

MOMENTUM

MesOscale Modelling for ExoMars TGO/NOMAD To Understand gravity waves in the Martian atmosphere

DURÉE
1/09/2022 – 1/12/2024

BUDGET
233 620 €

DESCRIPTION DU PROJET

Les ondes de gravité sont un phénomène qui a été observé dans plusieurs atmosphères planétaires, notamment celles de la Terre, de Vénus et de Mars. Elles se forment lorsque l'air est stratifié de manière stable et sont provoquées par l'écoulement du vent au-dessus de la topographie (orographique) ou par des phénomènes météorologiques tels que les systèmes frontaux, les courants-jets et la convection (non orographique). Lorsqu'une parcelle d'air est poussée vers le haut par l'un de ces mécanismes dans un air stable, la flottabilité agit comme une force de rappel sur la parcelle, provoquant des oscillations. Lorsque l'onde résultante se propage vers le haut, là où l'atmosphère est moins dense, l'amplitude augmente et l'énergie et la quantité de mouvement sont transférées de la basse atmosphère vers la haute atmosphère.

Sur Mars, les fluctuations de densité et de température induites par les ondes de gravité ont été observées par des plates-formes en orbite et lors de missions d'entrée, de descente et d'atterrissage (EDL). Leurs effets sont également visibles sur les images de l'airglow. On pense que les ondes de gravité sont l'une des principales sources de poches froides dans la haute atmosphère de Mars, permettant le dépôt (passage de la vapeur à la glace) de son principal constituant, le dioxyde de carbone (CO₂), et la formation de nuages de glace de CO₂. Des observations récentes ont permis de spéculer sur leur rôle dans la formation de nuages de glace d'eau.

Bien que les ondes soient relativement petites, d'une longueur d'onde allant de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres, leur impact sur le climat par le biais du forçage thermique et dynamique peut être très important et doit donc être pris en compte dans les modèles atmosphériques. Les modèles globaux ne résolvent généralement pas ces ondes, de sorte que leur impact sur le flux à grande échelle doit être paramétré. Ces schémas de paramétrisation sont peu contraignants et n'ont pas beaucoup progressé ces dernières années. La communauté des modélisateurs de Mars a effectué des recherches pour répondre aux questions scientifiques relatives aux ondes de gravité, mais il s'agit encore d'un domaine où l'on ne comprend pas grand-chose.

Ce projet utilise le modèle de circulation générale (GCM) GEM-Mars dans une configuration à haute résolution et à méso-échelle (moins de 10 km d'espacement entre les grilles horizontales) pour résoudre les ondes atmosphériques à petite échelle et quantifier leur impact sur la circulation à grande échelle et la structure thermique.

En utilisant les observations de l'instrument NOMAD à bord de l'orbiteur ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO), nous sélectionnons les régions et les périodes présentant des signes d'ondes de gravité. Les observations de TGO/NOMAD fournissent des profils à haute résolution verticale de la densité (et donc de la température), des nuages de glace (qui peuvent être un indicateur clé des ondes de gravité) et des gaz à l'état de traces tels que l'ozone, la vapeur d'eau et le monoxyde de carbone. Nous pouvons évaluer nos simulations à l'aide de ces données et utiliser le modèle pour interpréter les observations NOMAD.

Grâce à la configuration à méso-échelle du modèle, nous pouvons examiner de plus près la formation des nuages de glace de CO₂ et leur relation avec les poches froides formées par les ondes de gravité. L'amélioration de la représentation des nuages de glace dans le modèle est un autre objectif de ce projet. Le modèle GEM-Mars inclut la phase gazeuse et la photochimie qui, en combinaison avec les capacités de NOMAD, permet d'étudier l'impact des ondes de gravité sur la composition chimique de l'atmosphère de Mars.



MOMENTUM

Les principales tâches du projet peuvent être résumées comme suit :

1) sélectionner les régions cibles et préparer les conditions limites pour les simulations à méso-échelle ; 2) ajuster les paramètres et le code pour s'adapter à la haute résolution ; 3) traiter les simulations et faire des comparaisons avec les observations NOMAD (température, densité, nuages de glace de CO₂, gaz traces) ; 4) améliorer le code microphysique pour mieux représenter les nuages de glace de CO₂ ; 5) quantifier les effets des ondes et sélectionner/ajuster les paramètres des ondes gravitationnelles pour le modèle global en utilisant les résultats de la méso-échelle.

Ce projet contribuera à la compréhension des ondes de gravité sur Mars et dans les atmosphères d'autres planètes, notamment celles de la Terre et de Vénus. Il servira également de base à de nombreuses autres recherches scientifiques sur Mars, telles que l'activité convective profonde liée aux tempêtes de poussière, les mécanismes de formation des nuages de glace d'eau et le transport des gaz à l'état de traces. Plusieurs autres retombées scientifiques liées à la modélisation à méso-échelle de Mars concernent la chimie, comme l'étude de l'ozone autour du terminateur.

Pour l'institut, ce type d'expertise en matière de modélisation à haute résolution est inestimable et renforcera notre capacité à contribuer à l'état de l'art scientifique concernant l'atmosphère de Mars et d'autres planètes. À l'issue de ce projet, nous disposerons de capacités complètes de modélisation multi-échelles et d'un modèle climatique global amélioré pour soutenir et contribuer aux futures études scientifiques sur Mars. Nous aurons développé une climatologie améliorée de l'atmosphère martienne qui sera mise à la disposition de la communauté. Une meilleure compréhension de la façon dont les processus à l'échelle inférieure à la maille peuvent être représentés dans les modèles atmosphériques sera acquise, ce qui améliorera nos connaissances concernant le lien entre les processus à la source dans la basse atmosphère et leurs impacts dans la haute atmosphère.

COORDONNEES

Coordinateur

Lori Neary

Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB)

lori.neary@aeronomie.be

LIENS

<https://gem-mars.aeronomie.be/index.php/momentum>

Twitter : @GEM Mars Model and @modeller lori