

Les aurores martiennes vues par Spicam/Mars Express

François Leblanc, Olivier Witasse, Jean Lilensten, P.-L. Blelly, J. Winningham, D. Brain, R. A. Frahm, Jasper S. Halekas, Jean-Loup Bertaux

► **To cite this version:**

François Leblanc, Olivier Witasse, Jean Lilensten, P.-L. Blelly, J. Winningham, et al.. Les aurores martiennes vues par Spicam/Mars Express. PNP Nancy 2006. Colloque du Programme National de Planétologie, Sep 2006, Nancy, France. p. insu-00366163

HAL Id: insu-00366163

<https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/insu-00366163>

Submitted on 14 Jan 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LES AURORES MARTIENNES VUES PAR SPICAM/MARS EXPRESS. F. Leblanc¹, Witasse O.², Liliensten J.³, Brelly P.-L.⁴, Winningham J.⁵, Brain D.⁶, R.A. Frahm⁵, J.S. Halekas⁶ and Bertaux J.L.¹

¹Service d'Aéronomie du CNRS/IPSL (Verrières-le-Buisson, France, francois.leblanc@aerov.jussieu.fr), ²Research and Scientific Support Department of ESA-ESTEC (The Netherlands), ³Laboratoire de Planétologie de Grenoble (Grenoble, France), ⁴Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement (Orléans, France), ⁵Southwest Research Institute (San Antonio, TX 78228-0510, USA), ⁶Space Sciences Laboratory (University of California, Berkeley, USA)

Introduction: Le 11 août 2004, le spectromètre UV SPICAM à bord de la sonde Mars Express, a réalisé la première observation d'une aurore martienne dans la nuit martienne [1]. Dans ce papier, nous rediscutons cette première observation, notamment grâce à une meilleure calibration de l'instrument, grâce à l'utilisation des données d'ASPERA-3 obtenues en même que l'observation de l'aurore par SPICAM et à l'utilisation de TRANSCAR un programme de simulation de l'airglow martien. Cette approche nous permet de discuter en détail la géométrie de l'observation et la population d'électrons susceptible d'avoir produit une telle émission. La conclusion de ce travail est que l'émission observée a été produite par des électrons de basses énergies (de quelques dizaines d'eV) plutôt que par une distribution avec des électrons de hautes énergies telle qu'elle a été récemment observée par ASPERA-3 [2].

Observations: Le spectromètre SPICAM canal UV fait partie de SPICAM Light Instrument composé également d'un canal IR. SPICAM UV a une bande spectrale de 110 – 320 nm avec une résolution spectrale d'environ 1.5 nm. C'est un instrument qui fonctionne pointé vers l'horizon perpendiculairement au vecteur vitesse du satellite lorsqu'il observe la haute atmosphère martienne [3] tout comme lors de cette observation de l'aurore martienne. L'intensité des principales émissions associées avec cette première observation d'une aurore martienne a été récemment re-évaluée grâce à l'utilisation d'une meilleure calibration du spectromètre SPICAM UV [2]. Notre estimation conservative pour ces émissions conclue que l'intensité de l'émission de la transition de CO ($a^3\Pi - X^1\Sigma^+$) formant le système de bandes vibrationnelles dit de Cameron est égale à $2_{-0.4}^{+0.5}$ kRayleigh (l'état excité étant produit par dissociation excitation des molécules de CO₂ de la haute atmosphère martienne), tandis que l'intensité de l'émission du doublet CO₂⁺ ($B^2\Sigma_u^+ - X^2\Pi_g$) ultraviolet à 289 nm est 200_{-100}^{+90} Rayleigh (l'état excité étant ici produit par ionisation et excitation des molécules de CO₂). Une troisième émission avait été identifié dans [1] associé avec la transition de O ($^1S - ^3P$) à 297.2 nm mais qui s'avère n'avoir été observé que de façon marginale avec une intensité de 89 +/- 91 Rayleigh et ne sera donc pas discutée ici.

L'émission aurorale mesurée par SPICAM UV a été estimée comme étant localisé à une longitude Est

de ~178°, une latitude de ~-50° latitude et une altitude de 129 ± 13 km à partir des quelques informations spatiales que procurent SPICAM UV. La très grande corrélation entre cette position et la présence de structures de champ magnétique rémanent observé et cartographié par MGS [4] suggère très fortement que ces structures jouent un rôle essentiel dans la formation de ces aurores.

Possibles origines de cette émission : Depuis notre publication de l'observation de la première aurore martienne, de nombreuses observations de distribution en énergie des électrons dans l'environnement de Mars par MGS/ELS le spectromètre électron ont été identifié comme de type auroral par analogie avec ce qui est observé sur Terre [5]. ASPERA-3/Mars Express a également publié les premières observations de telles distributions [6,7]. Ce type de distribution présente typiquement un pic en énergie vers quelques centaines d'eV et est observé en bonne corrélation avec la présence de structures de champ magnétique remanent [5]. Ce pic en énergie a été expliqué par des mécanismes d'accélération parallèlement aux lignes de champ magnétique [6,7]. Lors de l'observation par SPICAM UV, ASPERA-3 à bord de Mars Express était positionné à environ 450 km de la zone d'émission.

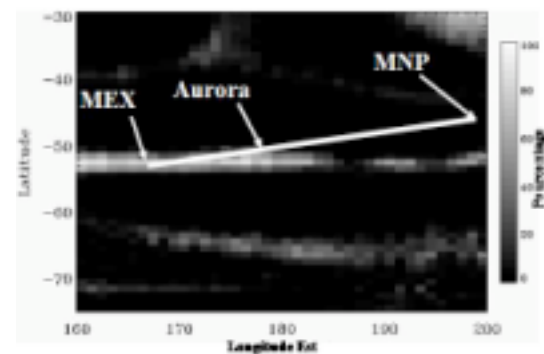


Figure 1: Carte de la probabilité d'être dans une région de ligne de champ ouverte à 400 km d'altitude du côté nuit (calculé à partir des données ELS/MGS). Sont aussi indiqués sur ce dessin, les positions de Mars Express, de la zone aurorale et du point tangent à Mars (MNP: Mars Nearest Point) de la ligne de visée de SPICAM UV qui est représentée par le trait plein blanc.

D'après les cartes établies à 400 km d'altitude par MGS, des lignes ouvertes de champ magnétiques, Mars Express et la zone aurorale étaient tous

deux dans la même région de champ ouverte à 400 km comme le montre la Figure (1).

Simulation de l'émission : C'est pourquoi nous avons considéré 4 types de distributions d'électrons comme entrée du code de simulation de l'airglow martien TRANSCAR [8]. Une distribution typiquement observée en association avec les champs crustaux [9], une distribution observée dans la magnétogaine martienne [9], une distribution de type aurorale observée par MGS [5] et la distribution mesurée par ASPERA-3 en même temps que l'observation par SPICAM UV. Cette dernière distribution correspond à une brutale augmentation du flux d'électrons mesuré par ASPERA-3 au même moment que l'observation par SPICAM UV. Cette distribution pique en énergie autour de quelques dizaines d'eV ce qui est typique d'une distribution de photo-électrons [10] ayant subi une dégradation en énergie due soit à des collisions non élastiques lors du transport des électrons du jour vers la nuit (Mars Express était à une heure locale de 20h00) soit au potentiel du satellite.

Ces 4 distributions ont été utilisées comme entrée pour le code TRANSCAR [8, 11] pour une atmosphère typique observé pour une activité solaire minimale et une longueur d'intégration de l'émission le long de la ligne de visée (en reconstituant l'exakte géométrie de l'observation) simulant soit une région aurorale concentrique de diamètre 30 km (distance déduite de la durée de l'émission observée par SPICAM et qui correspond au balayage de la région aurorale perpendiculairement à la ligne de visée de SPICAM UV à 450 km de distance) soit à une région aurorale étendue du satellite jusqu'à 600 km du satellite comme le suggère la Figure (1). Nous avons testé que le rôle du choix des caractéristiques de l'atmosphère neutre, du choix des sections efficaces d'excitation, du choix de l'anisotropie de la distribution d'électron injectée à 500 km d'altitude ne changent pas nos conclusions.

Pour les 4 distributions d'électrons considérées, l'intensité pour les émissions de CO ($a^3\Pi - X^1\Sigma^+$) et de CO_2^+ ($B^2\Sigma_u^+ - X^2\Pi_g$) est significativement plus faible qu'observée quelque soit la distance d'intégration utilisée. Plus important le rapport de ces deux émissions d'après SPICAM UV a une valeur autour de 10 tandis que TRANSCAR prédit un rapport d'émissions autour de 4 pour les distributions d'électron mesurées en association avec les champs crustaux, dans la magnétogaine et par ASPERA-3 et inférieure à 3 pour une distribution de type aurorale. L'explication de cette différence vient des deux sections efficaces de production d'état d'excitation du CO ($a^3\Pi$) et de CO_2^+ ($B^2\Sigma_u^+$) par des électrons. En effet, comme l'indique la figure 2, ce sont les électrons dont l'énergie est inférieure à 40 eV qui sont susceptibles de produire une émission plus intense associée à la transition CO ($a^3\Pi - X^1\Sigma^+$) par rapport

à CO_2^+ ($B^2\Sigma_u^+ - X^2\Pi_g$), comme c'est typiquement observé du côté jour [3].

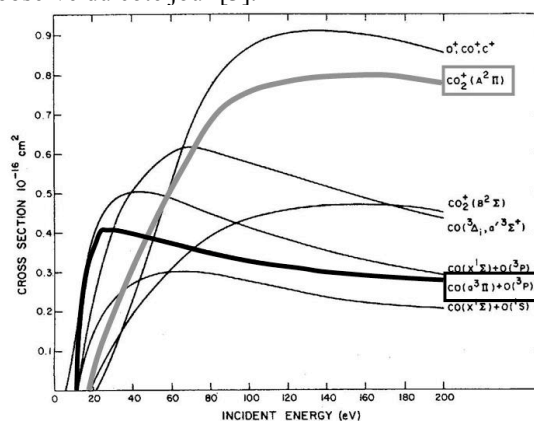


Figure 2 : Sections efficaces de dissociation moléculaire de CO_2 produisant les états excités de CO ($a^3\Pi$) (traits plein noir) et de CO_2^+ ($B^2\Sigma_u^+$) (trait plein en gris). D'après [12].

Aussi il est très probable que l'événement de type aurorale observé par SPICAM UV ait été produit par des électrons de basses énergies, autour de quelques dizaines d'électrons et non pas par une distribution avec un pic en énergie autour de quelques centaines d'électrons. Typiquement, l'émission associée avec les distributions observées par ASPERA-3 [6,7] et MGS [5] devraient produire des intensités observables par SPICAM UV du côté nuit.

Citations: [1] Bertaux, J.-L., F. Leblanc, O. Witasse, E. Quémerais, J. Lilensten, A.S. Stern, B. Sandel, et O. Korablev (2005) *Nature*, 435, 790-794. [2] Leblanc F., Witasse O., Winningham J., Brain D., Lilensten J. et Bertaux J.L. (2006) *JGR*, Sous presse. [3] Leblanc F., Chaufray J.Y., Lilensten J., Witasse O., and Bertaux J.-L (2006) *JGR*, Sous presse. [4] Acuña, M. H., et al. (2001), *JGR*, 106, 23,403-23,417. [5] Brain D. A., Halekas J. S., Petricolas L. M., Lin R. P., Luhmann J. G., Mitchell D. L., Delory G. T., Bougher S. W., Acuña M. H., and H. Rème (2006), *GRL*, 33, L01201. [6] Lundin R. and 44 colleagues (2006) *Icarus*, 182, 308-319. [7] Lundin R. and 22 colleagues (2006) *Science*, 311, 980-983. [8] Witasse O., (2000) Thèse de l'Université Joseph Fourier. [9] Mitchell, D. L., Lin, R.P., Mazelle, C., Rème, H., Cloutier, P.A., Connerney, J.E.P., Acuña, M.H., Ness, N.F. (2001), *JGR*, 106, 23,419-23,427. [10] Witasse O., O. Dutuit, J. Lilensten, R. Thissen, J. Zabka, C. Alcaraz, P.-L. Blelly, S. W. Bougher, S. Engel, L. H. Andersen, and K. Seiersen (2002), *GRL*, 29, 104. [11] Frahm, R.A., and 42 colleagues, (2006) *Icarus*, 182, 371-382. [12] Fox, J.L., and A. Dalgarno (1979) *Planet. Space Sci.*, 27, 491.