



L'équipe LaRa devant la chambre à vide.
© ESA-M. Cowan

LaRa, l'instrument radioscientifique d'ExoMars, est en préparation pour la planète rouge

Un instrument ambitieux qui fait partie de la mission ExoMars 2020 de l'ESA a passé des tests dans des conditions similaires à celles de la planète rouge. Ensuite l'instrument sera transporté en Russie pour une révision technique après laquelle il sera intégré à la plateforme de surface Kazachok, dont le lancement est prévu d'ici un an.

L'expérience Lander Radioscience de l'ESA, ou LaRa en bref, mesure 8 x 8 x 20 cm et n'est pas beaucoup plus grand qu'un carton d'un litre de lait. Pourtant il s'agit d'un transpondeur très performant qui assurera une liaison de radiofréquence directe et extrêmement stable entre la Terre et Mars pendant une année martiale complète – deux ans terrestres – dès qu'Exomars aura atterri. Proposé par l'Observatoire royal de Belgique, LaRa a été conçu dans le cadre du programme PRODEX de l'ESA – axé sur le développement des expériences scientifiques dans l'espace – et a été financé par la Politique scientifique fédérale belge (Belspo).

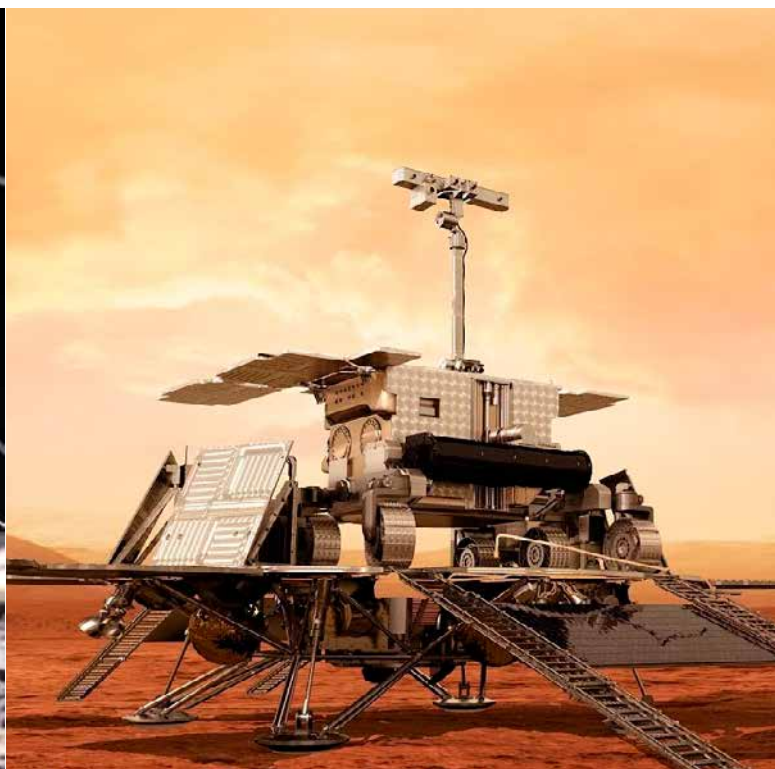
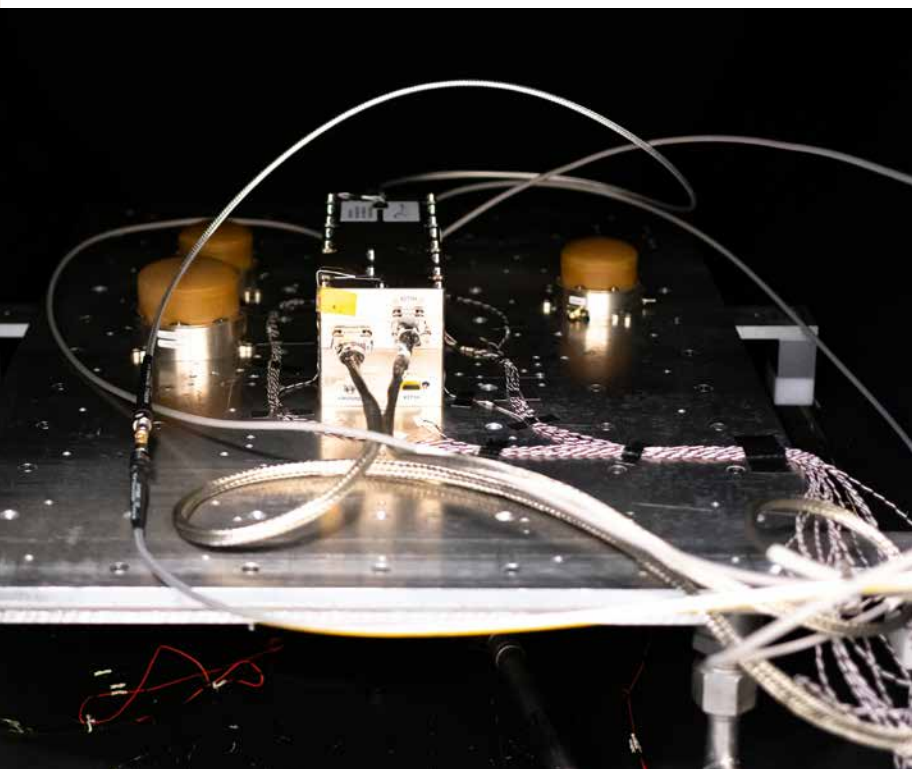
Les derniers tests avec LaRa ont eu lieu au Laboratoire des Systèmes Mécaniques (LSM) de l'ESA, qui se situe au cœur technique de l'agence : l'ESTEC à Noordwijk aux Pays-Bas. C'est une version à plus petite échelle du Test Centre de l'ESTEC, capable de performer une large gamme de tests en simulant les conditions dans l'espace. Le laboratoire est tou-

tefois plus axé sur les instruments des vaisseaux spatiaux, les sous-systèmes et les petits satellites plutôt que sur les missions complètes.

Après les tests de vibration avec le 'shaker' du laboratoire – effectués pour simuler les conditions extrêmes d'un lancement, de la rentrée atmosphérique et de la descente et de l'atterrissage sur Mars – LaRa a été placé dans une chambre à vide pendant quasi deux semaines afin d'effectuer des tests fonctionnels dans des conditions à la fois chaudes et froides.

D'abord LaRa a été placé sous vide pour libérer des gaz qui pourraient poser un problème dans l'espace et pour tester son comportement dans des conditions similaires à celles du voyage vers Mars. Ensuite l'instrument a été soumis à des conditions martiennes simulées : 6 millibars de dioxyde de carbone ont été introduits dans la chambre pendant que l'on faisait fluctuer la température simultanément.

Le boîtier électronique de LaRa sera gardé au chaud par le système de chauffage de l'atterrisseur, mais ses antennes se trouvant à l'extérieur de cet environnement thermostaté, devront cependant résister aux fluctuations extrêmes de température : la température peut atteindre -90°C pendant



la nuit et remonter jusqu'à une dizaine de degrés pendant la journée. L'antenne innovante a été conçue en collaboration avec l'ESA et l'Université Catholique de Louvain.

A la fin du test la chambre à vide a été ouverte. Les ingénieurs se sont approchés de l'instrument munis des masques buccaux, blouses de protection et gants stériles, ressemblant à une équipe de chirurgie. Les senseurs et les câbles mis en place pour l'essai ont été enlevés avant de mettre l'instrument et ses antennes dans des sachets stériles.

Comme tous les équipements conçus pour des missions interplanétaires, LaRa lui aussi est soumis à un protocole de protection planétaire afin d'éviter la contamination microbienne. 'Les surfaces de l'instrument sont fréquemment essuyées afin de vérifier si les niveaux de charge microbienne restent acceptables', explique Lieven Thomassen de Antwerp Space, le principal fournisseur de LaRa. 'L'intérieur comprend quatre niveaux de cartes de circuit et a déjà été complètement nettoyé. Il est quasi entièrement isolé du monde extérieur, sauf un trou de ventilation pour éviter une pression excessive au moment où LaRa atteindra l'espace.'

LaRa est un des deux instruments intégré dans la plateforme de surface de ExoMars, qui est fournie par la Russie. Le rôle principal de la plateforme, baptisée Kazachok ou 'petit cosaque', est de guider le rover ExoMars Rosalind Franklin en toute sécurité vers Oxia Planum, le bassin martial sur Mars. Une fois que le rover aura descendu la rampe, Kazachok se consacrera à réaliser un total de 13 expériences à bord. La plateforme de surface a été développée par NPO Lavochkin sous contrat de Roscosmos et en partenariat avec l'ESA.

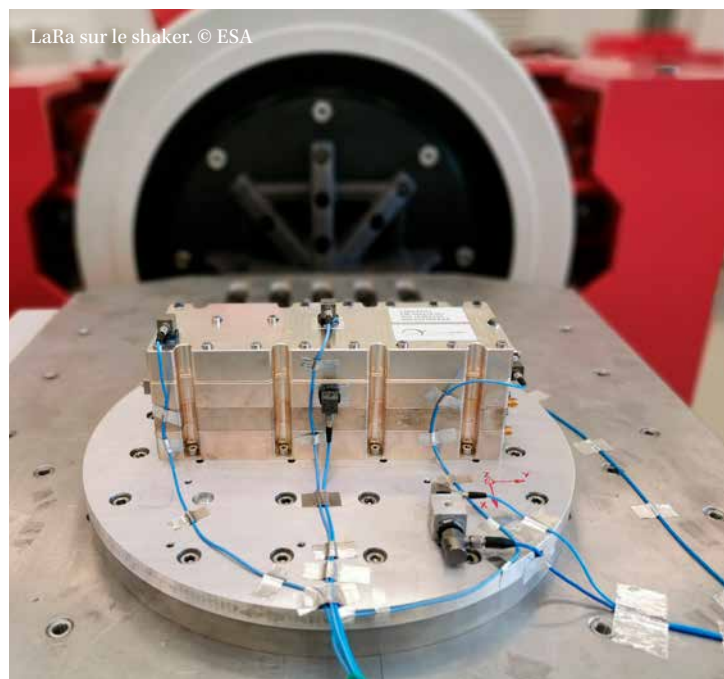
LaRa recevra un signal de radio en bande X venant de la Terre, qu'il renverra immédiatement. En mesurant soigneusement les légers décalages de fréquence de ce signal bidirectionnel (l'effet Doppler) au fil du temps, les ingénieurs pourront identifier des légers changements périodiques dans la position de la plateforme dans la durée, permettant ainsi d'ouvrir une vision sur l'intérieur de Mars.

'LaRa révélera des détails sur la structure interne de la planète et permettra de mesurer de façon extrêmement précise sa rotation et orientation dans l'espace', explique Véronique Dehant de l'Observatoire royal de Belgique et investigateur principal de l'instrument. 'Il pourra également détecter des variations dans le moment cinétique entraînées par la redistribution des masses, comme par exemple le transfert massale et saisonnier du dioxyde de carbone au moment où une partie de l'atmosphère gèle et devient de la glace. Dernier point, mais pas le moindre, LaRa facilitera aussi l'identification de la position d'atterrissage précise.' En termes analogiques, c'est comme l'œuf qu'on fait tourner sur une table. S'il est cuit dur, ou s'il est frais, il ne tournera pas de la même manière. Le défi consiste à maintenir la liaison radio ultrastable pendant l'horaire d'opérations qui prévoit deux sessions d'une heure par semaine, surtout quand Mars orbitera vers sa position la plus éloignée de la Terre, à 401 millions de kilomètres.

'Ici, sur Terre, nous utiliserons des antennes énormes de 70 m qui appartiennent au Deep Space Network de NASA ou l'équivalent russe à Kalyazin ou Bear Lakes pour transmettre le signal radio vers Mars et pour capter la réplique retardée envoyée par LaRa et signée du Doppler par Mars. On est capable de faire tout ça avec seulement 5 W de puissance radio générés par LaRa', explique Václav Valenta, ingénieur de micro-ondes pour ESA et responsable du projet LaRa. 'Sur Mars



Les senseurs thermiques sont enlevés.
© ESA-M. Cowan



LaRa sur le shaker. © ESA

LaRa devrait être suffisamment sensible pour pouvoir capter des signaux radio aussi bas que quelques attowatt – des milliardièmes d'un watt. Quand la Terre et Mars se rapprochent – au plus près à seulement 54.6 millions de kilomètres l'un de l'autre – les stations terriennes Estrack en Europe pourront aussi établir la liaison avec LaRa. De tels scénarios ont été testés avec succès lors de deux tests de compatibilité de fréquence radio qui ont été exécutés au centre de contrôle de mission ESOC à Darmstadt en Allemagne.'

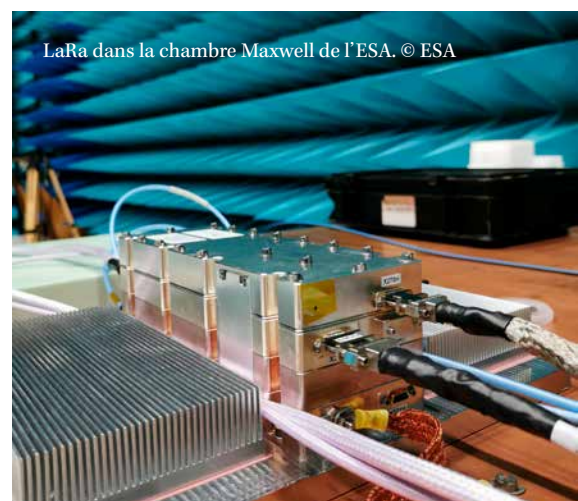
L'atmosphère très ténue de Mars est un facteur compliquant. Du côté positif sa présence permet au processus de convection d'évacuer de la chaleur résiduaire. Toutefois, même si l'atmosphère est plus que cent fois plus ténue que celle de la Terre, l'emploi des ondes radio entraîne quand même un risque d'effets 'corona' – l'ionisation de gaz locaux peut provoquer de l'interférence et des décharges comme des coups de foudre potentiellement dangereux. 'Pour éliminer tout risque de corona, LaRa a déjà été soumis à des analyses et des tests rigoureux au High Power Radio Frequency Laboratory de l'ESA à Valencia en Espagne', ajoute Václav. 'LaRa a également été testé dans la chambre Maxwell de l'ESTEC (dans lequel s'effectuent des tests de compatibilité électromagnétique) afin de vérifier si tous les éléments fonctionnent bien en cohérence. En outre, un modèle de choc a été conçu et testé au Test Centre de l'ESTEC pour évaluer si LaRa est assez robuste pour résister aux chocs mécaniques provoqués par la séparation des modules du véhicule porteur et le largage des boucliers thermiques.'

Après les tests avec LaRa dans le LSM, l'instrument a été transporté au laboratoire métrologique de l'ESA pour mesurer avec grande précision sa planéité de surface. Celle-ci doit être très précise, jusque dans les micromètres – des milliers d'un millimètre – pour un ajustement optimal et le contact thermique avec son interface atterrisseur, aidant ainsi à maintenir une bonne température opérationnelle sur Mars.

Depuis l'ESTEC, LaRa sera transporté au Space Research Institute de l'Académie de Sciences de la Russie (IKI) pour les essais d'acceptation finaux. Ensuite il voyagera à Cannes en France où il sera intégré dans la plateforme de surface avec le reste de l'atterrisseur et ensuite testé sur un niveau d'assemblage complet. 'La fenêtre de lancement s'est ouverte à la fin 2015 et les développements d'un modèle de vol ont commencé un an plus tard. L'équipe LaRa a donc travaillé sans relâche pour arriver à ce point', ajoute Václav. ExoMars 2020 sera lancé par une fusée Proton russe à Baïkonour en Kazakhstan en juillet 2020.



La plateforme Exomars.
© Thales Alenia Space



LaRa dans la chambre Maxwell de l'ESA. © ESA

PLUS

Le site LaRa de l'Observatoire royal de Belgique : <https://lara.oma.be>