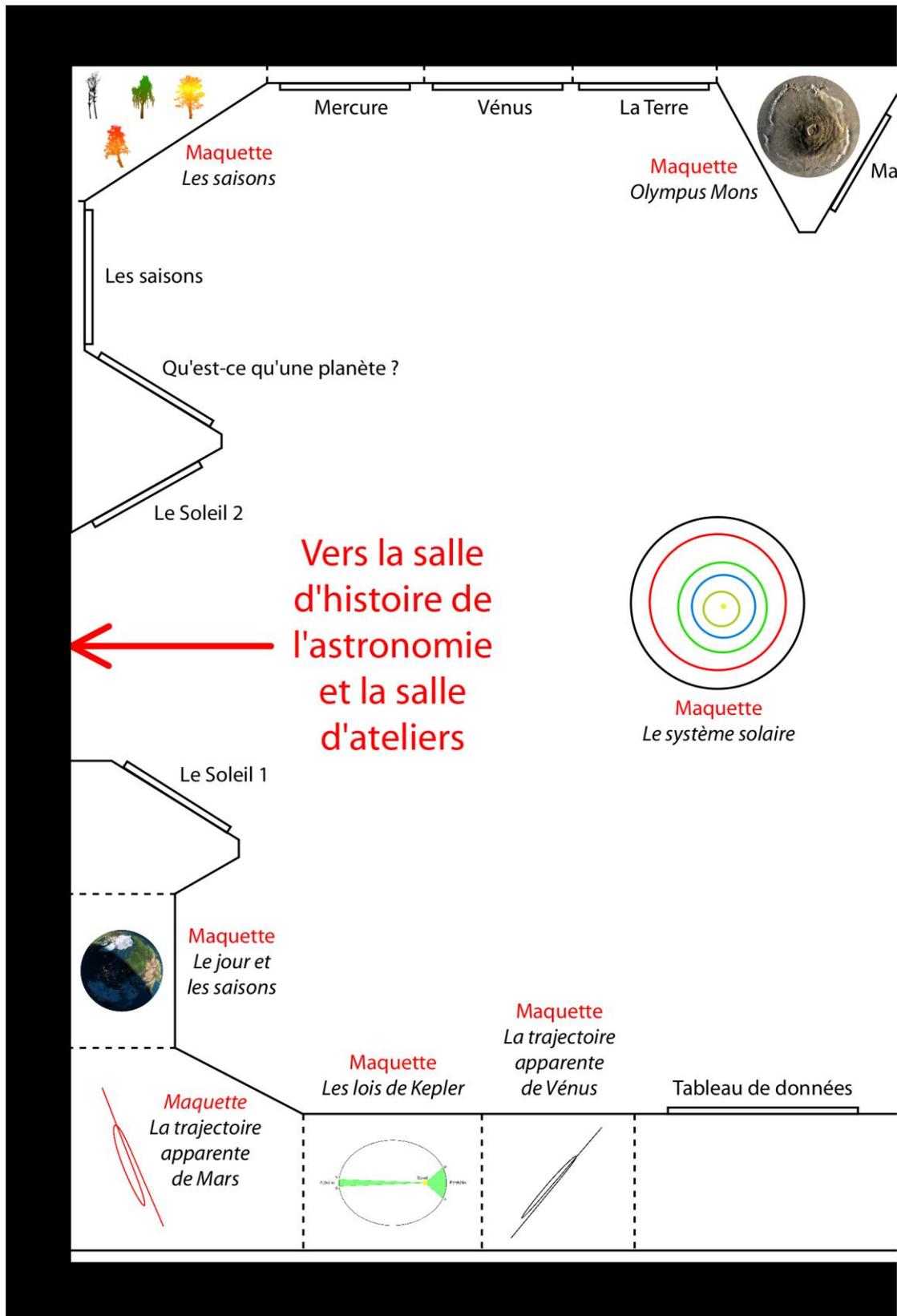


Palais de la découverte
Bureau des groupes
Avenue Franklin Roosevelt
75008 Paris

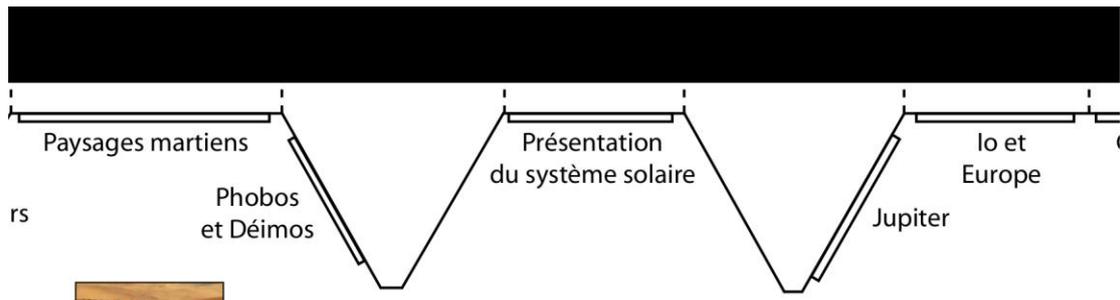
ANNEXE

Plan détaillé de la salle *Soleil et planètes* du Palais de la découverte

Les **maquettes**, animées ou non, sont indiquées en **rouge**.
Les **panneaux explicatifs** sont en **noir**.



(1/5)



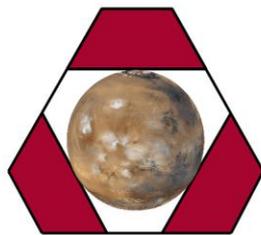
rs



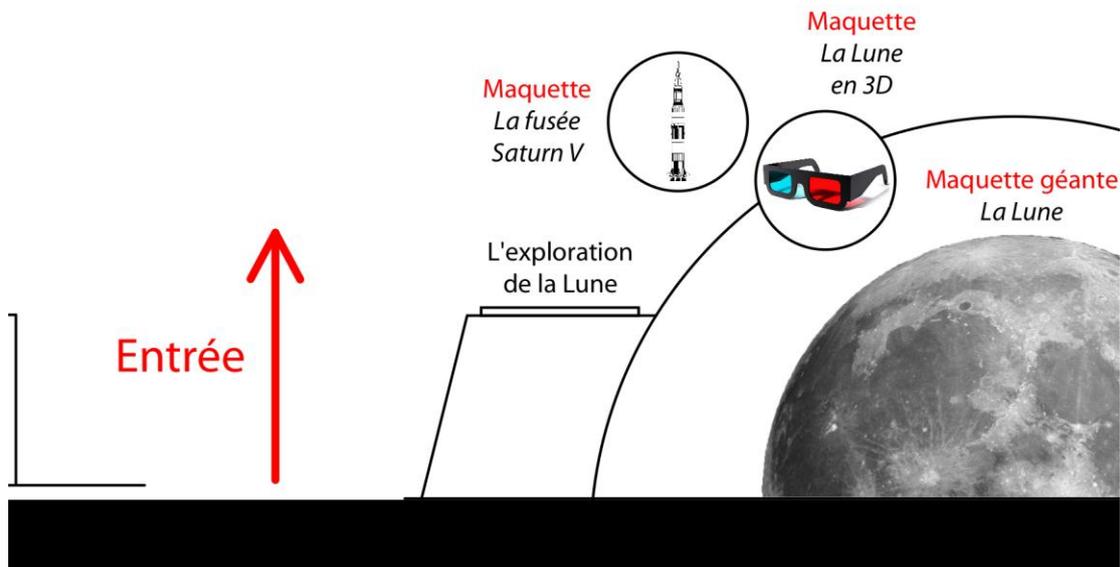
Maquette
Le rover martien



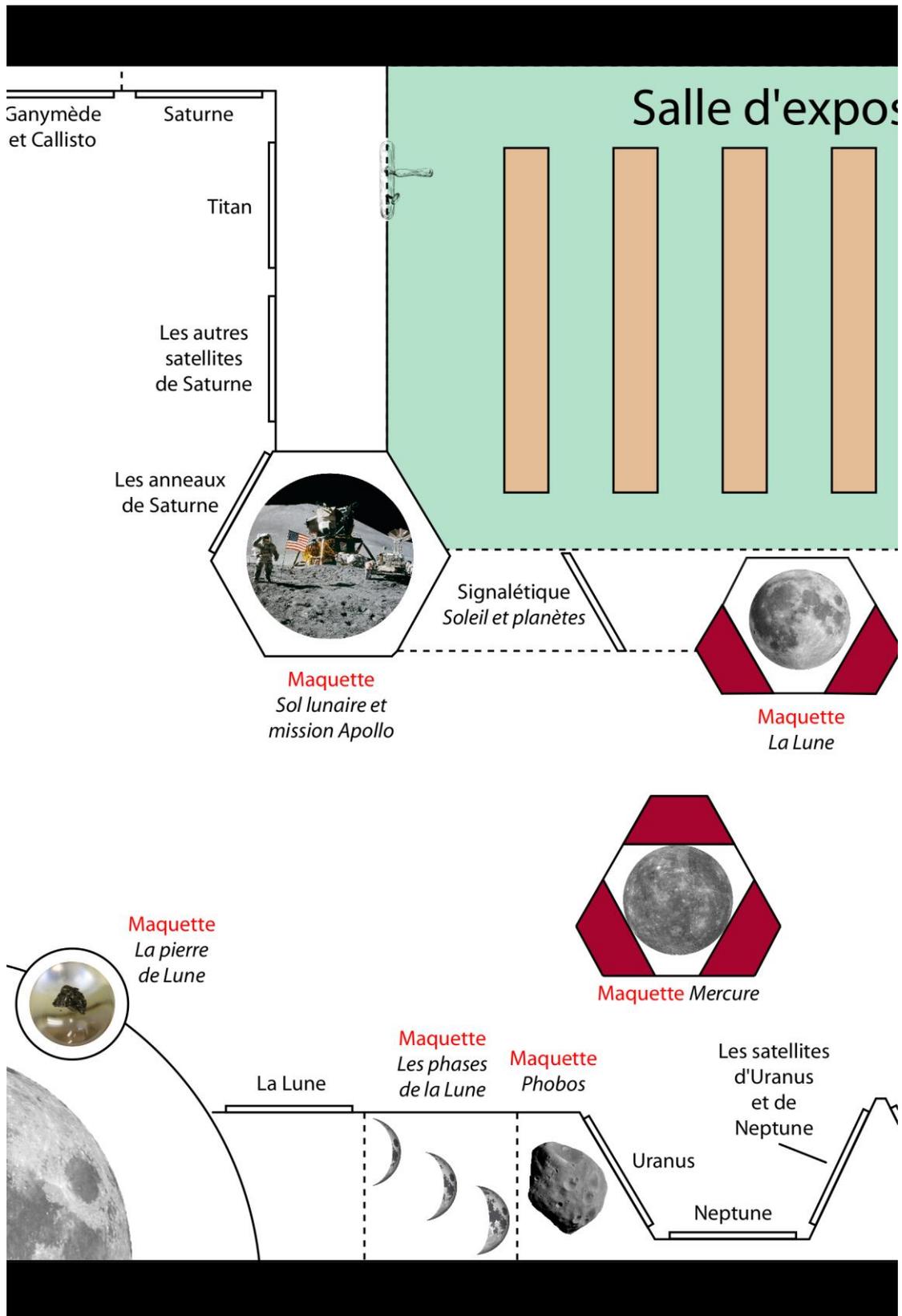
Maquette Globe terrestre



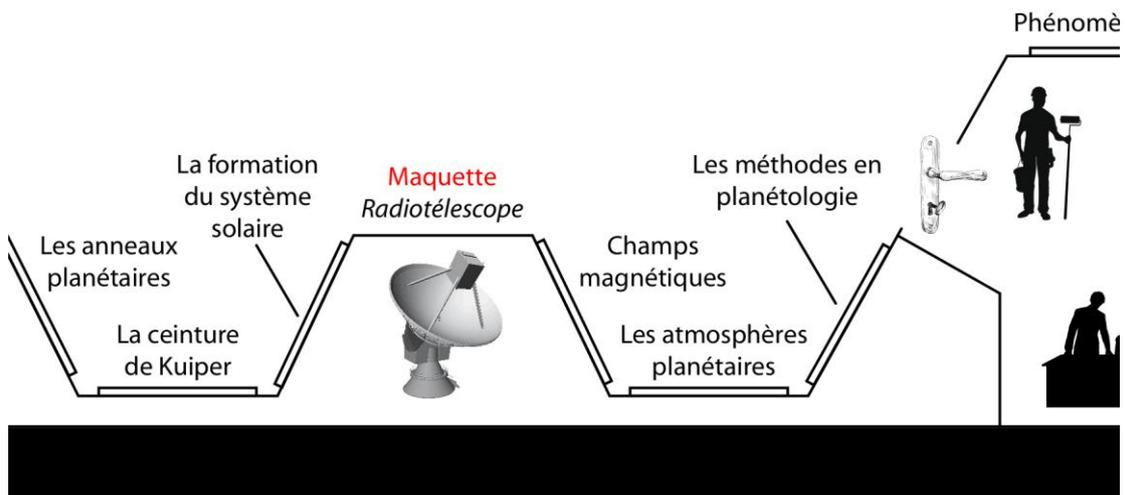
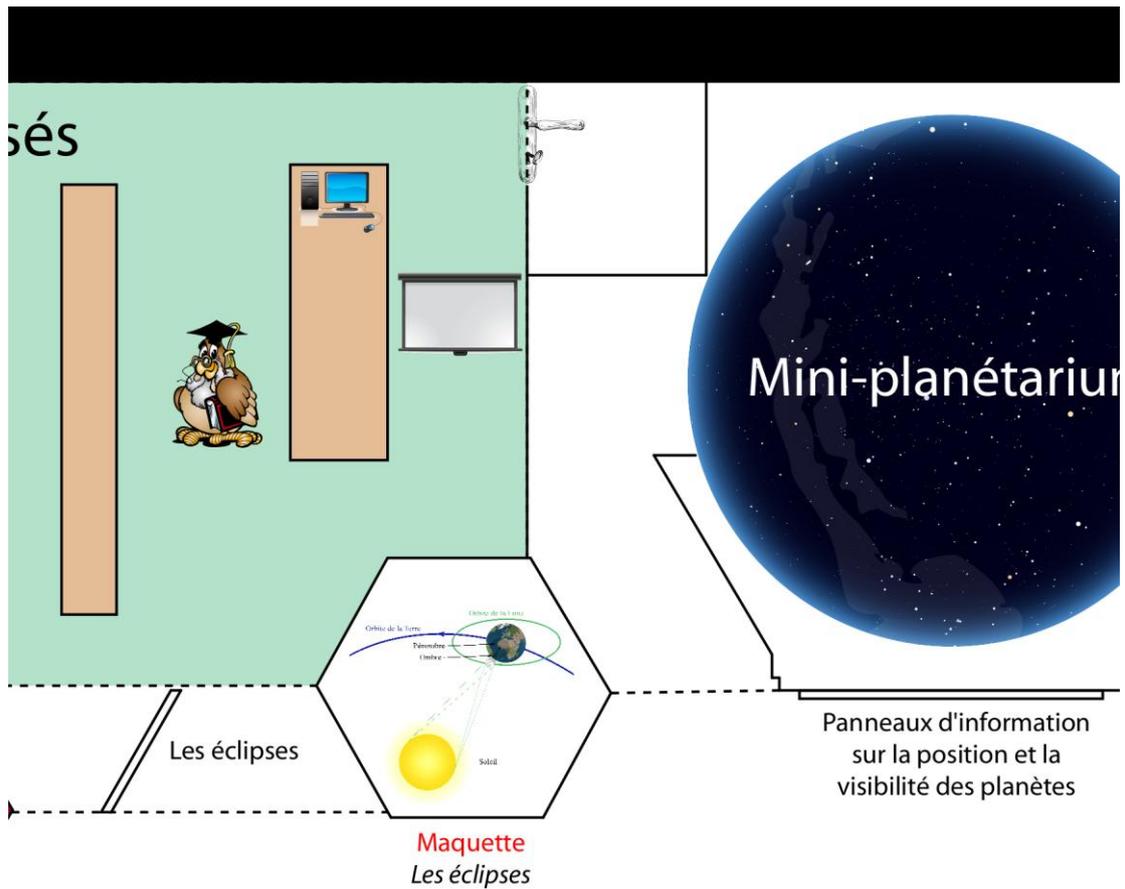
Maquette Mars



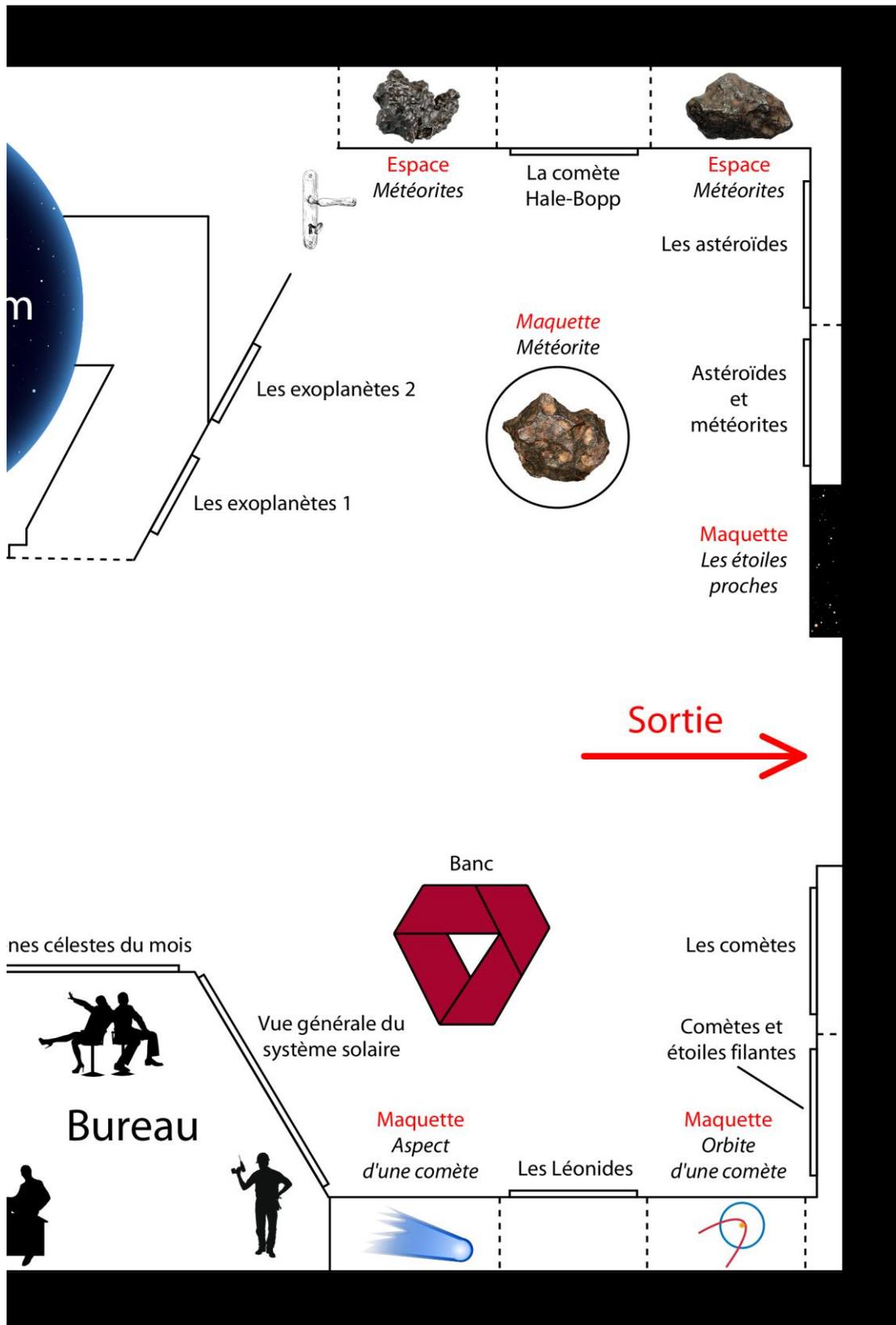
(2/5)



(3/5)



(4/5)



(5/5)