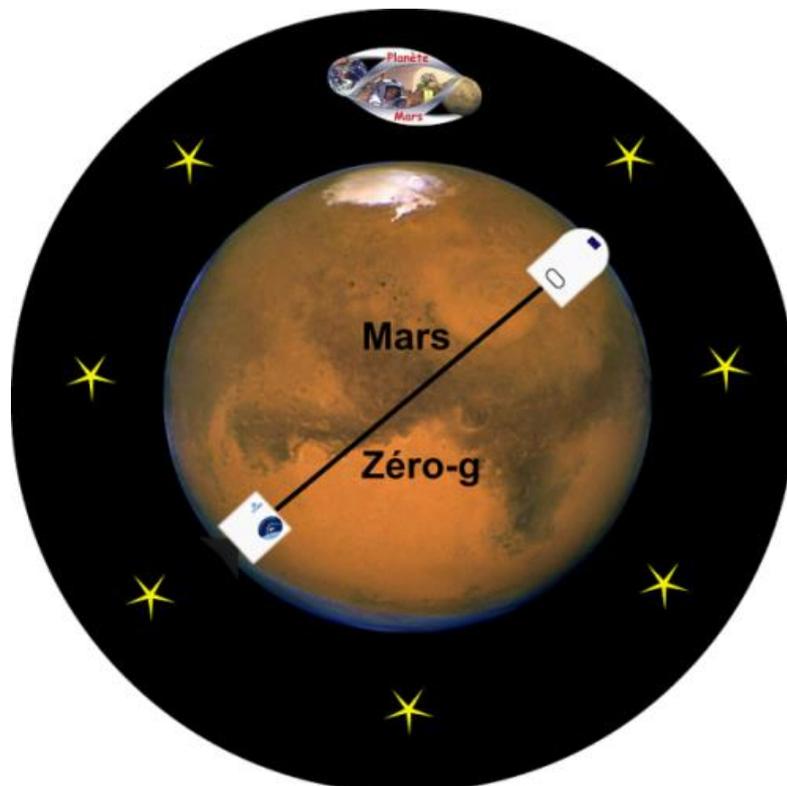




## Dossier de presse

# Projet MARS ZERO-G : Déploiement d'un démonstrateur en micro gravité



Antoine DAVOST, Odon De FRANCQUEVILLE,  
Céline HOFFMANN, Denis LE GOFF, Vincent MARTINOT,  
François NOYEZ, Yutaro ONO, Victor VAUDAUX

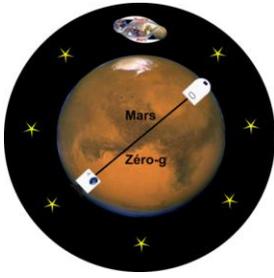
Nous contacter :

Mail : [projet.mars.zero.g@gmail.com](mailto:projet.mars.zero.g@gmail.com)

Tél : +33 6 77 35 76 02 François Noyez, Chef de projet

+33 6 73 63 94 69 Denis Le Goff, Responsable réalisation technique

Website: [www.marszerog.fr](http://www.marszerog.fr)



## Introduction

Lors d'un séjour dans l'espace, les astronautes souffrent de l'absence de gravité. Ce n'est pas sans conséquences sur leur santé, notamment dans le cas de longues missions telles que le voyage d'un vaisseau habité vers Mars, dont l'aller simple dure six mois avec les technologies actuelles.

L'idéal serait de prévenir l'apparition de ces effets en générant, pendant le trajet, une gravité artificielle au sein du vaisseau. Une telle gravité peut, entre autres, être créée par la rotation du vaisseau ou d'une partie du vaisseau sur lui-même.

Le projet Mars Zéro-G consiste à construire un démonstrateur d'un vaisseau constitué de deux modules, l'un habité par les astronautes, l'autre servant de contrepoids. Les modules sont reliés entre eux par un câble enroulable.

L'objectif du projet est de valider le principe du déploiement et de la mise en rotation d'un tel vaisseau par un test à l'intérieur d'un avion capable de créer des conditions d'apesanteur.

Le CNES, Centre National des Etudes Spatiales, via son département « Projets Jeunes », met chaque année quelques places dans l'A300 Zéro-G à la disposition d'étudiants. Notre projet a déjà été retenu pour la campagne de vols paraboliques d'octobre 2012 mais, au vu des délais rencontrés par notre projet, nous n'avons pu y participer. Le CNES nous a invités à

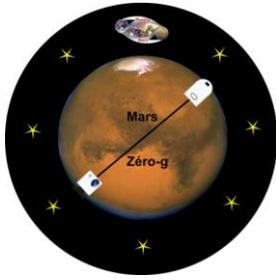
candidate de nouveau pour la campagne de vol 2013, à laquelle nous participons finalement.

Nous testerons ainsi notre expérimentation, dont la conception et la réalisation font l'objet de ce dossier, le mercredi 9 octobre 2013.



*L'A300 Zéro-G, propriété de NOVESPACE*





## But de l'expérimentation

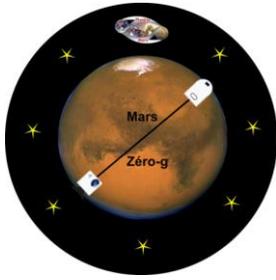
Nous avons conçu et réalisé cette maquette constituée de deux modules reliés par un câble. La mise en rotation des deux modules autour du centre d'inertie du vaisseau génère au sein de ce dernier une accélération d'inertie assimilable à une « gravité artificielle » pour ses occupants.

Le but du projet Mars Zéro-G est de valider le principe du déploiement d'un tel vaisseau, c'est-à-dire de montrer qu'il est possible de l'amener jusqu'à son mouvement de croisière. L'expérimentation consiste à mettre le démonstrateur en rotation dans l'avion et à initier le rapprochement des deux modules, puis à vérifier que ce rapprochement peut aboutir à un régime de rotation stable. Pour réaliser cette étude, nous prendrons des vidéos de l'expérimentation, et nous mesurerons l'accélération d'inertie générée à l'extrémité du module « habité » du démonstrateur.

La campagne de vol est commandée par le CNES à la société NOVESPACE, et utilise l'Airbus A300 Zéro-G, que gère NOVESPACE. Elle donne l'occasion à de nombreux chercheurs de réaliser des expériences nécessitant des conditions d'impesanteur. C'est donc une grande chance pour nous, étudiants, d'accéder à de tels équipements pour tester notre dispositif.



*Vue d'artiste du vaisseau*



## Principes physiques

Faire tourner les deux modules qui constituent le vaisseau autour du centre d'inertie de ce dernier génère une « gravité artificielle » à l'intérieur. Cette gravité que ressentent les astronautes est l'accélération d'inertie, une force qui est créée par le mouvement de rotation d'un objet par rapport à un point fixe.

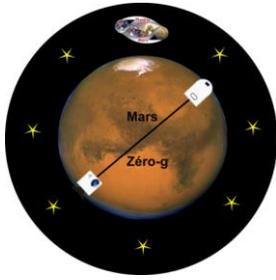
Ici, le vaisseau tourne autour de son centre d'inertie G, un point situé sur le câble reliant les deux modules. L'intensité de l'accélération d'inertie générée au niveau du module habité augmente avec la distance de celui-ci au point G, ainsi qu'avec la vitesse de rotation du vaisseau sur lui-même.

Pendant le voyage, nous voudrions que cette intensité soit la même que celle ressentie sur Mars pour qu'il n'y ait pas de temps d'accoutumance à l'arrivée sur la planète Mars. Il y a en théorie une infinité de couples (distance  $\lambda_1$  du module habité à G ; vitesse de rotation  $\omega$  du vaisseau) permettant d'obtenir l'intensité de la force d'inertie désirée.

Néanmoins, en raison du coût et de la difficulté de contrôler le système, la distance entre les deux modules ne peut être trop grande. Par ailleurs, une vitesse de rotation trop élevée entraînerait de fortes variations de l'intensité de la gravité artificielle à l'intérieur du module habité. Celle-ci serait par exemple bien plus faible dans la partie

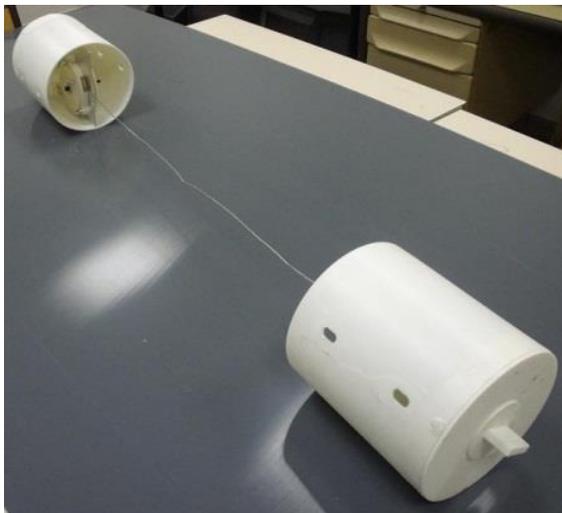
haute d'un module, plus proche du centre d'inertie du vaisseau, que dans la partie basse ; une situation très inconfortable pour les astronautes. Il y a donc une plage limitée de valeurs du couple permettant d'atteindre l'intensité de gravité artificielle désirée.

Dans la réalité, afin de limiter l'énergie nécessaire pour mettre le vaisseau en rotation, il faudrait qu'initialement les modules soient séparés par une distance supérieure à la distance finale. Les moteurs utiliseront ainsi peu d'énergie pour la mise en rotation. Grâce au principe de conservation de l'énergie cinétique, il suffira de rapprocher les modules, en enroulant une partie du câble, pour augmenter leur vitesse de rotation. Ce principe est bien connu des patineurs, par exemple, qui rabattent leurs bras le long du corps pour tourner plus rapidement sur eux-mêmes.



## Le dispositif expérimental

Il est constitué du démonstrateur – la maquette du vaisseau - et du lanceur. Le démonstrateur est composé de deux modules de forme cylindrique reliés par un câble métallique.



*Maquette du vaisseau*

### Caractéristiques du module 1 :

- représente le module habitable
- 1,25 fois plus massif que le module 2
- contient un accéléromètre et des masselottes ainsi que le système {poulie + ressort}, qui permet de tendre et de ré-enrouler le câble, donc d'attirer les deux modules.

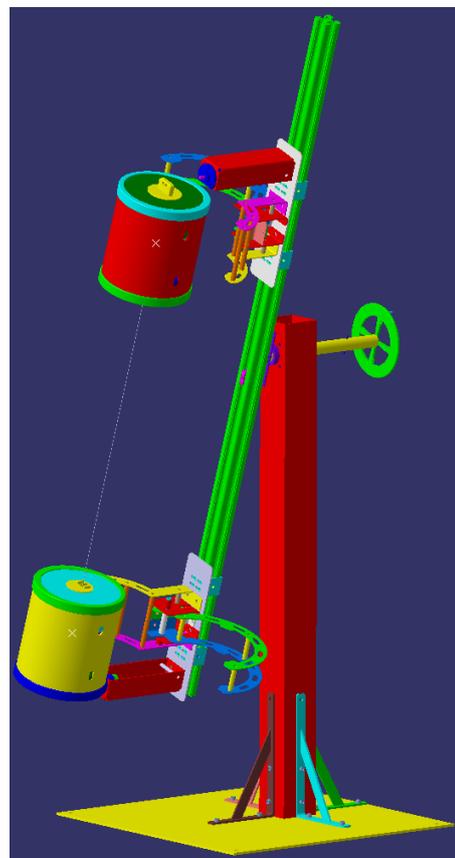
### Caractéristiques du module 2 :

- représente le contrepoids

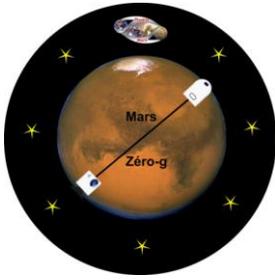
- contient un dispositif d'accroche du câble et des masselottes pour régler finement son poids.

### Caractéristiques du lanceur :

- bâti encastré au sol terminé par un bras vertical
- axe de rotation horizontal, terminé d'un côté par une manivelle, de l'autre par un bras sur lequel se trouvent les mâchoires devant maintenir en place les modules contenant une platine sur laquelle seront fixés les modules.



*Modélisation du dispositif expérimental sous CATIA*



## Description de l'expérience

L'expérience sera réalisée dans l'avion « A300 Zéro G » de NOVESPACE. Le dispositif sera enfermé dans un espace délimité par des filets, pour minimiser le risque que constituent des objets flottant librement. La durée d'impesanteur réelle durant une parabole est assez courte, environ 20 secondes, mais il y aura une trentaine de parabole durant le vol.

L'expérience se déroule de la manière suivante :

La maquette du vaisseau est mise en rotation via le lanceur mécanique, assimilable à une centrifugeuse. Les modules sont placés chacun dans une mâchoire qui sert à les maintenir en position pendant la phase de mise en rotation.

Une fois la vitesse de rotation initiale atteinte, les mâchoires s'ouvrent et libèrent simultanément les modules. Ces derniers se rapprochent alors sous l'effet du treuil contenu dans le module « habité », ce qui, en condition d'apesanteur, augmente la vitesse de rotation du vaisseau.

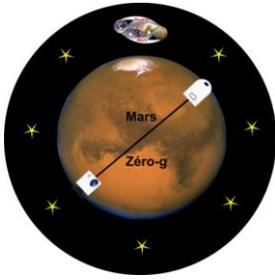
Cette augmentation de la vitesse de rotation vient progressivement contrecarrer l'effet du treuil, et finit par stopper le mouvement de rapprochement des

modules. Le vaisseau finit donc par atteindre une vitesse de rotation stationnaire.

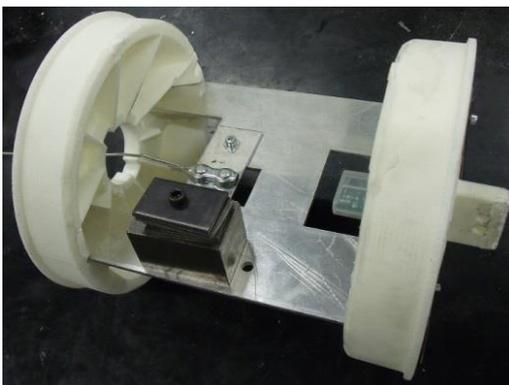


*Dispositif expérimental réel*

Le mouvement de rotation du vaisseau sur lui-même génère une gravité artificielle au sein des modules, dont l'intensité est mesurée par un accéléromètre situé à l'intérieur de chacun des deux.



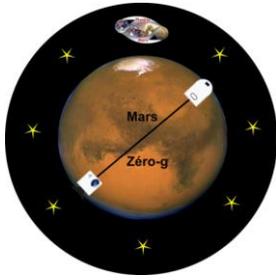
*Intérieur du module 1, dit « habité »  
(poulie et accéléromètre)*



*Intérieur du module 2, dit  
« contrepoids » (Attache du câble et  
accéléromètre)*

Voici le protocole expérimental simplifié de l'expérience :

- 1) Installation des caméras en haut du dispositif et sur le côté.
- 2) Mise en rotation du démonstrateur supportant les modules, à l'aide de la manivelle.
- 3) Au début de la phase d'impesanteur, libération des modules, qu'on désolidarise du lanceur.
- 4) Retrait du lanceur, afin de laisser le champ libre au démonstrateur.
- 5) Rapprochement des modules sous l'effet du treuil-ressort lié au câble qui les relie.
- 6) Quand la pesanteur revient, atterrissage du module sur le sol (recouvert d'une matière amortissante).
- 7) Récupération du système, remis en position pour un nouveau test. Si besoin, réglage des paramètres (tension du ressort, vitesse de rotation de la manivelle).
- 8) Récupération des données des capteurs sur une tablette graphique, pour qu'ils puissent enregistrer les données du test suivant.
- 9) Nouveau test, même procédure à partir de l'étape 2).



## L'origine du projet

L'Association Planète Mars, branche française de la Mars Society est à l'origine de l'idée. Son but est de promouvoir l'exploration de Mars par l'Homme. A cette fin, elle organise et soutient de nombreux événements ayant trait à la Planète Rouge.

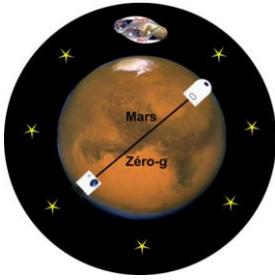
Ce projet a été présenté par M. Heidmann, vice-président de l'Association Planète Mars, à l'occasion d'une « bourse aux projets » effectuée au sein de l'Ecole Centrale de Lille. Le projet nous a immédiatement motivé : concevoir et réaliser un démonstrateur, le tester lors d'une expérimentation au cours d'un vol parabolique, ainsi que participer à la valorisation du projet de l'Homme de se rendre un jour sur Mars, nous apparaissaient comme des défis passionnants. Nous avons participé à une expérience scientifique de grande envergure, appris à utiliser des compétences diverses, tout en goûtant aux responsabilités qui sont celle d'un ingénieur-chercheur.



*Mars Society*



*Association Planète Mars*



## L'équipe



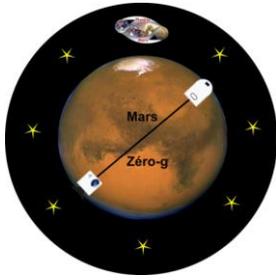
L'équipe projet est constituée de huit étudiants de l'Ecole Centrale de Lille. Chacun est responsable d'un aspect essentiel du projet, tout en travaillant avec les autres à leurs réalisations.

- François Noyez, chef de projet
- Yutaro Ono, Responsable planning
- Céline Hoffmann, Responsable valorisation
- Odon De Francqueville, Secrétaire & Responsable documentation

Présentation des membres, de gauche à droite et de haut en bas :

- Vincent Martinot, Responsable logistique
- Antoine Davost, Responsable risques et maintenance
- Denis Le Goff, Responsable réalisation technique
- Victor Vaudaux, Trésorier

L'équipe projet est par ailleurs encadrée par des enseignants de Centrale Lille, qui agissent en tant que consultants pour le projet.



## L'Ecole Centrale de Lille

Fondée en 1854 sous le nom d'Institut Industriel du Nord, l'Ecole Centrale de Lille est une grande école d'ingénieurs généralistes en 3 ans, après classes préparatoires. Elle fait partie du Groupe des Ecoles Centrales.

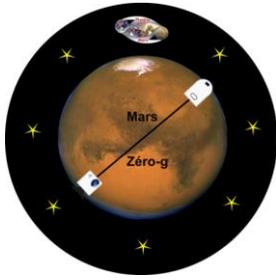
L'Ecole Centrale de Lille forme des ingénieurs généralistes et des ingénieurs spécialistes de haut niveau. Chaque année, ce sont près de 300 diplômés qui rejoignent l'encadrement de nombreuses entreprises. Elle s'affirme également comme un acteur incontournable de la Recherche au niveau international, national et régional. Elle intervient directement en tant que porteur ou partenaire dans six laboratoires (donc 4 affiliés au CNRS) et quatre laboratoires internationaux associés sont notamment rattachés à l'Ecole. La couverture thématique de ces laboratoires est très large et est en adéquation avec le caractère généraliste de la formation : Informatique industrielle, Electronique, Génie civil, Nanotechnologie / NEMS, Génie industriel, Acoustique, Modélisation d'entreprise, Génie des procédés, Mécanique des fluides, Mécanique des matériaux, Métallurgie, Génie électrique, Traitement de l'information, Automatique. Par ailleurs, l'Ecole est habilitée par l'Etat à délivrer en propre le diplôme de Master II dans 8 spécialités et le Doctorat. Chaque année, elle délivre une centaine de doctorants.

L'Ecole Centrale de Lille est membre fondateur du PRES Lille Nord de France.

Pour en savoir plus : <http://centrale.ec-lille.fr>



*Logo de l'école Centrale de Lille*



## Les projets d'étude

Ce projet est une composante essentielle de la formation ingénieur de l'Ecole Centrale de Lille. Tous les étudiants en première et deuxième année ont pour mission de mener à bien un projet, par équipe de six ou sept, s'étalant sur trois ou quatre semestres. La réalisation de ce projet étant nécessaire pour valider le socle commun, l'Ecole fournit des moyens matériels et humains, avec notamment une équipe d'encadrement. Le projet doit se réaliser en lien avec un client ou un partenaire, à qui le livrable réalisé par le projet doit bénéficier.

Cette activité-projet permet d'apprendre à appréhender les problèmes d'entreprise, les systèmes complexes et nouveaux, le travail en équipe, la prise de responsabilité, la conduite de réunion, la gestion de planning, de risque, de budget...

Une quarantaine de projets sont actuellement en cours de réalisation ou ont été réalisés, parmi lesquels la conception d'un dispositif permettant de provoquer des sensations tactiles à distance au moyen d'ultrason, la conception d'une prothèse de main myoélectrique pour enfant, la conception et réalisation d'un robot dans le but de participer à la Coupe de France de Robotique, etc...

## Conclusion

Nous menons ce projet depuis plus de deux ans, et touchons désormais au but. C'est l'un des enseignements les plus édifiants que nous avons reçu dans notre formation d'ingénieur. Contrairement à ce que nous avons pu faire jusqu' alors, ce projet ne se résume pas à une simple application de théories vues en cours : d'une part car il couvre de vastes domaines et fait appel à des compétences pour lesquels nous avons dû nous former nous-mêmes, et d'autre part parce que nous avons une responsabilité importante vis-à-vis de grands organismes tels que le CNES, NOVSPACE et l'Association Planète Mars. Ces responsabilités nous ont poussé à chercher, trouver et tester des solutions par nous-mêmes et ainsi avoir une idée précise de ce que signifie être un ingénieur.

Maintenant que la campagne de vol a commencé, nous prenons réellement conscience de l'ampleur du projet et de la chance qui nous a été donnée de participer à une telle mission. Nous sommes impatients de réaliser notre expérience et de pouvoir analyser les résultats que nous obtiendrons !