

## VU Research Portal

### **Validating the performance of a Raman laser spectrometer (RLS) instrument under Martian conditions**

Motamedi Mohammadabadi, K.

2013

#### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

#### **citation for published version (APA)**

Motamedi Mohammadabadi, K. (2013). *Validating the performance of a Raman laser spectrometer (RLS) instrument under Martian conditions*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

#### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

#### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

#### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

## Nederlandse samenvatting

De ExoMars missie is de eerste ruimtemissie binnen het Aurora programma van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA. De belangrijkste wetenschappelijke doelen van deze missie zijn het beter begrijpen van de geologische geschiedenis van Mars, en de zoektocht naar de vroegere of huidige aanwezigheid van leven op Mars. Omdat de aanwezigheid van vloeibaar water essentieel is voor het bestaan van leven op Aarde, wordt bij Marsmissies het zoeken naar leven gelijkgesteld aan het zoeken naar water ('follow the water'). Naast wetenschappelijke redenen voor een zoektocht naar water op Mars is er ook een praktische reden. Als er ook nu nog water of ijs aanwezig is in de bovenste grondlagen van Mars, zou dat toekomstige bemande missies naar Mars vergemakkelijken.

Een van de belangrijkste taken van veel instrumenten op huidige en toekomstige Marsmissies is dan ook om nauwkeuriger gegevens te verzamelen over de hoeveelheid water op het oppervlak van Mars, over de verspreiding van dat water, en over de vorm waarin het water is opgeslagen (als vloeistof, ijs, of als watermoleculen in waterhoudende silicaten of zwavelhoudende mineralen zoals klei of sulfaten).

Een instrument dat Raman spectroscopie combineert met laser-geïnduceerde breakdownspectroscopie (Raman-LIBS Spectrometer/RLS) maakte aanvankelijk deel uit van het Pasteur instrumentpakket op de ExoMars rover. Dit instrument was een van de belangrijkste in het pakket, omdat gesteentemonsters als eerste door dit instrument zouden worden geanalyseerd. Ramanspectroscopie zou gebruikt worden om de mineralogie en organische bestanddelen van monsters te karakteriseren. Tegelijkertijd zou de LIBS techniek gebruikt worden om de chemische samenstelling van de mineralen te bepalen. Door de combinatie van mineralogische en chemische informatie zouden zowel de aanwezigheid van water als de petrogenetische processen die ten grondslag lagen aan de vorming van de aanwezige gesteenten bestudeerd kunnen worden. Door het beperken van de ExoMars missie is het RLS instrument inmiddels vervangen door een Raman spectrometer. Niettemin wordt de toegevoegde waarde van een gecombineerd RLS systeem nog steeds breed onderschreven. De ontwikkeling van een RLS wordt daarom momenteel voortgezet met het oog op toekomstige missies naar zowel Mars als de Maan.

Dit promotie-onderzoek had tot doel een optimale analyse-strategie te ontwikkelen voor metingen met een gecombineerd Raman-LIBS instrument (RLS) op het Marsoppervlak. Om dit doel te bereiken is eerst een test-faciliteit ontworpen en gebouwd (MASC, Mars Atmosphere Simulation Chamber), waarin de atmosferische omstandigheden op het oppervlak van Mars kunnen worden nagebootst. MASC is een cilindrisch vat met een volume van 200 liter met een innovatief verwarmings- en koelsysteem, gekoppeld aan een vacuum/gasinlaat systeem. In de MASC faciliteit kunnen de temperatuur, gassamenstelling, en druk op het Marsoppervlak worden nagebootst. Instrumenten kunnen in het vat bij realistische condities *in situ* analyses uitvoeren en zo getest worden.

Na constructie van de MASC faciliteit is het RLS instrument getest onder Martiaanse omstandigheden. De RLS is in het MASC vat gemonteerd, en de prestaties van het instrument

zijn ge-evalueerd. Het effect van veranderingen in omstandigheden op de prestaties van de RLS zijn eerst bestudeerd aan de hand van spectrometer calibraties bij verschillende temperaturen. Voor de calibratie werd gemeten waar zichtbaar wit licht met golflengtes tussen de 400 en 800 nm geprojecteerd werd op de CCD detector van de spectrometer. Het deel van het spectrum tussen 660 en 800 nm werd gebruikt voor Raman analyses. De calibratie gaf aan dat de positie van het spectrum op de CCD duidelijk veranderde bij verandering van de temperatuur van de spectrometer, waarschijnlijk door verschuiving of vormverandering van het gebruikte prisma. Een belangrijke observatie is dat het spectrum niet horizontaal verschuift op de CCD, waardoor golflengte-calibraties niet beïnvloed worden. Samenvattend concluderen we dat het RLS instrument op Mars gebruikt kan worden, mits temperatuurvariaties beperkt blijven tot het gebied tussen +10 en -20 °C.

Ten slotte is de werking van het RLS instrument bij Marscondities getest door het meten van Raman spectra van een reeks mineralen. De resultaten van deze metingen geven aan dat er geen significante effecten zijn van temperatuur en atmosferische druk op de Raman spectra. Wel is aangetoond dat variaties in de chemische samenstelling van mineralen binnen een bepaalde groep leiden tot meetbare veranderingen in de Raman spectra van het RLS instrument bij Marscondities. Zo kan de magnesium:ijzer verhouding in olivijn bepaald worden aan de hand van Raman spectra. Het Raman signaal van sommige mineralen is te zwak bij gebruik van het RLS instrument, terwijl dezelfde mineralen een duidelijk Raman signaal geven als commerciële Raman apparatuur wordt gebruikt.

In vervolgstudies zouden metingen gedaan moeten worden aan monsters die representatiever zijn voor de bodem op Mars. Hoewel de metingen in het werk beschreven in dit proefschrift plaats hebben gevonden onder Marscondities, konden niet alle aspecten van metingen op Mars nagebootst worden. Zo is een systematische studie naar het effect van korrelgrootte, mineraalkleur, en korrelmorfologie op Raman spectra nodig. De werking van het RLS instrument was suboptimaal in verschillende opzichten. De volgende adviezen voor het verbeteren van het instrument komen voort uit dit promotie-onderzoek:

- Een stabielere Raman laser is nodig om nauwkeurige en reproduceerbare Raman spectra te verkrijgen
- De laserstraal moet intenser worden om de detectielimieten te verbeteren
- De spotgrootte van de laserstraal moet verkleind worden zodat kleinere mineraalkorrels kunnen worden geanalyseerd
- Signaal-ruis verhouding en optische transmissie kunnen verbeterd worden door het optische ontwerp te verbeteren met (a) een andere spectrometer (b) kortere optische vezels (c) minder connectoren.
- De koeling van de CCD zou verbeterd kunnen worden. Ook dit leidt tot verbetering van de signaal-ruis verhouding.
- Om watergehaltes te meten met Raman spectroscopie moet de golflengte van de laserbron verlaagd worden.

De uitkomsten van dit onderzoek geven aan dat een gecombineerd Raman-LIBS instrument een zeer nuttig, veelzijdig instrument kan zijn voor toekomstige landermissies naar de Maan en Mars.