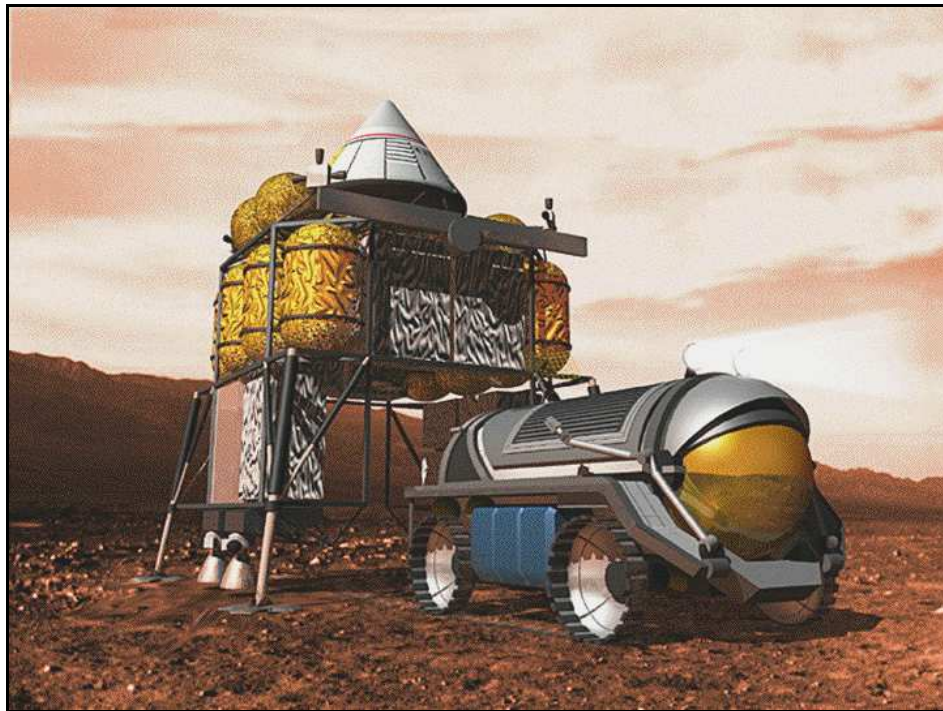


ANALYSE FONCTIONNELLE

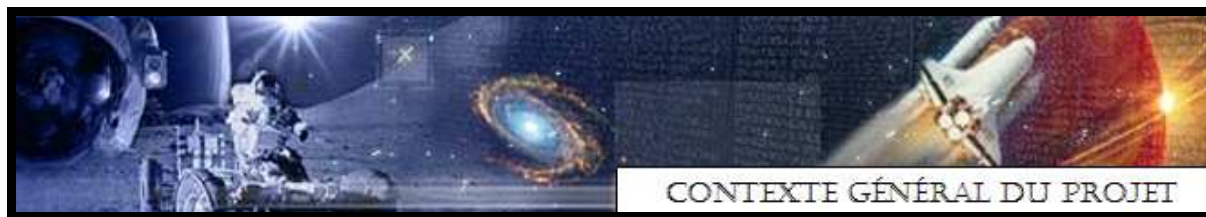
PROM-S

Pressurized Rover On Mars for Science





Contexte général du projet	p 4
Missions du Rover	p 6
Fonctions du Rover	p 8
Travail à réaliser	p 11
Annexes	p 12
Glossaire	p 12
Résumé schématique de la DRM 3 (Mission de référence).....	p 13
Architecture générale	p 15
Formulaire projet	p 16



En janvier 2004, le président Bush s'est exprimé sur la nouvelle vision de l'exploration spatiale. Il présenta avec enthousiasme un programme intitulé « Moon, Mars and Beyond » qui se décline en quatre points principaux :

- Remise en service des navettes spatiales pour terminer la station ISS d'ici 2010.
- Développement et test du Crew Exploration Vehicule (CEV) Orion qui remplacera les navettes actuelles d'ici 2008.
- Missions habitées sur la Lune pour 2020 afin de tester les nouvelles technologies, de s'entraîner pour les futures missions sur Mars et de préparer la Lune comme base de lancement.
- Missions habitées sur Mars.

En réponse à l'annonce du président américain, la NASA a dirigé pendant l'été 2005 l'Exploration Systems Architecture Study (ESAS) qui a conduit à ce que l'on appelle maintenant le programme Constellation qui ne s'occupe à l'heure actuelle que de la mission lunaire.

Bien que la Design Reference Mission (DRM) lunaire soit à présent disponible sur le site officiel, l'administrateur de la NASA Mike Griffin a annoncé, lors de son discours au congrès de la Mars Society, début août à Washington, que l'étude d'architecture de la mission martienne ne serait pas prête avant la fin 2007.

Néanmoins, plusieurs DRM martiennes ont déjà été étudiées, si bien que nous sommes actuellement à la version 4 datant de 1999. Cette dernière s'est essentiellement attachée à réduire les masses et à accroître la sécurité mais la DRM version 3.0 est un point de référence complet par ailleurs adoptée comme support de mission d'exploration humaine par l'ESAS.

Les voyages habités sur Mars sont donc bel et bien d'actualité et le Rover pressurisé PROM-S est une nécessité pour remplir correctement les objectifs de mission. En effet, les premiers équipages d'explorateurs qui débarqueront sur Mars devront d'emblée y séjourner longtemps. La course des planètes autour du soleil leur interdisant d'effectuer un voyage de retour économe en carburant avant un an et demi, cette longue période permettra de véritablement rentabiliser le coût et les risques du voyage. Il ne s'agira plus en effet, comme du temps d'Apollo, de planter un drapeau et de ramasser quelques cailloux, mais bien d'explorer un autre monde, vaste et complexe, et d'y mener des investigations approfondies en géologie, climatologie, biologie et exploitation des ressources locales.

Pour ce faire, il faut placer l'expédition dans des conditions appropriées : conditions de confort adaptées à la durée du séjour, bien entendu, mais aussi équipements scientifiques puissants et, enfin, moyens permettant d'assurer la mobilité. Les missions Apollo, dont la plus longue n'avait pourtant duré que trois jours à la surface lunaire, ont mis en relief l'importance capitale de ce dernier facteur, leur productivité ayant été décuplée par la mise en service, à partir d'Apollo 15, d'une jeep lunaire.

A ce jour, si de nombreuses études de base ont été menées sur le sujet, présentant toutes sortes de conceptions, les travaux de détail restent rares et n'ont, par ailleurs, jamais aboutis à une réalisation à l'échelle¹. Il est donc particulièrement opportun de se lancer sur un tel thème d'étude.

L'association Planète Mars, Le Strate Collège (Design Industriel) et l'IPSA se sont associés en vue de la réalisation du prototype PROM-S.



Le Rover pressurisé **PROM-S** se distingue des Jeep lunaires en ce qu'il offre à l'équipage la possibilité d'y vivre sans scaphandre. Le rayon d'action de l'exploration passe ainsi d'un niveau local à un niveau régional suffisant pour explorer plusieurs sites géologiques d'intérêt sur la planète Mars.

Lancé avec une **ARES V**, le **PROM-S** sera probablement logé au rez-de-chaussée du Lander comportant le vaisseau de remontée en orbite martienne (MAV) et les réservoirs vides.

Une fois sorti de l'orbite terrestre, le Rover entamera alors une traversée de 6 mois environ vers Mars.

Sur la planète, le **PROM-S** restera parqué pendant 2 ans - le temps de remplir les réservoirs du Lander en utilisant l'atmosphère martienne - avant d'être utilisé.

Deux ans et demi après son lancement le Rover devra donc avoir résisté au décollage, à la traversée et aux conditions relatives au stockage de ce dernier pour être opérationnel. Le **PROM-S** pourra alors accueillir l'ensemble de l'équipage (6 ou 7) en mode dégradé et 3 personnes en mode nominal. Dans son mode opératoire nominal, le Rover supportera un minimum de 8 excursions scientifiques à partir du lieu d'atterrissage permettant aux astronautes d'explorer, sur une durée de 15 jours par sortie, des sites remarquables comme le fond de Valles Marineris et ses sédiments, les cratères où l'on voit des ravines (sortie d'eau gelée) récentes voire actives, les volcans de Tharsis comme Arsia Mons ou Olympus Mons, la calotte polaire boréale avec sa stratification de glace et les plaines périphériques. Au cours de ces missions, l'équipage à bord du **PROM-S** doit posséder tout les outils et matériels d'analyses nécessaires à :

- La recherche de la vie présente ou fossile.
- L'évaluation des ressources en eau du sous-sol.
- La chimie du sol.
- La géophysique par l'établissement d'un réseau de sismomètres et de thermocouples pour mesurer le gradient « géo » thermique du sol.

Le **PROM-S** peut donc être vu comme un laboratoire mobile d'exploration habité sur Mars et, à ce titre, il sera chargé des missions suivantes :

- Emmener un équipage de 3 personnes sur des sites d'intérêt dans des conditions de confort adaptées à la durée du séjour.
- Collecter et stocker des échantillons remarquables à analyser au retour dans le Hab.

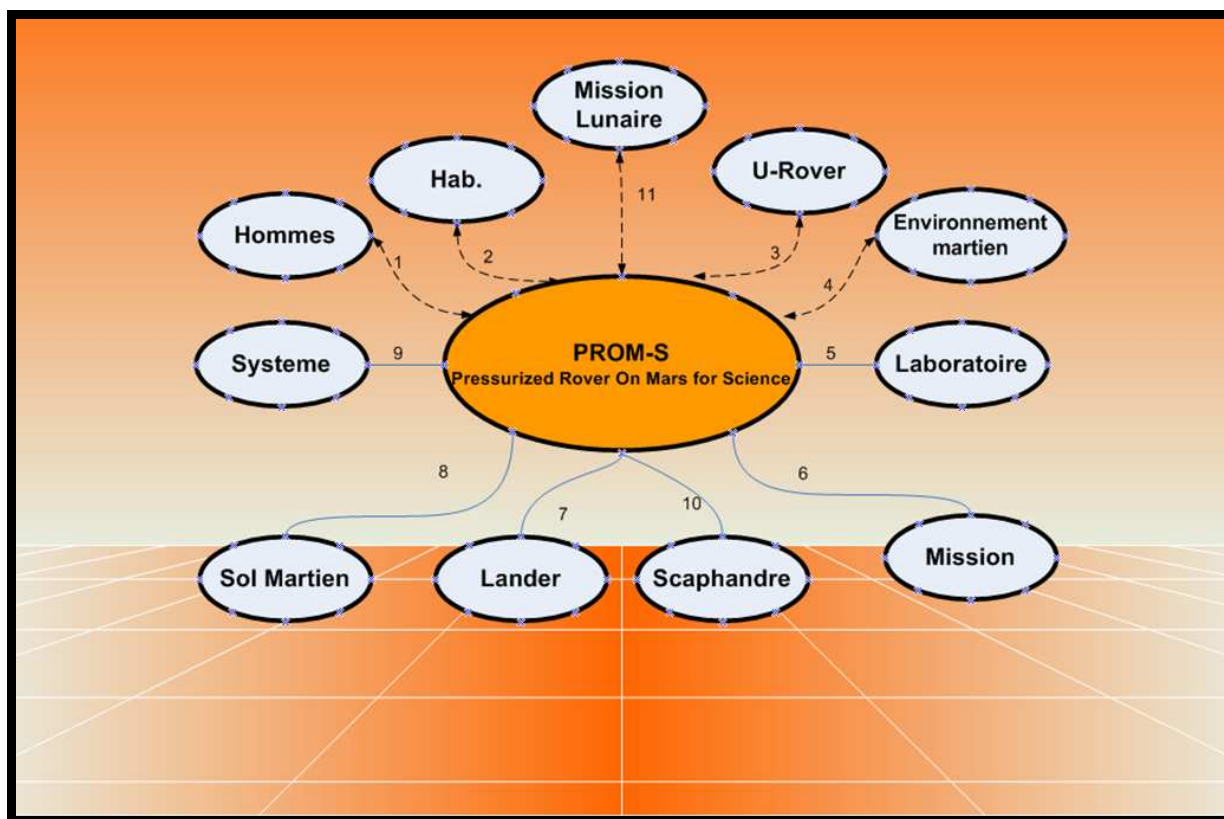
Mars étant une planète jumelle à la Terre, le **PROM-S** fait la promesse d'apporter des réponses aux questions relatives à la vie et à la formation des planètes telluriques.

Fondamentalement **PROM-S** est un véhicule terrestre, donc faisant a priori appel aux métiers et concepts habituels de l'automobile si ce n'est qu'il travaille dans les conditions spatiales et qu'il doit répondre à des exigences de sécurité totalement nouvelles. C'est aussi un habitat, et le volet habitabilité & ergonomie de l'étude est tout à fait essentiel. Enfin, la conception doit intégrer la vision des scientifiques concernant le travail de terrain qu'il y aura à accomplir et les besoins engendrés au niveau du véhicule. Le grand nombre et la diversité des fonctionnalités du **P-Rover** impliquent un travail d'optimisation de la conception qui conduit à envisager une expérimentation de terrain, dans des conditions aussi représentatives que possible. L'étude devrait donc susciter la réalisation d'un véhicule de simulation, destiné à effectuer des campagnes d'essai avec des utilisateurs scientifiques et des ingénieurs, mis en situation de formuler des observations pertinentes.

Un tel véhicule de simulation n'aura pas besoin de représenter l'ensemble des contraintes d'environnement réelles, ni de recevoir des équipements tous réalisés selon des technologies « vol ». Ce qui est essentiel, c'est de pouvoir simuler, dans un contexte raisonnablement représentatif, les différentes fonctions à remplir et les principaux scénarios opérationnels, tant nominaux que dégradés (cas de panne). Ainsi, si une motorisation par moteurs électriques et pile à combustible est retenue dans le projet, la simulation ne perd absolument rien de son intérêt si elle est contrainte - pour des raisons de budget ou de disponibilité d'équipements - à se contenter d'une motorisation courante (moteur à explosion). Mais, bien entendu, le véhicule de simulation sera un excellent support pour tester, là aussi dans les meilleures conditions de représentativité, ce type de technologies.



Nous avons tenté dans les impressions écrans suivantes de suivre les premiers pas de l'analyse fonctionnelle du système. Après avoir dressé une carte de l'environnement relatif au PROM-S nous avons établi un tableau descriptif des fonctionnalités. Les lacunes de ce dernier démontrent que les réponses ne viennent pas d'elles-mêmes lorsque les problèmes ne sont pas correctement formulés. Néanmoins ces documents vous aideront à mieux appréhender le système et vous permettront, je l'espère, d'entrer plus rapidement dans le vif du sujet.



FONCTIONS	CRITERES	SOLUTIONS TECHNIQUES GENERALES
(1) Doit pouvoir interagir avec l'homme		
Accéder facilement depuis l'extérieur	Présence d'accès au véhicule Présence d'interface de transfert d'atmosphère	Sortie avec scaphandre dorsal + sortie vers sas hab. + Sortie sas de sécurité
Doit permettre à l'homme de vivre sans scaphandre		
Doit être pressurisé	Pression / volume / forme de l'enceinte	/ / sphère, ellipse
Recréer un mélange respirable	Respirabilité ?	1m3
Température acceptable	10 - 24 °C & en nominal [15,18]	
Posséder des ressources en eau potable	qté moyenne/homme * nbr homme * nbr j de sortie	5-15L/(3hommes*j) * 20J=300L=0.3m3
Résister aux Orages solaires	millisievert après traversé	refuge d'urgence dans réservoir d'eau
Posséder des sanitaires	WC mais pas de douches	
Posséder des couchettes	qté	2
Produire de l'électricité	Nucléaire, batterie, Panneau solaire de secours	
Posséder ressources en nourritures		
Doit pouvoir être commandé par l'homme		
commande manuelle et électronique	Redondance de sécurité	
commandé depuis l'extérieur	Commande mobile et ergonomique	
commandé à distance	sur site, depuis le hab, depuis la terre (temps différé)	Autonomie de navigation (à préciser) Capacité à trouver le meilleur trajet par rapport à une base de donnée géomorphologique Sondage immédiat du terrain pour trouver la meilleure solution locale de passage/franchissement
pouvoir être piloté sans charge de travail et fatigue excessive	confort (fonction du type de terrain) assistance à la navigation (à court et moyen terme)	Dans cockpit : Vision 3D reconstruite via caméras-écran +surfaces vitré panoramique (type meurtrière) de sécurité
Offrir une visibilité sur l'extérieur	Redondance de sécurité + résister pb pressurisation & milieu ext	
(2) Doit pouvoir interagir avec le Hab,		
Communiquer à distance	distance / débit / tps de réaction	Présence d'une Antenne circulaire
Communiquer physiquement sans scaphandre	Présence liaison (sortie Rover)/(sas Hab.)	Porte sur le coté
Echanges de ressources	accès depuis l'ext. des câbles	
(3) Doit pouvoir interagir avec le U-Rover		
Remorquer	Treuil arrière, Pt de force, sans patiner	
échanger de générateur depuis l'extérieur (scaphandre)	Posséder les mêmes générateurs modulables	
(4) Utiliser au mieux les ressources martiennes		
	Produire de l'eau -> pile à combustible (0.5l/KWh)	
	Produire de l'électricité -> panneau solaire	
	Produire un mélange respirable	
(4) Résister à l'environnement martien		
poussière abrasive	Résister à la corrosion, struct lisse	
Température	dégré / amplitude thermique	De -125 à +25 °C
Rayonnement		
(5) Doit répondre aux objectifs scientifiques		
Creuser le sol	Creuser jusqu'à 60 m (30 min) de profondeur Carotteuse simple (2-3m)	
Ramasser les échantillons	Ramasseur (bras articulé avec pelle et machoire)	
Stocker les échantillons	Posséder des caisses de stockage d'échantillon à l'ext.	
Ne pas polluer les échantillons	Stérilisation des matériaux en contact avec les échantillons	
(6) Doit résister aux différentes phases de la mission		
Lancement	Stérilisable/ambiance thermique/vide/vibration/ accès	
Traversée		
Atterrissage		
Exploration		
(7) Doit pouvoir interagir avec le Lander		
Etre transporté	Taille approprié L * l * h (en m) Poids approprié (tonne) Accroches	4 * 2.5 * 2.5 (h=2.5m roues non déployés) 6 t
Faire le plein en LOX/CH4	Accès facile des câbles	
(8) Doit se déplacer sur le sol martien		
ne doit pas être gêné par les pierres	Encaisse des pierres de 50cm de diam sans broncher doit passer sur pierres de 1m de diam	
Pousser/déplacer des objets	Poids, distance, tps de déplacement	bra(s) robotique (100KG, celle du bras, infini)
Ne doit pas patiner	patinage? Accroche au sol	
Ne doit pas se retourner	Si G(distance horizontale L, Hauteur H) de la roue Alors L/H >= 0.32 (Dans le cas où l'on ne retiens pas l'Athlete de la NASA)	
Ne doit pas s'enliser	Pression au sol	6 roues de grand diamètre
Favoriser l'autonomie (gestion de l'énergie de bord et de la propulsion)	Puissance spécifique (kW/kg), Conso spécifique (kg/kW/s)	
(9) On doit pouvoir réparer tout système depuis l'intérieur		
Système électronique	Présence de regards accessible et pressurisé	
Système de pressurisation	à l'intérieur du Rover (ie Dans l'enceinte pressurisée)	
Système de commande		
Système de communication		
(10) Doit être adapté aux E/S avec scaphandre		
Place rangement scaphandre nominal	3 scaphandres en nominal	3 Scaphandres accolés à l'extérieur du Rover
Place rangement scaphandres secours	3 Scaphandre en mode secours	
Place rangement scaphandre sécurité sortie	scaphandre de sécurité	Place Pour 2 scaphandres de sécurité à L'arrière
Protection scaphandre	Protection extérieur des scaphandres	
Accès aisé	Facilité d'accès	Plateforme arrière + marches d'escaliers
(11) Doit pouvoir être adapté au contexte lunaire sans modifications fondamentales		
Doit être adapté à d'autres conditions environnementales relatives à l'utilisation de P-Rover dans le programme Constellation NASA	...	EN FONCTIONNEMENT, pas uniquement en stockage comme pendant le transit
	En Or, les fonctions et solutions nécessaires aux designers	

De surcroît, une sur - fonction sécurité n'a pu être représenté dans le tableau. En effet, la prise en compte de la sécurité de l'équipage est déterminante pour la conception, non seulement au niveau des équipements, mais aussi vis-à-vis des choix d'architecture du système et de l'élaboration des procédures d'utilisation (nominales et dégradées). Les exigences de fiabilité, qu'il convient de soigneusement identifier, ne sont pas suffisantes. Il faut y superposer des exigences de réparabilité, qui mettent à profit la présence d'opérateurs humains. Enfin, l'architecture du système doit être conçue de façon à offrir un maximum de « scénarios de repli » permettant, en cas d'avarie sérieuse, de terminer, en toute sécurité, l'opération en cours au prix, d'éventuelles conditions dégradées. Une des options les plus évidentes de ce point de vue est de prévoir d'emblée deux Rovers redondants. Il faut néanmoins analyser s'il n'y a pas moyen d'atteindre le même résultat de façon plus économique en masse et encombrement.

A la base de l'effort de conception, l'analyse fonctionnelle, phase de vie par phase de vie, devra donc prendre en compte non seulement les spécifications de besoin et les contraintes d'environnement opérationnel, mais également le souci d'imaginer des parades au plus grand nombre de défaillances imaginables.



L'ampleur du Projet PROM-S exige une analyse fonctionnelle minutieuse vitale pour son utilisation future et sa pérennité. Il est donc demandé d'apporter les outils d'analyse nécessaires au bon déroulement de cette phase de conception du projet après étude du présent dossier. Ces outils doivent nous permettre de visualiser clairement et rapidement

- La hiérarchie des fonctions.
- Les relations fonctions – organes.
- Les algorithmes d'utilisation en mode nominal et dégradé.

D'autre part, de nombreux éléments seront probablement à retoucher dans un avenir proche, avant la réalisation du PROM-S, compte tenu de l'avancement des études techniques par les Ing2. C'est pourquoi il serait utile de disposer d'une solution informatique de suivi des diagrammes du CDCF tout au long du projet.



Glossaire

Lander : Module d'atterrissage

MAV : Mars ascent vehicle ou Véhicule de remonté atmosphérique de Mars

HAB : Habitat martien (Base fixe)

ERV : Earth Return Vehicle

CDCF : Cahier Des Charges Fonctionnelles

CEV : Crew Exploration vehicle

DRM : Design Reference Mission

ESAS : Exploration System Architecture Study

P-Rover : Pressurized Rover

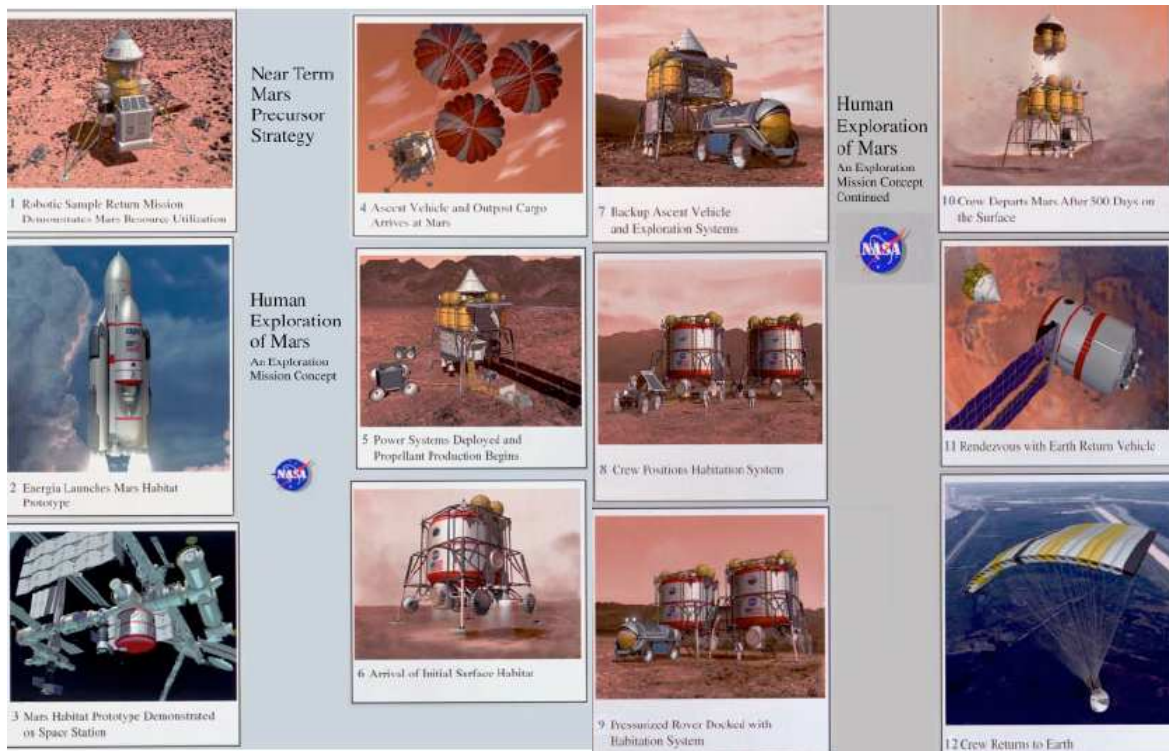
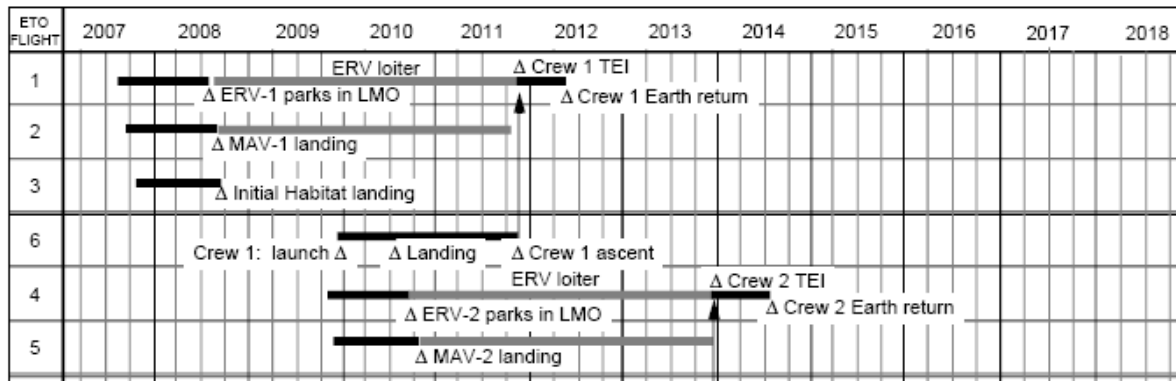
U-Rover : Unpressurized Rover

TEI : Trans Earth Injection

LMO : Low Mars Orbit

DRM 3

Séquence générale des étapes relative à la première mission sur Mars



Remarques : Ne vous fiez pas au lanceur Energia (illustration numéro 2) retenez l'ARES V.
Ajoutez au moins 20 ans au planning de mission.

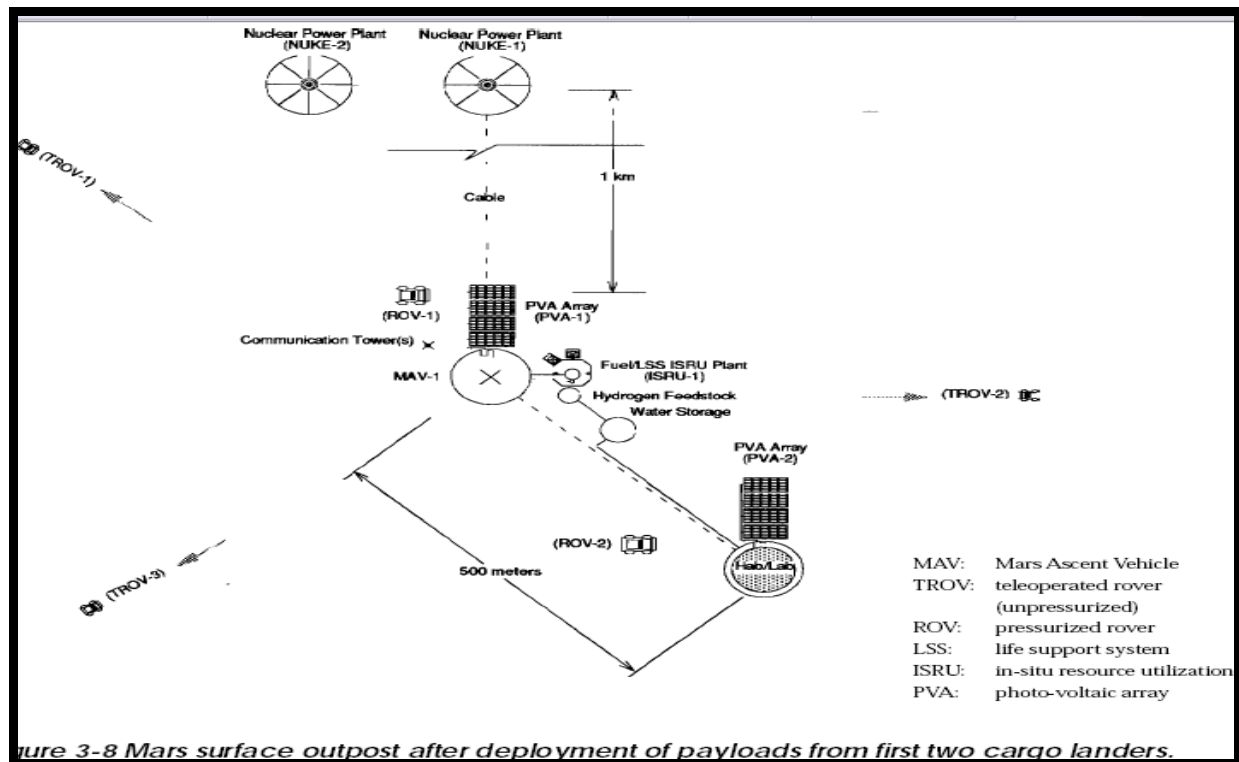
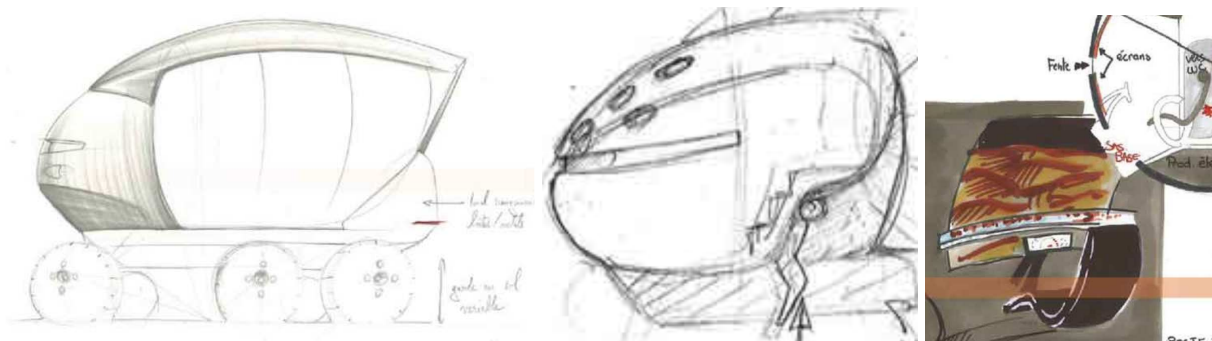


Figure 3-8 Mars surface outpost after deployment of payloads from first two cargo landers.

Architecture générale



Châssis solution mobilité Rover (Athlète NASA)



Pour gagner en poids et en volume nous avons fait le choix d'un véhicule déployable et gonflable. Seul le cockpit forme une partie rigide: Il recevra tous les équipements et systèmes de navigation et d'habitabilité durant son trajet vers Mars.

Ces planches ne forment pas l'architecture définitive mais en donne une idée générale.



Formulaire projets

FICHE DE SYNTHÈSE : PROJET DE DEVELOPPEMENT INGE3 Date :

TYPE DE RECHERCHE : **Interne IPSA**

☐ Industrielle

Associatif

Intitulé du projet : Analyse fonctionnelle d'un Rover martien pressurisé

Motivation de l'étude :

L'association Planète Mars (section française de la Mars Society) s'est donné pour objectif la réalisation à l'échelle 1 d'un Rover pressurisé dont l'existence est spécifiée dans la Design Référence Mission de la NASA.

L'IPSA (par l'intermédiaire d'une association créée pour l'occasion par Yohan Huguet Ing 1) pourrait mener à bien se projet.

Les objectifs à atteindre : Rédaction d'un Cdcf détaillé

Nombre d'étudiants nécessaires au bon avancement de l'étude : 3

Ce projet peut-il être confié à IPSA Junior ? oui non

Confidentialité : oui non

DESCRIPTIFS ET RESULTATS ATTENDUS

7 personnes travaillent sur ce projet :

Richard Heidmann -> Président de Planète Mars

Pierre Brulhet -> Architecte base de recherche martienne MDRS (Mars Desert Research Station)

Olivier Walter -> Architecte MDRS & professeur en 5eme année au Strate Collège (Design Industriel)

Lionel Païs -> Designer industriel

Franck Marodon -> Ingénieur, DGA

Alain Souchier -> Ingénieur, SNECMA & vise président Planète Mars

Yohan Huguet -> Elève IPSA Ing1

Phase de conception :

Actuellement nous détaillons les besoins de la mission sur mars et 4 équipes de designers proposent des modèles d'architecture du véhicule.

Nous livrerons donc pour l'étude demandée

*un cahier des charges global du Rover.

*L'environnement détaillé du Rover.

*des vues d'artiste de l'architecture générale du système.

Spécificités du projet :

*Certaines solutions techniques sont déjà établies (ex : 1 pile à combustible/ Roue & 6 roues).

*L'architecture globale est définie avant le CDCF.

Résultats Attendus :

*CDCF papier.

*Solution informatique de suivie des diagrammes du cdcf.

Organisation du travail :

*Réunion hebdomadaire.

*Site internet de discussion.

INTITULE DES JALONS	PLANNING A RESPECTER
Lecture compréhension du dossier livré & Mise en place du logiciel d'aide à l'analyse fonctionnelle	Fin Décembre – Mi Janvier
Analyse et correction des failles éventuelles du dossier & Rédaction du CDCF	Mi Janvier –Fin Février

LE PROFIL DE L'ETUDIANT :

Option : CSS

Département d'appartenance :

Pré requis (logiciel, autres) :

LES MOYENS

Les moyens disponibles pour la réalisation du projet :

Les moyens à mettre en oeuvre pour la réalisation du projet :

Documentation disponible : IPSA & Planète Mars

L'ENCADREMENT

Le tuteur : Mr Nadalon

Eventuellement la Société :

Email : Téléphone :

Disponibilité du tuteur :

Encadrement des étudiants sur les outils et/ou les moyens au quotidien : ☐i ☐n

Nom de l'étudiant :	Signature
Nom de l'étudiant :	Signature
Nom de l'étudiant :	Signature
Nom de l'étudiant :	Signature

Richard Heidmann
Président de l'association Planète Mars

Yohan Huguet
Chef de projet PROM-S