

MOMENTUM

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

DUUR
1/09/2022 – 1/12/2024

BUDGET
233 620 €

PROJECT BESCHRIJVING

Zwaartekrachtgolven zijn een fenomeen dat werd waargenomen in verschillende planetaire atmosferen, waaronder de Aarde, Venus en Mars. Ze worden gevormd wanneer lucht stabiel gelaagd is en worden veroorzaakt door windstroming over topografie (orografisch) of door weersomstandigheden zoals frontale systemen, straalstromen en convectie (niet-orografisch). Wanneer een luchtpakket in stabiele lucht door een van deze mechanismen omhoog wordt gestuwd, werkt de opwaartse druk als een herstellende kracht op het pakket, waardoor oscillaties ontstaan. Als de resulterende golf zich naar boven voortplant, waar de atmosfeer minder dicht is, neemt de amplitude toe en worden energie en momentum overgedragen van de lagere naar de hogere atmosfeer.

Op Mars zijn door zwaartekrachtgolven veroorzaakte dichtheids- en temperatuurschommelingen waargenomen door satellieten en tijdens EDL-missies (entry, descent en landing). Hun effecten zijn ook te zien in airglow beelden. Zwaartekrachtgolven worden beschouwd als een van de belangrijkste bronnen van koude gebieden in de bovenste atmosfeer van Mars, die de depositie (overgang van damp naar ijs) van zijn hoofdbestanddeel, kooldioxide (CO₂), en de vorming van CO₂-ijswolken mogelijk maken. Recente waarnemingen hebben geleid tot speculaties over hun rol bij de vorming van waterijswolken.

Hoewel de golven relatief klein zijn, in golflengte variërend van tientallen tot honderden kilometers, kan hun invloed via thermische en dynamische forcering op het klimaat vrij groot zijn en moet er in atmosferische modellen rekening mee worden gehouden. Globale modellen kunnen deze golven meestal niet oplossen, zodat hun invloed op de grootschalige stroming moet worden geparаметriseerd. Deze parametrisatieschema's zijn slecht onderbouwd en hebben de laatste jaren niet veel vooruitgang geboekt. In de community die werkt aan Marsmodellen is enig onderzoek verricht om de wetenschappelijke vragen met betrekking tot zwaartekrachtgolven aan te pakken, maar het is nog steeds een gebied waarin veel niet begrepen wordt.

Dit project gebruikt het GEM-Mars General Circulation Model (GCM) in een mesoschaal configuratie met hoge resolutie (minder dan 10 km horizontale rasterafstand) om kleinschalige atmosferische golven op te lossen en hun impact op de grootschalige circulatie en thermische structuur te kwantificeren.

Met behulp van waarnemingen van het NOMAD-instrument aan boord van de ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO) selecteren we regio's en perioden met aanwijzingen voor zwaartekrachtgolven. TGO/NOMAD observaties leveren hoge verticale resolutie profielen van dichtheid (en dus temperatuur), ijswolken (die een belangrijke indicator van zwaartekrachtgolven kunnen zijn), en sporengassen zoals ozon, waterdamp en koolmonoxide. Wij kunnen onze simulaties evalueren met behulp van deze gegevens en het model gebruiken om de NOMAD-waarnemingen te interpreteren.

Met de mesoschaalconfiguratie van het model kunnen we de vorming van CO₂-ijswolken en hun relatie tot koude gebieden gevormd door zwaartekrachtgolven nader bekijken. Verbetering van de implementatie van ijswolken in het model is een ander doel van dit project. Het GEM-Mars model omvat gasfase- en fotochemie die, in combinatie met de mogelijkheden van NOMAD, het mogelijk maken om de impact van zwaartekrachtgolven op de chemische samenstelling van de Marsatmosfeer te onderzoeken.

MOMENTUM

De belangrijkste taken van het project kunnen als volgt worden samengevat 1) doelgebieden selecteren en randvoorwaarden voorbereiden voor mesoschaalsimulaties; 2) parameters en code aanpassen aan hoge resolutie; 3) simulaties verwerken en vergelijkingen maken met NOMAD-waarnemingen (temperatuur, dichtheid, CO₂-ijswolken, sporengassen); 4) microfysische code verbeteren om CO₂-ijswolken beter weer te geven; 5) effecten van golven kwantificeren en zwaartekrachtgolfparameters selecteren/aanpassen voor het globale model met behulp van de resultaten op mesoschaal.

Hoewel dit project zal bijdragen aan het begrip van zwaartekrachtgolven op Mars en in andere planetaire atmosferen, waaronder de aarde en Venus, zal het ook een basis bieden voor veel meer wetenschappelijk onderzoek op Mars, zoals diepe convectieve activiteit in verband met stofstormen, mechanismen voor de vorming van waterijswolken en het transport van sporengassen. Er zijn verschillende andere wetenschappelijke spin-offs in verband met mesoschaalmodellering van Mars met betrekking tot chemie, zoals de studie van ozon rond de terminator.

Voor het instituut is dit soort expertise in hoge-resolutiemodellen van onschatbare waarde en zal het onze capaciteit versterken om een bijdrage te leveren aan state-of-the-art wetenschap met betrekking tot de atmosferen van Mars en andere planeten. Aan het eind van dit project zullen we beschikken over volledige mogelijkheden voor multischaalmodellen en een verbeterd globaal klimaatmodel ter ondersteuning van en bijdrage aan toekomstige wetenschappelijke studies rond Mars. We zullen een verbeterde klimatologie van de Marsatmosfeer hebben ontwikkeld die ter beschikking van de gemeenschap zal worden gesteld. We zullen beter begrijpen hoe processen op sub-gridschaal in atmosfeermodellen kunnen worden weergegeven en dit zal onze kennis vergroten over het verband tussen de bronprocessen in de lagere atmosfeer en hun gevolgen in de hogere atmosfeer.

CONTACT INFORMATIE

Coördinator

Lori Neary

Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA)

lori.neary@aeronomie.be

LINKS

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

Twitter: [@GEM Mars Model](https://twitter.com/GEM_Mars_Model) and [@modeller_lori](https://twitter.com/modeller_lori)