

Contexte

L'étude du climat martien actuel permet de mieux comprendre l'évolution atmosphérique passée de la planète et les processus planétaires plus généraux. Les observations et les modèles climatiques sont étroitement liés : les modèles facilitent la récupération des données, tandis que les observations permettent de valider et de restreindre les simulations. Les divergences entre les deux permettent d'identifier les processus manquants ou mal représentés. Les observations étant souvent limitées dans l'espace et dans le temps, les modèles comblent de nombreuses mesures manquantes, ce qui nécessite une représentation précise des caractéristiques atmosphériques connues. La résolution des modèles, limitée par la puissance de calcul, restreint le traitement explicite des dynamiques à petite échelle, qui doivent être paramétrées. Parmi celles-ci, les ondes de gravité, générées par la topographie ou les systèmes météorologiques, jouent un rôle clé dans le transfert d'énergie et d'impulsion vers la haute atmosphère. Malgré leur échelle spatiale relativement petite, elles exercent un forçage thermique et dynamique important, ce qui rend leur inclusion dans les modèles climatiques martiens essentielle pour une simulation précise du système atmosphérique de la planète.

Objectifs

L'objectif du projet MOMENTUM est de mieux comprendre l'impact des ondes de gravité sur la circulation à grande échelle et d'améliorer les modèles climatiques globaux (GCM) afin de représenter plus précisément ces effets dans les simulations climatiques. En utilisant les observations de l'instrument Nadir and Occultation for MArS Discovery (NOMAD) embarqué à bord de l'ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO), nous pouvons rechercher les signatures des ondes de gravité et tenter de quantifier leurs effets potentiels sur le flux moyen. Ces effets observés peuvent ensuite être comparés à ceux calculés dans le GCM par les paramétrisations de la traînée des ondes de gravité (GWD), qui ne sont pas suffisamment contraintes. Plusieurs paramètres peuvent être ajustés dans ces schémas, et grâce aux observations, nous pouvons travailler à une simulation plus réaliste. L'effet direct des ondes de gravité sur les champs de vent simulés peut modifier la circulation globale et avoir des effets secondaires sur la structure thermique de la haute atmosphère. La région où les ondes sont censées se briser est une zone de transition clé entre la haute et la basse atmosphère, il est donc important de bien représenter ce processus dans un GCM.

Conclusions

Nous observons fréquemment des ondes de gravité dans les observations TGO/NOMAD et nous établissons une climatologie de l'activité sur plusieurs années martiennes. Nous constatons certaines différences notables au lever et au coucher du soleil, en particulier pendant l'hiver de l'hémisphère sud.

En analysant les températures et l'activité des ondes observées par NOMAD, nous avons pu ajuster les paramétrisations GEM-Mars GCM de la traînée des ondes de gravité afin de mieux correspondre aux observations et de fournir des simulations plus réalistes.

Ce projet nous a permis d'obtenir des simulations haute résolution de l'atmosphère martienne, et d'autres simulations sont prévues afin de mieux comprendre les différences saisonnières et diurnes dans l'activité des ondes.

Nous avons trouvé plusieurs exemples de couches froides probablement dues à l'activité des marées, où il existe un potentiel de formation de nuages de glace de CO₂. Cela nous donne l'occasion d'étudier ce phénomène plus en détail et d'améliorer la mise en œuvre du modèle pour ce type de nuages.

Ce projet a également permis d'apporter d'autres améliorations au modèle, telles que la mise en œuvre d'une meilleure formulation pour le transfert radiatif dans des conditions d'équilibre thermodynamique non local.

Mots clés

Atmosphère martienne, ondes de gravité, modélisation climatique globale, paramétrisations