



# 1809-2009

**Deux siècles de science**

**Questions d'hier,  
réponses d'aujourd'hui,  
horizons de demain**

**L'homme dans l'espace en route pour Mars**

André Brack, CBM-CNRS, Orléans, Académie d'Orléans



## L'homme dans l'espace en route pour Mars



**« Les espèces qui survivent ne sont pas les plus fortes, ni les plus intelligentes, mais celles qui s'adaptent le mieux aux changements » – Charles Darwin**

Sur Terre, les humains se sont adaptés aux conditions les plus hostiles (température, pression, etc.) mais ils sont incapables de s'adapter à l'absence de pesanteur car cette dernière, due à la gravité terrestre, est omniprésente.



Dans l'espace, la pesanteur, compromis entre la force de gravitation de Newton et la vitesse de rotation de la Terre (1 200 km/h), diminue lorsque l'on s'éloigne de la Terre. **Dès lors, comment s'adapter?**



Sur Terre, on peut être en micropesanteur en vol parabolique ou en chute libre dans le vide, mais seulement pendant des temps très courts.



25 secondes

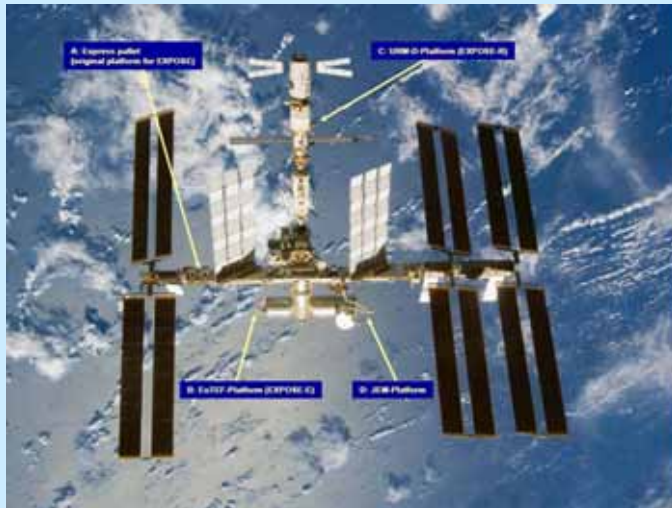


110 m

4,7 secondes

La solution: se placer en orbite terrestre.

La Station Spatiale Internationale, à une altitude de 350 km et à 27 700 km/h, compense la gravité terrestre par la force centrifuge de sa rotation autour de la Terre



Le 12 avril 1961, Youri Gagarine devient le premier homme à revenir vivant de l'orbite terrestre.



Youri Gagarine

Depuis, le record de séjour dans l'espace est détenu par Valeri Poliakov avec 14 mois passés à bord de la station MIR



Valeri Poliakov



Dans l'espace, tout se complique, surtout à cause de **l'absence de pesanteur**:

-Les otolithes (particules de calcium) et les canaux semi-circulaires de l'oreille interne ne permettent plus de positionner la verticale et de ressentir les mouvements du corps. Maux de tête, nausées, sensation de désorientation. Ce « **mal de l'espace** » est généralement temporaire (2 jours)

-**Fragilisation des os**: perte de près de 0,5% par mois de calcium et de certains phosphates des os qui portent le poids du corps (ostéoporose). Risque de calculs rénaux à très long terme

-**Atrophie musculaire**: certains muscles n'ont plus à s'opposer à la gravité terrestre et s'atrophient (douleurs musculaires et ligamenteuses)

-Action sur le **système cardio-vasculaire**. Une quantité importante de sang (1,5-2 litres) s'accumule dans la partie supérieure du corps, interprétée comme une augmentation du volume sanguin entraînant une élimination urinaire massive

-Diminution du nombre de **globules rouges** (problème si blessure ou hémorragie)

-Affaiblissement du **système immunitaire**: diminution du nombre de lymphocytes T (bactéries, virus et champignons microscopiques flottent en micropesanteur)

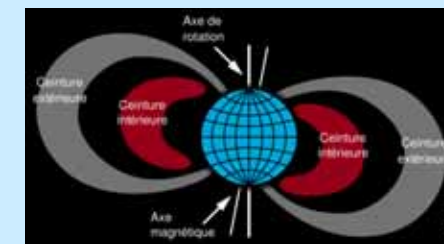
Attention, radiations!



Dans la station spatiale, l'équipage est soumis à un rayonnement équivalent à 2 radios du thorax par jour, soit 100 fois plus qu'au niveau de la mer. A partir de l'équivalent de 10 000 radios apparaissent des troubles graves (vomissement, perte d'appétit, fatigue, la mort à 20 000 radios). Action sur l'ADN, le système lymphatique, les gonades et la moelle osseuse.

Mais l'équivalent de 10 000 radios correspondrait à 5 000 jours en orbite, ce qui est très loin d'être le cas.

En orbite, le danger est réduit par les 2 ceintures de Van Allen qui bloquent une bonne partie du rayonnement qui baigne le milieu interplanétaire (vent solaire et rayons cosmiques).



### En route pour Mars!

Dans l'état actuel de la technologie, un vol habité vers Mars va durer au minimum 2 ans : 6 à 8 mois pour l'aller, environ 8 mois sur place pour attendre la bonne conjonction planétaire et 6 à 8 mois pour le retour.



Pendant toute la durée du vol:

- Plus de pesanteur
- Plus de protection contre les radiations (vent solaire, éruptions solaires, **rayons cosmiques**, traversée des ceintures de Van Allen). Le voyage A/R équivaut à 3 000 radios (danger à 10 000 radios!). Pour se protéger des rayons cosmiques (protons et atomes lourds très énergétiques) il faudrait des boucliers de plusieurs mètres, ce qui est impossible.
- Pas de secours ni dépannage possibles

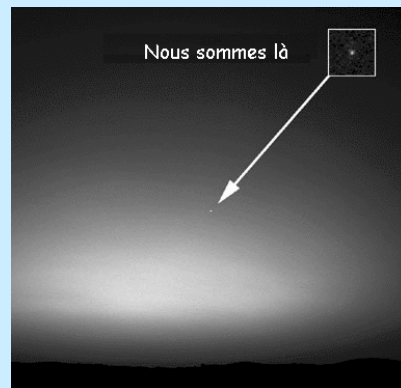
### Une fois sur place...la situation s'améliore un peu!

- Présence de gravité (un tiers de la gravité terrestre)
- La masse même de la planète élimine la moitié des rayons cosmiques (600 radios par an)
- L'atmosphère martienne, bien que ténue, offre une protection contre les éruptions solaires
- Les astronautes s'enfouiront sous plusieurs mètres de régolithe



### ...mais de très importantes contraintes psychologiques

- Confinement
- Absence d'intimité
- Risque permanent de dangers
- Isolement social
- Irritabilité, anxiété, dépression
- Recyclage total des denrées
- Effacement progressif de l'image de la Terre



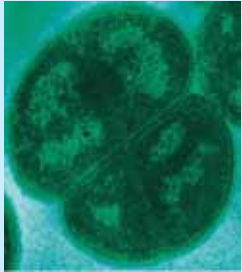
### Opération Mars 500

Au printemps 2009, 6 volontaires ont passé 105 jours dans un caisson isolé du monde extérieur, soumis à des simulations stressantes (lancement, voyage, arrivée, retour) et aux tâches qui seront demandées lors d'une future mission martienne. Les six volontaires ont gardé le moral, certains ont perdu la notion du temps. Début 2010, une autre simulation complète de mission vers Mars sera mise en place durant 520 jours.

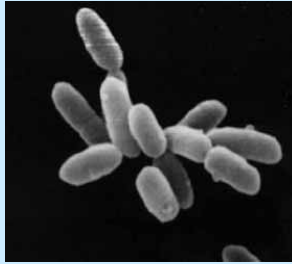


## Ecologie planétaire

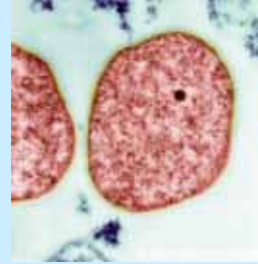
Ne pas contaminer l'environnement martien avec des bactéries que l'homme ne manquera pas d'apporter. (Il y a plus de bactéries dans un corps humain que de cellules humaines!)



*Deinococcus radiodurans*  
(3 000 fois >)



*Halobacterium salinarium*



*Sulfolobus archaea*  
hyperthermophile

## Toujours plus vite!

Il faut mettre en œuvre des moyens de propulsion plus efficaces que les traditionnels moteurs chimiques pour diminuer les risques.

### Le moteur nucléaire

La fission nucléaire chauffe de l'hydrogène à 2500°C qui est ensuite éjecté à haute vitesse ce qui permettrait de réduire la durée du voyage à quelques mois seulement.

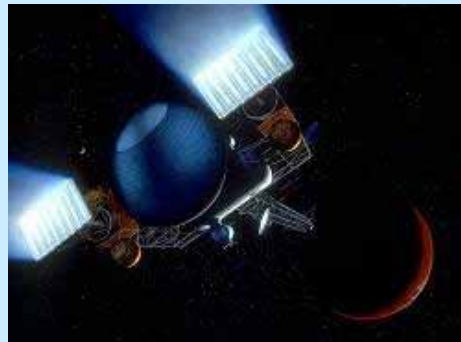
**Mais:** le nucléaire mal perçu par l'opinion publique



## Toujours plus vite!

### Les moteurs à ions

Ces moteurs plus puissants que les moteurs chimiques, consomment du xénon. Les atomes sont ionisés et les ions chargés positivement sont séparés des électrons avant d'être accélérés puis éjectés par un champ magnétique, ce qui produit en retour une poussée. En sortie de tuyère les ions positifs sont neutralisés par un flux d'électrons en émettant une belle lueur bleue.



## Toujours plus vite!

### Le moteur à plasma

Le plasma est un mélange d'électrons et de noyaux atomiques extrêmement chaud. Pour le confiner, il faut utiliser des champs magnétiques extrêmement puissants. L'hydrogène est ionisé et transformé en plasma grâce à des micro-ondes. Le plasma est ensuite accéléré avant d'être expulsé par une tuyère magnétique.

La poussée obtenue permettrait de rejoindre Mars en trois à quatre mois.



**Toujours plus vite!**

**Les voiles solaires: la solution écolo**

Le soleil émet en permanence des photons que l'on peut utiliser en déployant des voiles sur lesquelles s'exercera la poussée infime des photons solaires. Lentement le voilier spatial se mettra à accélérer. L'accélération sera minime au départ mais cumulée sur des dizaines d'années, elle pourra atteindre des valeurs phénoménales.

**Cependant...**

Les voiles devront être taillées dans un matériau à la fois très léger et très résistant et devront être déployées grâce à un mécanisme ingénieux.



**Une base lunaire comme étape intermédiaire?  
Vitesse de libération de 2km/s au lieu des 11km/s pour la Terre!**



**Photo prise par la sonde Rosetta le 27 février 2007  
à 250 km d'altitude (effet de fronde) évoquant ce  
que verra un astronaute regardant par le hublot.**



**Pourquoi prendre de tels risques?**

**Pour le plaisir de la découverte?  
Pour y planter un drapeau?  
Pour les paysages?**

**Peut-être...**

**Mais surtout...**

**Pour confirmer la présence de vie sur Mars**

