

# Proposition de mémoire

## Etude de faisabilité d'un instrument de télédétection de l'atmosphère observant depuis la surface de la Lune

**Co-promoteur:** Emmanuel Dekemper

**Organisation:** Institut Royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (BIRA-IASB)

### 1 Contexte

L'agence spatiale européenne (ESA) a développé une vision stratégique appelée [Terra Nova 2030+](#). Cette ambition se traduira par l'envoi de nouveaux astronautes dans la station spatiale internationale (ISS), la construction d'une station spatiale en orbite autour de la Lune (Lunar Gateway), le développement d'un alunisseur (Argonaut) qui emmènera des astronautes sur la lune, ainsi que du matériel scientifique. Enfin, un nouveau rover tentera de se poser sur Mars.

L'institut d'aéronomie spatiale de Belgique (BIRA-IASB) mène, entre autres, des recherches sur la composition de l'atmosphère terrestre (et d'autres planètes), à travers le développement et l'exploitation d'instruments satellitaires. Avec le développement du nouveau programme lunaire, il semble intéressant d'étudier les possibilités offertes par des instruments qui seraient installés à la surface de la Lune.

### 2 Projet de recherche

Le projet consiste en la réalisation d'une étude de faisabilité concernant un instrument de télédétection atmosphérique qui serait déployé à la surface de la Lune. La Lune, bien que très éloignée de la Terre en comparaison avec les altitudes typiques des satellites d'observation de la Terre, offre une position d'observation assez intéressante. Un instrument placé à sa surface verrait la Terre sous un angle de  $2^\circ$ , rendant possible des observations de l'entièreté du globe avec un petit champ de vue. Le fait que la Lune présente toujours la même face vers la Terre est également un avantage.

La majorité des satellites d'observation de la Terre regardent au nadir (vers le sol), fournissant des mesures avec une très bonne couverture géographique, mais une résolution verticale très pauvre. Les instruments regardant de manière tangente à la surface, permettent quant à eux d'obtenir des profils de concentration ( $O_3$ , aerosols,  $CH_4$ , etc) bien plus précis. C'est cette catégorie d'instrument que nous souhaitons étudier. On les désigne par le terme "instrument au limbe".



Afin d'atteindre l'objectif du mémoire, il faudra effectuer un certain nombre de calculs et simulations.

## 2.1 Calculs astronomiques

A l'aide d'un calculateur d'orbites (comme la librairie [SPICE](#) du JPL), il faudra répondre aux questions suivantes:

- Quelles sont conditions d'éclairement de l'atmosphère terrestre vue depuis la Lune tout au long de l'année.
- Y a-t-il des événements d'occultation solaire, quelle est leur occurrence, quelle partie du globe est concernée?
- Y a-t-il des moments où l'observation est impossible ou partielle?
- Y a-t-il un emplacement préférable sur la Lune?

## 2.2 Transfert radiatif

Deux modes d'observation "au limbe" devront être considérés: un mode "bright limb" pour un instrument observant la lumière du soleil diffusée par l'atmosphère (ou plutôt le "disque atmosphérique" tel qu'il est vu depuis la Lune), et un mode "occultation solaire" pour un instrument mesurant l'extinction directe de la lumière du soleil à travers l'atmosphère.

Pour chacun des deux modes, il faudra estimer les niveaux de lumière attendus au niveau de l'instrument. Cette estimation reposera sur deux modèles de transfert radiatifs qui devront être adaptés aux conditions d'observation particulières.

## 2.3 Paramètres environnementaux

Un instrument sur la Lune ne bénéficiera plus de la même protection du champ magnétique de la Terre, il faudra donc estimer l'exposition au vent solaire et autres particules cosmiques. D'autres paramètres comme les variations de la température à la surface, ainsi que l'impact d'une force de pesanteur réduite devront également être pris en compte. Ce volet reposera sur de la recherche bibliographique.

## 2.4 Concept instrumental et études de performance

Après avoir étudié les points précédents, il faudra tenir compte de ces informations lors de la définition de l'instrument. L'objectif sera de proposer un concept instrumental qui aura les capacités de faire des mesures de profils d'ozone soit en mode "bright limb", soit en mode "occultation solaire", en fonction du cas qui semblera le plus prometteur. L'intensité du signal lumineux, mais aussi les exigences en termes de capacités spectroscopiques ainsi que de résolution spatiale devront être pris en compte. Si possible des simulations de performance seront réalisées.

# 3 Modalités pratiques

Le mémoire se déroulera en partie sous la supervision d'un membre de l'équipe "sondage au limbe" de l'IASB. Les outils de calculs astronomiques, et de simulation de transfert radiatif seront mis à disposition, ainsi qu'un accès aux servers de calculs de l'institut.