



## Consultation BDD

# ExoMars TGO (Trace Gas Orbiter)

## Type

AA-ANO2

## Coordination

OVSQ Valérie CIARLETTI [franck.montmessin@latmos.ipsl.fr](mailto:franck.montmessin@latmos.ipsl.fr)

## Partenaires

OSUNA Eric BEUCLER [susan.conway@univ-nantes.fr](mailto:susan.conway@univ-nantes.fr)

## Description

Le Trace Gas Orbiter (TGO) d'ExoMars 2016 est la première d'une série de missions vers Mars conduites (initialement) conjointement par deux agences spatiales, l'ESA et Roscosmos. L'un des principaux objectifs de TGO est de mieux appréhender l'existence du méthane et d'autres composés atmosphériques présents en faibles concentrations (< 1 % de l'atmosphère, que l'on appelle gaz trace) mais qui pourraient néanmoins constituer des preuves d'une possible activité biologique ou géologique. TGO transporte à son bord une charge utile scientifique capable de répondre à cette question scientifique. À partir de son orbite scientifique d'environ 400 km d'altitude, les spectromètres infrarouges (ACS et NOMAD) à bord de TGO ont été déployés pour détecter une large gamme de gaz trace tels que le méthane, la vapeur d'eau, les oxydes d'azote, avec une précision accrue - 1000 fois meilleure - par rapport aux mesures précédentes effectuées en orbite et au sol. Il fournit également de nouvelles contraintes pour l'étude de l'évolution temporelle et spatiale de ces gaz, et pour localiser leurs régions d'origine grâce à un imageur dédié (CaSSIS). 1-ACS Le spectromètre infrarouge (IR) Atmospheric Chemistry Suite (ACS), dont le PI est Oleg Koroblev (IKI, Moscou) et le CoPI est Franck Montmessin (LATMOS, Guyancourt), couvre un domaine de longueur d'onde allant de 0.7 à 15  $\mu\text{m}$  à très haute résolution spectrale (de 5 000 à 50 000). ACS opère au nadir et en occultation solaire et repose sur 3 canaux (Near-IR, NIR, Middle-IR, MIR, Thermal-IR, TIR) bénéficiant d'un fort héritage instrumental. Les principales caractéristiques d'ACS sont rassemblées dans le Tableau 1. Dans le cadre de ce SNO, l'essentiel de l'effort est porté sur le canal MIR, qui constitue le cœur de l'instrument et a fourni 90% des publications d'ACS depuis le début de la phase scientifique de la mission. Ce canal, ne fonctionne qu'en occultation solaire (SO), mais est le seul des trois canaux à pouvoir restituer des informations fines sur les gaz traces recherchés (espèces hydrocarbonées, soufrées et halogènes) ainsi que sur le rapport HDO/H<sub>2</sub>O. Les objectifs d'ACS (sont les suivants : - Tenter de détecter du CH<sub>4</sub> avec une sensibilité de la dizaine de pptv (cf. Tableau 1) ; - Mesurer le rapport HDO/H<sub>2</sub>O et son cycle saisonnier et pour mettre en évidence l'effet du fractionnement, à la condensation et à la photolyse sur une échelle globale et annuelle ; - Tenter de détecter d'autres gaz trace, signatures d'activité biologique ou géologique. Par exemple, détecter C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ou HCl suggérerait une origine géologique alors que N<sub>2</sub>O n'a quasiment aucune production autre que biologique sur Terre ; - Caractériser les capacités oxydantes de l'atmosphère en mesurant H<sub>2</sub>O, CO, OH, HO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>(a1?g) - Mesurer la densité et la taille des poussières et des nuages de glace d'eau ; - Produire un jeu de données contextuelles sur la pression / température / aérosols / nuages. Le LATMOS est engagé à part entière dans le traitement et la mise à disposition des données du canal MIR d'ACS qui nécessite le traitement de 8 Gbit de données par jour. Pour rappel, ces données de niveaux 1 et 2 sont celles accessibles sur le portail ACS (<https://acs.projet.latmos.ipsl.fr/>). 2-L'imageur CaSSIS CASSIS (Colour and Stereo Surface Imaging System) a pour objectif principal de caractériser (1) les sites identifiés comme sources potentielles d'émissions de gaz par les autres instruments de TGO, (2) investiguer les processus dynamiques de surface (éolien, sublimation, fontes d'eau locales, volcanisme actuel éventuel, etc.) et contribuer ainsi à la compréhension des cycles atmosphériques. L'instrument est également précieux pour (3) caractériser des sites potentiels pour les missions in situ à venir (Exomars notamment). Le LPG n'est pas impliqué directement dans le pipeline de traitement de données, dans la mesure où cette tâche est de la responsabilité du laboratoire PI à Berne et la production de modèle 3D est de la responsabilité de l'équipe de Padoue. Toutefois, lorsque le LPG effectue une série de programmation, il est aussi responsable de la mise en commun des informations reliées à l'acquisition des données correspondantes, et l'identification d'anomalies ou de difficultés techniques. Cette analyse qualitative permet entre autres d'améliorer le processus de traitement post-acquisition. 3-Pérennité du SNO TGO est planifiée pour servir de relais au rover Rosalind Franklin qui se posera sur Mars en juin 2023. D'un point de vue des consommables (ergol, vieillissement, batterie, etc.), les exemples de Mars Express, MRO, Mars Odyssey nous indiquent qu'un orbiteur tel que TGO ne subit pas de dégradation notable même après plus de 10 ans passés dans l'espace. La durée de vie dépendra sans doute d'abord de la volonté de l'ESA et du conseil ministériel de prolonger cette mission. Néanmoins, TGO revêt un tel enjeu programmatique pour l'ESA grâce à sa fonction de relais de téléométrie (80% de la phase EDL de Mars 2020 a été transmise par TGO) pour les missions de surface qu'il est réaliste d'imaginer que l'ESA souhaitera conserver TGO jusqu'à la fin de la décennie 2030, et plus longtemps encore si le programme Mars Sample Return (MSR) venait à s'étirer sur la durée au-delà de l'année 2031 (prévue à l'heure actuelle pour le retour d'échantillons). S'agissant des instruments, un canal d'ACS a été perdu fin 2019 après que le canal TIR ait atteint la durée de vie théorique (10 000 heures environ) de la machine cryogénique qui refroidissait le détecteur. Le canal MIR, objet principal de la composante ACS de ce SNO, repose aussi sur l'utilisation d'une machine cryogénique (détecteur refroidi à 80K), mais celle-ci est environ 10 fois moins sollicitée que ne le fut celle de TIR, en raison des opportunités plus restreintes d'observer en occultation plutôt qu'au nadir. De fait, MIR pourra sans problème atteindre la décennie 2030 et au-delà à la vitesse actuelle où est utilisée son cryostat (10 occultations de ~10 minutes sont réalisées quotidiennement par MIR, ce qui garantit en théorie 15 ans de durée de vie). Le canal NIR est refroidi par un dispositif reposant sur l'effet Peltier, qui ne repose sur aucun consommable et est réputé pour sa longévité. Pour ce qui est de l'instrument CaSSIS, la durée de vie n'est pas connue, mais, par comparaison, les imageurs HiRISE et HRSC fonctionnent respectivement depuis 2004 et 2006, sans panne majeure de leur système. On peut raisonnablement penser que CaSSIS pourra durer au moins aussi longtemps, c'est-à-dire au-delà de 2030. Pour ces raisons, la pérennité du SNO est a priori garantie jusqu'à la décennie 2030.