

Six ans d'expérimentations dans la station MDRS

La station de simulation Mars Desert Research Station (MDRS) de la Mars Society, opérationnelle depuis début 2002 dans l'Utah dans une zone sédimentaire correspondant à un océan de l'ère secondaire, a vu se succéder 63 équipages à fin 2007. On peut dresser un premier bilan de ces 6 années d'exploitation en distinguant 6 thèmes:

- Les facteurs humains, la psychologie, l'ergonomie
- La biologie
- La géologie
- La technologie
- Les méthodologies d'exploration
- Les sciences de l'atmosphère

Cette classification est schématique car de nombreuses expérimentations relèvent de deux ou plusieurs thèmes. Par exemple la recherche de micro-organismes vivant dans le sol traite également de considérations géologiques (dans quel type de roches et quel type de fractures trouve-t-on ces organismes ?) et de considérations ergonomiques (quelles difficultés les opérations en scaphandre apportent-elles ?).

On peut dresser une synthèse de ces expérimentations en gardant à l'esprit que cette présentation n'est qu'approximative. Outre la multidisciplinarité évoquée ci dessus, une expérience peut avoir plusieurs sous-thèmes. Par exemple, la recherche de micro-organismes hypolithes (vivant sous les pierres), endolithes (vivant dans les pierres), halophiles (vivant dans les milieux salés). On peut ainsi compter soit une, soit trois expériences. Dans la suite, le thème hypolithes/endolithes a été compté comme un seul sujet et le thème halophile comme un autre.

Les expériences reconduites d'une rotation sur une autre, même avec des améliorations, sont comptées pour une seule. Il en est par exemple ainsi des « mobile agents » de B. Clancey du centre NASA Ames (6 expérimentations en Utah) ou du véhicule de reconnaissance de paroi de l'association Planète Mars (7 expérimentations en Utah)

De 2002 à fin 2007 on recense ainsi 191 expérimentations dans la station MDRS :

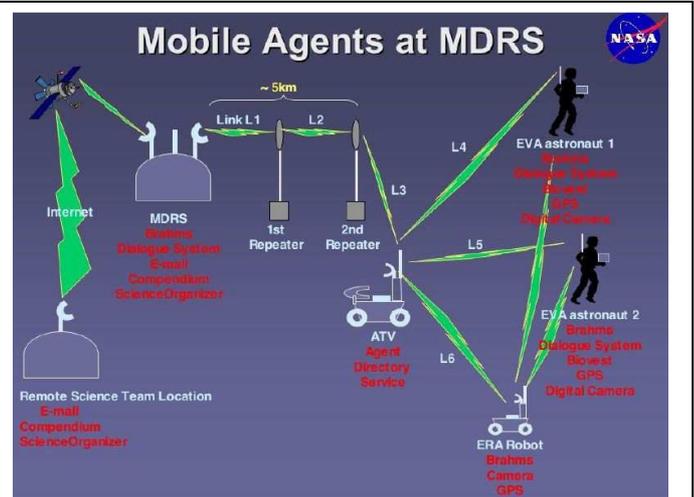
44 en facteurs humains, psychologie, ergonomie	soit 23%
54 en géologie	soit 28%
24 en biologie	soit 13%
36 en technologie	soit 19%
29 en méthodologie d'exploration	soit 15%
4 en sciences de l'atmosphère	soit 2%

Les paragraphes suivants visent à donner un éclairage sur certaines expériences réalisées et ne prétendent pas à l'exhaustivité. Les principaux expérimentateurs et leur organisme de rattachement sont indiqués en tête de paragraphe. Les images sont tirées de leurs rapports publiés sur le site de la Mars Society.

« Mobile Agents » (MDRS 5, 16, 29, 38, 41, 49) B. Clancey ; NASA Ames

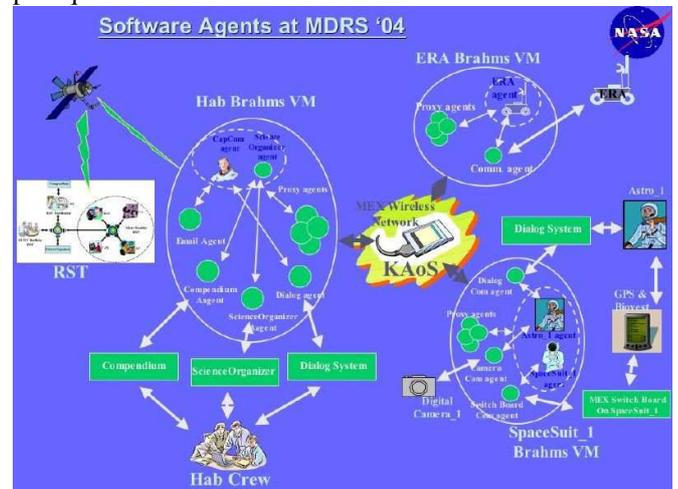
L'architecture du système « Mobile Agents » comporte 4 couches de logiciels (JAVA, Brahms, KaoS et Corba). Ce système permet les opérations en lien les uns avec les autres des ordinateurs transportés par les astronautes en scaphandres, de ceux situés dans l'habitat MDRS et de ceux d'une base arrière de scientifiques située ailleurs.

Le schéma montre le matériel, le réseau et les éléments du système. A droite figurent deux astronautes en opérations. L'ordinateur présent dans le pack dorsal des astronautes communique avec les autres grâce au logiciel Brahms.



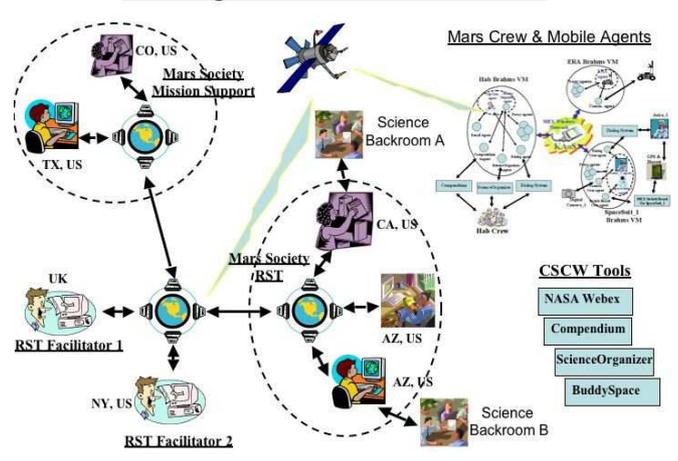
Le système « Mobile agents » de support aux astronautes en sortie d'exploration

L'astronaute parle avec son ordinateur en langage clair. Le GPS fournit la position à 2 cm près en fonctionnant en GPS différentiel. Le harnais biomédical porté par l'astronaute donne des informations sur son état de santé. Des appareils photo ou vidéo numériques peuvent être connectés à l'ordinateur portable qui enregistre des informations telles que l'emplacement de prise de vue (venant du GPS) et les commentaires de l'astronaute relatifs aux vues prises. Les vues sont transmises en temps réel à l'habitat et à la base arrière de scientifiques qui représente la Terre. L'ordinateur peut indiquer à l'astronaute un menu des activités qu'il peut réaliser ; l'astronaute choisit l'activité et le signale. L'ordinateur peut ensuite faire des remarques comme « attention le temps passé est trop long » ou « il ne vous reste plus qu'une heure de sortie ». Les astronautes sont



L'architecture logiciels

Mobile Agents Remote Science Team '05



accompagnés d'un robot mobile («rover » ou astromobile) en liaison permanente avec leurs ordinateurs portables. Le rover peut être utilisé en mode autonome ou interactif. En mode autonome il exécute une sortie selon un plan préétabli et transmet en temps réel ses informations et prises de vue à l'habitat. En mode interactif le robot assiste les astronautes dans leurs opérations. Il peut recevoir des commandes orales des astronautes ou de l'habitat ou des commandes formalisées sur une interface graphique par la personne qui suit la sortie dans l'habitat. Le rover peut prendre des images panoramiques, trouver son chemin vers des point prédéfinis par leurs coordonnées GPS, transporter les outils de l'astronaute et les échantillons recueillis. Sur ordre il peut imprimer une étiquette d'identification des échantillons. Il peut suivre de manière autonome l'astronaute en opérations. Il peut servir de relais de communications vers l'habitat si l'astronaute entre dans une zone où la liaison est masquée. Le véhicule tout terrain (ATV) qui a permis le déplacement sur le site peut également servir de relais de communications. A l'intérieur de l'habitat les logiciels utilisés stockent toutes les données et les retransmettent de manière asynchrone à la base arrière de scientifiques. En effet sur Mars les délais de transmission vers la Terre s'étendent, selon les positions respectives des planètes, de 3 à 20 minutes.



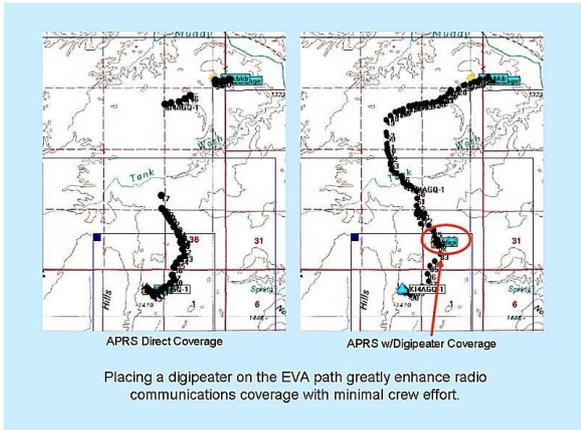
Sortie expérimentant le système « Mobile Agents »



Amélioration de la couverture d'une sortie par implantation de répéteurs sur points élevés (MDRS 37)

Jan Osburg, Kyle Brewster ; Georgia Tech

Le système Automatic Position Reporting System, APRS, permet l'envoi des coordonnées des astronautes en sortie à partir de leur GPS et la reconstruction de leur itinéraire sur



une carte. L'implantation sur un point élevé d'un répéteur, lors de la sortie, permet d'accroître la couverture du trajet.

Utilisation de ballons pour supporter un répéteur (MDRS 47) Jan Osburg; Georgia Tech

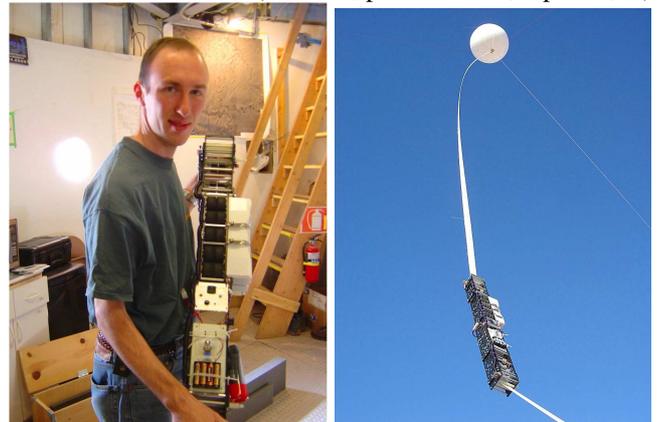
L'atmosphère martienne est raréfiée, la pression moyenne étant voisine de 7 mbar ; mais cela suffit à rendre viable l'utilisation de ballons. Leur volume, pour une même charge utile que sur Terre, doit être 77 fois plus élevé, ce qui correspond à des dimensions 4,3 fois plus grandes. Les expérimentations avec des ballons réalisées lors des missions MDRS sont effectuées avec des matériels non miniaturisés. Ainsi la différence de volume avec une véritable opération martienne pourrait être plus faible. Une division par 10 de la masse d'un système opérationnel se traduirait par un ballon de dimensions seulement 2 fois plus grandes sur Mars (volume 8 fois plus élevé).

Le ballon permet de se passer de l'implantation d'un répéteur sur un point élevé donc de l'« ascension » de ce point élevé. Il peut fournir aussi, par une altitude plus grande, une surface couverte plus importante. Dans les expérimentations MDRS 47, le ballon restait en position fixe.



Robot grimpeur sur corde de ballon pour observations diverses (MDRS 37) Jan Osburg Georgia Tech et LiftPort Group

En version opérationnelle, le robot grimpeur peut avoir des fonctions très diverses (mesures, prélèvements, répéteur,...)



Suivi de sortie par caméra transportée par ballon (MDRS 43) O. Walter et P. Brulhet ; Association Planète Mars

Les astronautes tractent le ballon qui réalise une cartographie photographique du chemin parcouru, ce qui permet en particulier de restituer le contexte de terrain dans lequel s'effectue la prise d'échantillons. La méthode peut aussi s'appliquer au transport d'un répéteur.



Ballon supportant une caméra et exemple de cartographie

Utilisation d'une caméra supportée par perche pour examen de zones inaccessibles (MDRS 43) Olivier Walter, Pierre Brulhet; Association Planète Mars



Micro caméra sur perche

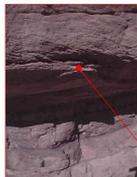


Cartographie d'une grotte dans une falaise

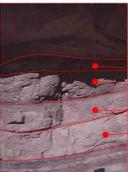


details 03

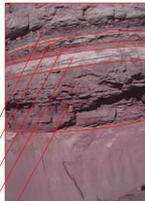
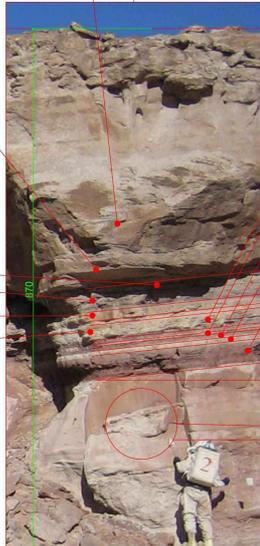
Utilisation de la caméra sur perche pour analyse stratigraphique



details 04



details 05



details C



details 01

Utilisation d'un sextant en scaphandre (MDRS 47)
Jan Osburg ; Georgia Tech



Essai de rover (MDRS 48) Equipe Austromars



Aides à la dextérité (MDRS 43) A. Souchier ; Association Planète Mars

Les opérations exigeant une certaine précision, l'actionnement de boutons, touches de petite taille, sont impossibles avec les gants des scaphandres. La dextérité de l'astronaute est très notablement augmentée en disposant des tiges ou ergots sur les doigts de gants. L'optimisation de la taille et de l'emplacement est recherchée de manière à permettre l'augmentation de dextérité tout en évitant de constituer une gêne.



Chambre à croissance de végétation LADA (MDRS 26)
Jamon Neilson ; Space Dynamics Lab et Utah State University

La chambre utilisée est identique à une chambre en service sur le segment russe de la station orbitale internationale ISS à partir de fin 2002.



Véhicule de Reconnaissance de Paroi VRP (MDRS 2, 7, 23, 39, 40, 43) A. Souchier ; Association Planète Mars

Les falaises et pentes fortes sont des livres ouverts sur des millions d'années d'histoire d'une planète. Mais leur accessibilité pour des astronautes en scaphandre n'est pas sans risques. Un véhicule de reconnaissance peut inspecter ces zones en partant de la partie amont, sous pilotage des astronautes. L'expérimentation a porté sur la manoeuvrabilité du véhicule et sa capacité à aborder des pentes au relief très varié tout en étant capable de franchir les obstacles à l'aller comme au retour de son trajet d'inspection.

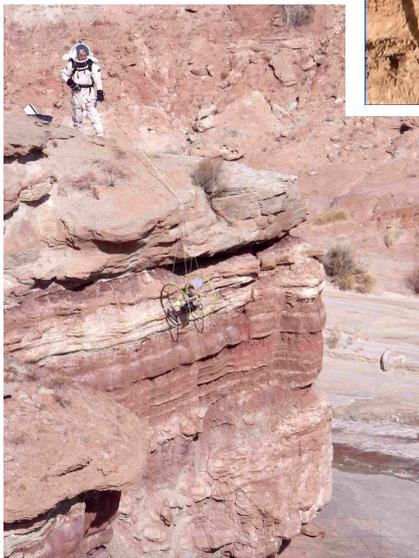
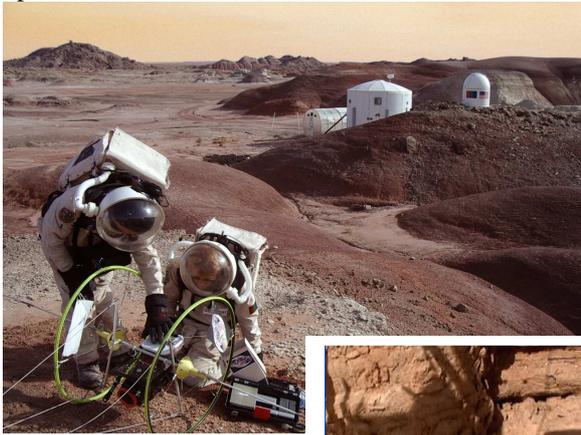


Image prise à bord du véhicule

Ici, à White Rock Canyon, des essais des versions successives 1, 2 et 3 du VRP ont été conduites strictement au même endroit lors des missions MDRS 2, 7 et 43 pour évaluer les améliorations apportées au véhicule.

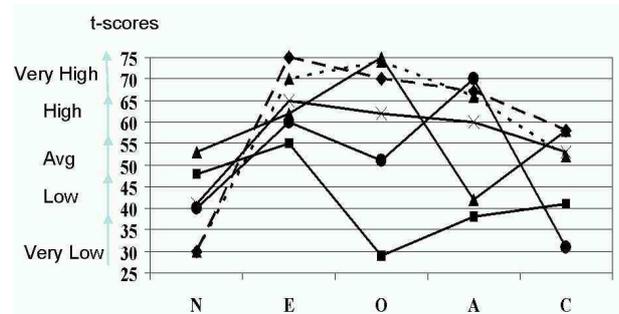
Analyse des activités de l'équipage (MDRS 43) R. Heidmann ; Association Planète Mars

Les équipages engagés dans des simulations sont, comme ceux engagés dans des missions réelles, soumis à un emploi du temps chargé. Pour optimiser la partie utile des activités, celle qui est consacrée à la production de résultats

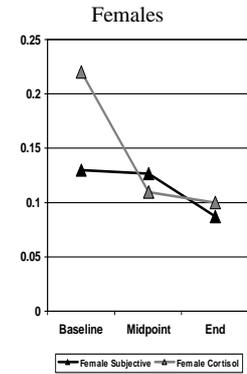
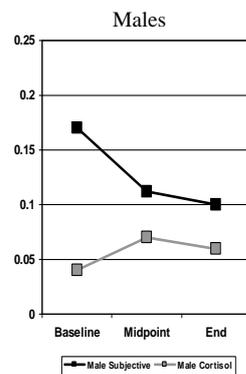
scientifiques et technologiques, il faut quantifier les temps passés à différents types d'activité. Les simulations posent particulièrement bien la question de la répartition de la mise en forme et de l'exploitation des données entre l'équipage et une base arrière au sol.

Synthèse	Heures	Pourcentage
Sommeil	437,43	30,9%
Personnel	105,78	7,5%
Social	180,29	12,7%
Maintenance	115,63	8,2%
Opérations/Intérieur	255,63	18,1%
Opérations/Extérieur	185,01	13,1%
Reporting	126,96	9,0%
Autres	9,27	0,7%
Total	1416,00	100,0%

Analyse de la dynamique de groupe de l'équipage (MDRS 6, 14, 26, 39, 40, 43) Sheryl Bishop ; University of Texas Medical Branch, Galveston, Texas, USA



Chaque membre d'équipage est caractérisé avant la mission par des caractéristiques de personnalité (Névrose, Extraversion, Ouverture à l'expérience, Agréable, Conscientieux)



Exemples de paramètres mesurés : le taux de stress réel à partir d'un dosage d'hydrocortisone (cortisol) et le stress subjectif tel qu'évalué par le sujet. Comparaison d'équipages 100% masculins et 100% féminins

A. Souchier

References 2001

-«Dispatches from the Flashline Mars Arctic research station. Learning how to explore Mars in the Canadian Arctic»; R. Zubrin; IAA-01-IAA.13.3.09; 52 th International Astronautic Congress, 1-5 October 2001, Toulouse.
 -"Feasibility of an active seismology method to detect subsurface water on Mars by a human crew: Summer 2001 Flashline MARS campaign first results and lessons learned"; V. Pletser, P.Lognonné,

M. Diamant, V. Dehant, K. Quinn, R. Zubrin, P. Lee; Proceedings Fourth Int. Mars Society convention; Stanford university, USA, 23-26 August 2001.

-“How astronauts would conduct a seismic experiment on the planet Mars”; V. Pletser; symposium on Geophysics and Space and Time Referentials on Earth Rotation; Belgium Royal Observatory, Bruxelles, 24-26 September 2001.

-«J'ai vécu dix jours sur Mars»; C. Frankel; Ciel et Espace, October 2001.

-«North to Mars»; R. Zubrin; Scientific American, June 2001.

-“Simulation of a manned Martian mission in the Arctic Circle”; V. Pletser; ESA bulletin n° 108 November 2001.

-“Subsurface water detection on Mars by active seismology: simulation at the Mars Society Arctic Research Station”; V. Pletser, P. Lognonné; M. Diamant, V. Ballu, V. Dehant, P. Lee, R. Zubrin; Proceedings Conference on Geophysical Detection of Subsurface Water on Mars; Abstract 7018; Lunar and Planetary Institute; Houston, 6-10 August 2001

2002

-“From the Earth to Mars”; Pascal Lee; The Planetary Report 22 n° 1; January/February 2002.

-“Impact Induced Microbial Endolithic Habitats”; C. S. Cockell, P. Lee, G. Osinski, G. Horneck, G. and P. Broady; Meteoritics and Planetary Science 2002.

-“Brahms Mobile Agents: Architecture and field tests”; Clancey W.J., Sierhuis M., Kaskiris C., and van Hoof R.; 2002; *AAAI Fall Symposium on Human-Robot Interaction*, North Falmouth, MA, November.

2003

-“En avant, Mars ! Chroniques de simulations martiennes”; Vladimir Pletser; Edition Labor; February 2002.

-“Exobiological Protocol and Laboratory for the Human Exploration of Mars: Lessons learned from a Polar Impact Crater”; C. Cockell et al.; Journal of the BIS.

-“Mars on Earth. The adventurers of Space pioneers in the High Arctic”; Robert Zubrin; Penguin; 2003.

-“Crew Experience at the MDRS”; J. Osberg; proceedings of the 33rd International Conference on Environmental Systems; Vancouver, Canada; SAE-2003-01 2539; July 2003.

-“Measuring Cognitive Performance of Planetary Analog Base Crewmembers”; J. Osburg, W. Sipes, E. Fiedler, SAE-2003-01 2539; July 2003.

- “Advantages of Brahms for specifying and implementing a multiagent human-robotic exploration system”; Clancey W.J., Sierhuis M., Kaskiris C., and vanHoof R.; 2003; Florida AI Research Symposium (FLAIRS).

2004

-“Paleoenvironmental interpretation of the Dakota sandstone as a Mars analog”; M. Battler; University of Waterloo; honour thesis; 2004.

-“Crew Experience at the Flashline Mars Arctic Research Station during the 2003 Field Season, J. Osburg; Proceedings of the 34th International Conference on Environmental Systems; Colorado Springs; CO USA; SAE 041 CES-31; July 2004.

-“Mars Analog Station Cognitive Testing (MASCOT): Results of First Field Season”; J. Osburg, w. Sipes; proceedings of the 34th International Conference on Environmental Systems; Colorado Springs; CO USA; SAE 041 CES-30; July 2004.

- “The mobile Agents integrated field test: The Mars Desert Research Station April 2003”; Clancey W.J., Sierhuis M., Alena R., Crawford S., Dowding J., Graham J., Kaskiris C., Tyree K. S., and vanHoof R.; 2004; Proceedings of Florida AI Research Symposium (FLAIRS); Miami; May. CD-ROM.

- “Mobile Agents: A distributed voice-commanded sensory and robotic system for surface EVA assistance”; Clancey W.J., Sierhuis M., Alena R., Crawford S., Dowding J., Graham J., Kaskiris C., Tyree K. S., and vanHoof R.; 2004; R. B. Malla and A. Maji (eds), Engineering, Construction, and Operations in Challenging Environments: Earth and Space 2004, Houston: ASCE, pp. 85-92.

2005

- “The LEONARDO and MONA LISA Missions: MDRS Crews 39 and 40”; Pacros A., Bishop S., Cutler N., Legault C., Trabucchi T., Sainte Marie C., Patricio R., Annes R., Bonnet M., Grillmayer G., Klaus K., Waldie J; Proceedings from the Mars Society Conference, Boulder, Co. USA, Aug. 15-18, 2005.

- “The LEONARDO and MONA LISA Project: A Comparison of

Homogeneous Male and Female Teams in a Mars Simulation”; Cutler N., Pacros A., Bishop S., Legault C., Trabucchi T., Sainte Marie C., Patricio R., Annes R., Bonnet M., Grillmayer G., Klaus K., Waldie J., Proceedings from the Australian Mars Exploration Conference (AMEC), Canberra, Australia, Aug. 19-21, 2005.

- “A Comparison of Homogeneous Male and Female Teams in a Mars Simulation”; Bishop S. L., Sundaresan A., Pacros A. Patricio R. Annes R.; Proceedings from the 56th International Astronautical Congress, Fukuoka, Japan, October 17-21, 2005.

-“Automating CapCom using Mobile Agents and robotic assistants”; Clancey W.J., Sierhuis M., Alena R., Berrios D., Dowding J., Graham J.S., Tyree K.S., Hirsh R.L., Garry W.B., Semple A., Buckingham Shum S.J., Shadbolt N. and Rupert S.; 2005; American Institute of Aeronautics and Astronautics 1st Space Exploration Conference, 31 Jan-1 Feb, 2005, Orlando, FL. Available as AIAA Meeting Papers on Disc [CD-ROM]: Reston, VA, and as an Advanced Knowledge Technologies Project ePrint [http://eprints.aktors.org/375]. Also in F. Crossman and R. Zubrin, *On to Mars: Exploring and Settling a New World. Vol 2*, Burlington, Canada: Apogee Books, 2005, CD-ROM.

2006

-“Heart Rate Variability during Simulated Space Extravehicular Activity”; Flouris A.D., Scott J. M., Bishop S.; Proceedings of the 2006 American College of Sports Medicine Conference, May 31 – June 3, 2006, Denver, CO.

-“Geomorphic Observations and Mars Analogs at Mars Desert Research Station”; H. I. Hargitai; MDRS 42; 2006.

-“Power System Agents: The mobile agents 2006 field test at MDRS”; W. Clancey NASA Ames, M. Sierhuis, R. Alena, J. Dowding, m. Scott, R.V. Hoof.

-“Crew 37. The first Single University Rotation at MDRS”; J. Osburg; July 2006; Clarke J.(Ed); Mars Analog Research American Astronautical Society Science and Technology Series; Vol 111, University San Diego; CA USA; AAS 96 252.

-“Field demonstration of surface human-robotic exploration activity”; Pedersen L., Clancey W.J., Sierhuis M., Muscettola N., Smith D.E., Lees D., Rajan K., Ramakrishnan S., Tompkins P., Vera A., Dayton T; 2006; AAAI-06 Spring Symposium: Where no human-robot team has gone before, Stanford, March.

- “Intelligence for human-robotic planetary surface robots”; Hirsh R., Graham J., Tyree K., Sierhuis M., and Clancey W. J.; 2006; In A. M. Howard and E. W. Tunstel (Eds.) *Intelligence for Space Robotics*, Albuquerque: TSI Press, pp. 261-279.

2007

- Science magazine hors série; Juin/ Juillet/Août; 2007.

- MDRS 43 Mission Report – Simulating a Martian exploration; document Association Planète Mars; release 10; 2/12/2007.

- “Countermeasures to stress and isolation related to long term working in extreme environments during Mars Analogue Missions in the Canadian Arctic: Measures and evaluation of support interventions based on distance communication technologies”; Lapierre Judith; 10th Annual Conv. of the Mars Society; Univ. of California L. A.; 2007-08.

-“Operational monitoring and analysis of space, time and schedule as part of a space analogue mission on Devon Island”; Lapierre Judith; 58th international astronautical congress. Hyderabad, India Space Research Organization, 2007-09.

-“Space Analogue Research: Challenges of the human factor's field based on crew's experiences in two different environments: Closed simulation and field simulation”; Lapierre Judith; 7th European Mars Society Conference, Faculty of Aerospace Engineering, Technical University, Delft - Netherlands, 2007-10.

-“Development of a Local Toponym System at the Mars Desert Research Station”; Henrik I. Hargitai, Hugh S. Gregory, Jan Osburg and Dennis Hands; *Cartographica* volt. 42, no. 2 / Summer 2007.