



Communiqué de presse
Toulouse, le 19 Septembre 2022

MARS / MISSION INSIGHT

L'instrument SEIS peut localiser à la fois des impacts de météorites et échographier l'intérieur de Mars

Lancée par la NASA en mai 2018, la mission InSight a pour objectif d'étudier la structure interne de la planète Mars. Son sismomètre SEIS, dont l'ISAE-SUPAERO a réalisé, sous la supervision du CNES et de l'IPGP, le modèle de bruit et la spécification du logiciel scientifique permettant de l'exploiter, continue de révéler les secrets de la planète rouge. Une équipe de recherche internationale impliquant des scientifiques de l'ISAE-SUPAERO, du CNRS, de Nantes Université, de l'Université Claude Bernard Lyon et de l'Université Paris Cité-Institut de physique du globe de Paris, ont publié le 19 Septembre dans les journaux *Nature Geoscience* et *Journal of Geophysical Research – Planets* des résultats scientifiques importants pour la compréhension de la formation et de l'évolution thermique de Mars.

Le sismomètre SEIS livre les premières ondes sismiques et acoustiques provenant d'un impact de météorite sur Mars

Avant la mission InSight de la NASA, les détails de la structure interne de la planète Mars et la profondeur des frontières entre croûte, manteau et noyau, étaient relativement peu précises. Par ailleurs, la cratérisation par impact est un processus fondamental qui façonne les surfaces et les atmosphères planétaires. Les impacteurs récents forment de nouveaux cratères et excitent des ondes acoustiques et sismiques pendant l'entrée dans l'atmosphère et l'impact sur le sol. Ils peuvent donc être détectés à la fois par le sismomètre SEIS et les imageurs en orbite autour de Mars.

À ce jour, **le sismomètre embarqué sur InSight a ainsi identifié et localisé quatre impacts qui se sont produits à la surface de Mars**. Pour cela, les ondes sonores émises par les impacts ont été détectées par les infimes déformations du sol qu'elles produisent lorsqu'elles passent au-dessus du sismomètre. Puis, les temps d'arrivée et la polarisation des ondes sismiques et acoustiques ont été utilisés pour estimer les emplacements des impacts.

Ces observations, qui sont les premières connues sur une autre planète que la Terre, ont été confirmées par l'imagerie orbitale des cratères associés. Les dimensions des cratères et les estimations des trajectoires des météorites permettent de comprendre et de modéliser les sismogrammes enregistrés. Par la connaissance de l'emplacement de ces sources, les impacts détectés permettent d'imager l'intérieur martien. Les premières arrivées des ondes sismiques confirment les modèles de la croûte précédemment déterminés.

« Connaître la structure de la croûte de Mars et son niveau d'hétérogénéité nous permet d'en apprendre plus sur son évolution au fil des années. Il faut comprendre que c'est au cœur de cette croûte que se concentrent les éléments radioactifs qui font fluctuer la thermique de la planète. Son niveau de fracturation nous renseigne également sur la capacité de la planète rouge à renouveler



sa surface », explique **Raphaël F. Garcia**, professeur en géophysique planétaire à l'ISAE-SUPAERO et qui a coordonné cette étude.

Ces observations fournissent la première preuve au sol des relations d'échelle distance-amplitude des ondes sismiques générées par les impacts sur Mars. Elles confirment le lien entre le moment sismique des impacts et le moment vertical de l'impacteur. Ce développement démontre la capacité de la sismologie planétaire à estimer les taux d'impact et à imager la structure interne des objets planétaires du système solaire.

Ces analyses scientifiques, fruit d'une collaboration internationale entre chercheurs et chercheuses de différents laboratoires, sont publiées dans la revue *Nature Geoscience*.

« Dans le cadre de la mission InSight, obtenir des enregistrements d'impacts était le dernier objectif scientifique que nous n'avions pas encore rempli. Ces résultats prouvent qu'avec un seul sismomètre, nous sommes en capacité de sentir « vibrer » Mars mais aussi d'entendre le bruit des explosions et donc de localiser les impacts. Cet instrument pourra être déployé sur d'autres planètes afin d'étudier leur structure interne. À ce titre, un des capteurs du modèle de recharge de SEIS s'envolera vers la face cachée de la Lune dans l'instrument Farside Seismic Suite (FSS) en 2025 », conclut **Raphaël F. Garcia**.

Le sismomètre SEIS enregistre plus de 20 séismes et permet une échographie de l'intérieur de Mars

À partir d'une vingtaine de séismes détectés sur Mars par le sismomètre français, les travaux menés par la sismologue Mélanie Drilleau et de nombreux experts scientifiques permettent d'affiner les connaissances de l'intérieur de la planète rouge. **Grâce aux enregistrements du sismomètre SEIS, les scientifiques ont pu mettre en place la base de données sismiques martienne la plus complète publiée à ce jour.**

Ainsi, la majorité des séismes enregistrés proviennent d'une zone appelée *Cerberus Fossae*, où se situent de nombreuses failles sismiques qui sont très probablement la source de ces séismes. L'analyse des ondes sismiques qui se propagent à l'intérieur de la planète, d'une manière similaire à celle d'une échographie, a permis d'établir un modèle de structure de l'intérieur de Mars plus précis.

« Nous avons notamment estimé que la croûte martienne est compatible avec une roche de type gabbro, une roche magmatique qui est sur Terre le constituant principal de la croûte océanique », explique **Mélanie Drilleau**, ingénieure de recherche du CNRS à l'ISAE-SUPAERO. « Ces nouveaux travaux confirment également les découvertes réalisées l'an passé et publiées dans la revue *Science*, notamment que l'intérieur de Mars est plus chaud de nos jours que dans le passé ».

Cette étude, fruit d'une forte collaboration internationale impliquant cinq laboratoires français (ISAE-SUPAERO, Institut de physique du globe (CNRS/IPGP/Université Paris Cité), laboratoire de planétologie et géosciences (CNRS/Nantes Université/Université d'Angers), laboratoire de géologie de Lyon : Terre, planètes, environnement (CNRS/ENS de Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1), laboratoire J-L Lagrange (CNRS/Observatoire de la Côte d'Azur), ainsi que l'Observatoire Royal de Belgique, l'ETH Zurich et le Jet Propulsion Laboratory, vient d'être publiée dans la revue scientifique américaine *Journal of Geophysical Research – Planets*. Elle constitue un pas supplémentaire vers la compréhension de la formation et de l'évolution thermique de Mars.



Si vous souhaitez être mis en relation avec les scientifiques de l'ISAE-SUPAERO, n'hésitez pas à revenir vers nous.

À propos d'InSight et de SEIS

Le JPL gère la mission InSight pour le compte de la Direction des missions scientifiques de la NASA. InSight fait partie du programme Discovery de la NASA, géré par le Marshall Space Flight Center (MSFC), établissement de la NASA à Huntsville, Alabama. Lockheed Martin Space à Denver a construit la sonde InSight, y compris son étage de croisière et son atterrisseur, et soutient l'exploitation de l'engin spatial pour la mission. Le CNES est le maître d'œuvre de SEIS et l'Institut de physique du globe de Paris (Université Paris Cité/IPGP/CNRS) en assure la responsabilité scientifique. Le CNES finance les contributions françaises, coordonne le consortium international (*) et a été responsable de l'intégration, des tests et de la fourniture de l'instrument complet à la NASA. L'IPGP a conçu les capteurs VBB (Very Broad Band pour très large bande passante), les a testés avant leur livraison au CNES et contribue à l'opération des VBBs sur Mars. Les opérations de SEIS et d'APSS sont menées par le CNES au sein du FOCSE-SISMOC, avec le soutien du Centro de Astrobiologia (Espagne). Les données de SEIS sont formatées et distribuées par le Mars SEIS Data Service de l'IPG Paris, dans le cadre du Service National d'Observation InSight auquel contribue également le LPG et, pour les activités Sismo à l'École, GéoAzur. L'identification quotidienne des séismes est assurée par le Mars Quake Service d'InSight, un service opérationnel collaboratif mené par ETH Zurich auquel contribuent également des sismologues de l'IPG Paris, l'Université de Bristol (UK) et Imperial College London (UK). Plusieurs autres laboratoires du CNRS dont le LMD (CNRS/ENS Paris/École polytechnique/Sorbonne Université), le LPG (CNRS/Université de Nantes/Université d'Angers), l'IRAP (CNRS/Université de Toulouse/CNES), le LGL-TPE (CNRS/École normale supérieure de Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1), l'IMPMC (Sorbonne Université/Museum national d'Histoire naturelle/CNRS) et LAGRANGE (CNRS/Université Côte d'Azur/Observatoire de la Côte d'Azur) participent avec l'IPGP et l'ISAE-SUPAERO aux analyses des données de la mission InSight. Ces analyses sont soutenues par le CNES et l'Agence nationale de la recherche dans le cadre du projet ANR Mars Geophysical InSight (MAGIS, ANR-19-CE31-0008). (*) en collaboration avec SODERN pour la réalisation des VBB, le JPL, l'École polytechnique fédérale de Zurich (ETH, Zürich Suisse), l'Institut Max Planck de Recherche du Système solaire (MPS, Göttingen, Allemagne), l'Imperial College de Londres et l'université d'Oxford ont fourni les sous-systèmes de SEIS et participent à l'exploitation scientifique de SEIS.

À propos de l'ISAE-SUPAERO

L'ISAE-SUPAERO, établissement public d'enseignement supérieur et de recherche dans le secteur aéronautique et spatial, participe depuis plus de 100 ans par ses activités à l'excellence de la filière.

D'une part, les formations (ingénieur, master, mastère spécialisé et doctorat), toutes principalement dédiées au secteur aérospatial, se distinguent par leur haut niveau scientifique et technique et par le recrutement exigeant des étudiants (32% internationaux) placent l'Institut comme le leader mondial de l'enseignement supérieur en ingénierie aérospatiale.

D'autre part, la recherche constitue depuis toujours un axe fort de son expertise. Mobilisées sur les problématiques des domaines aéronautique et spatial, les équipes de recherche conduisent de nombreux projets scientifiques en collaboration avec des partenaires incontournables : organismes de recherche, industriels, partenaires académiques européens et internationaux. Capable de maîtriser la complexité des défis en faveur de la transition écologique et numérique, des nouvelles mobilités et nouveaux usages de l'espace, l'ISAE-SUPAERO est un acteur majeur des évolutions du secteur aérospatial, civil et de défense.

L'ISAE-SUPAERO est membre fondateur du Groupe ISAE et de l'Université Fédérale de Toulouse.

isae-supaero.fr



A propos du CNRS

Le Centre national de la recherche scientifique est une institution publique de recherche parmi les plus reconnues et renommées au monde. Depuis plus de 80 ans, il répond à une exigence d'excellence au niveau de ses recrutements et développe des recherches pluri et inter disciplinaires sur tout le territoire, en Europe et à l'international. Orienté vers le bien commun, il contribue au progrès scientifique, économique, social et culturel de la France. Le CNRS, c'est avant tout 33 000 femmes et hommes et 200 métiers. Ses 1000 laboratoires, pour la plupart communs avec des universités, des écoles et d'autres organismes de recherche, représentent plus de 120 000 personnes ; ils font progresser les connaissances en explorant le vivant, la matière, l'Univers et le fonctionnement des sociétés humaines. Le lien étroit qu'il tisse entre ses activités de recherche et leur transfert vers la société fait de lui aujourd'hui un acteur clé de l'innovation. Le partenariat avec les entreprises est le socle de sa politique de valorisation. Il se décline notamment via plus de 200 structures communes avec des acteurs industriels et par la création d'une centaine de start-up chaque année, témoignant du potentiel économique de ses travaux de recherche. Le CNRS rend accessible les travaux et les données de la recherche ; ce partage du savoir vise différents publics : communautés scientifiques, médias, décideurs, acteurs économiques et grand public. Pour plus d'information : www.cnrs.fr

A propos du CNES - Centre National d'Études Spatiales (CNES)

Établissement public national en charge de l'Espace, le CNES élabore et propose au gouvernement français et met en œuvre le programme spatial français. Le CNES développe et oriente les recherches scientifiques et techniques poursuivies en matière spatiale. Il est aussi centre de compétence en France pour les activités technologiques liées à l'espace et à ses usages et conduit une politique de partenariat volontariste, fondée sur la complémentarité avec les autres organismes publics nationaux et européens, les laboratoires de recherche, les collectivités territoriales, l'industrie et les utilisateurs français des services par satellites, en particulier pour le développement des technologies spatiales, de leur complémentarité avec d'autres technologies terrestres ou maritimes, et de leur usage dans l'action publique ou le secteur économique.

www.cnes.fr

A propos de l'ANR – Agence nationale de la recherche (ANR)

L'Agence nationale de la recherche (ANR) est l'agence de financement de la recherche sur projets en France. Établissement public placé sous la tutelle du ministère chargé de la Recherche, l'Agence a pour mission de financer et de promouvoir le développement des recherches fondamentales et finalisées, l'innovation technique et le transfert de technologies, ainsi que les partenariats entre équipes de recherche des secteurs public et privé tant sur le plan national, européen qu'international. L'ANR est aussi le principal opérateur des programmes France 2030 dans le domaine de l'enseignement supérieur et de la recherche pour lesquels elle assure la sélection, le financement et le suivi des projets couvrant notamment les actions d'initiatives d'excellence, les infrastructures de recherche et le soutien aux progrès et à la valorisation de la recherche. L'ANR est certifiée ISO 9001 pour l'ensemble de ses processus liés à la « sélection des projets ».

www.anr.fr

Contacts presse

Juliette Vienot Charline Kohler

juliette.v@oxygen-rp.com charlinek@oxygen-rp.com

05 32 11 07 36 05 32 11 07 32

