Notice préparatoire à un stage d'observation au B.USOC à destination du troisième degré de l'enseignement secondaire ordinaire général — « ALTIUS »

Préparé par W. Van Passel
28.11.2025

L'organisation du stage d'observation se conforme aux modalités définies par le cadre légal en vigueur[1] et les procédures internes de l'Institut royal d'Aéronomie spatiale de Belgique (IASB), dont le B.USOC (Belgian User Support and Operations Center) est un programme scientifique dédié. L'objectif du stage comprend la découverte du B.USOC et de ses métiers, la rencontre et le dialogue avec différents membres de son personnel, et l'exécution d'une activité pratique permettant de mieux appréhender le contexte des activités du B.USOC.

Cette notice tient lieu de carnet de stage.

1 Conditions de participation

Le ou la stagiaire est élève du troisième degré d'un établissement scolaire général et a dûment soumis une demande de stage motivée auprès de l'institution pour une durée de cinq jours ouvrables. La convention de stage jointe à la demande doit mentionné le nom et coordonnées du maître de stage encadrant l'élève. Une connaissance intermédiaire de l'anglais (B1) est recommandée ainsi qu'un intérêt pour les domaines scientifiques ou techniques et une maîtrise de base des logiciels bureautiques (tableur, éditeur de texte). Si possible, l'élève devrait être muni d'un ordinateur portable durant le stage.

2 Données administratives

L'IASB est un Établissement scientifique fédéral relevant de la Politique scientifique fédérale (BELSPO) dont les coordonnées sont :

Dénomination : ..... Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique
Adresse : ..... Avenue Circulaire 3
Code postal : ..... 1180 Bruxelles
N° d'entreprise :..... BE0349010750
Représenté par : ..... Ann Carine Vandaele
En qualité de : ..... Directrice Générale
Téléphone : ..... +32-2-3730404
Courriel : ..... stage-ae@aeronomie.be

[1] Pour la Fédération Wallonie Bruxelles, les arrêtés du Gouvernement de la Communauté française du 1er avril et 16 décembre 2015 fixant respectivement les modalités d'organisation des stages dans l'enseignement secondaire ordinaire et l'enseignement secondaire spécialisé de forme 4 , et la définition du profil de fonction des tuteurs en entreprise

Lorsqu'effectué au B.USOC, le référent du stage d'observation (tuteur) en charge de la supervision de l'élève est

Monsieur..... Michel Kruglanski
Fonction : ..... Chef du Programme scientifique B.USOC
Courriel : ..... michel.kruglanski@aeronomie.be

3 Résumé des activités prévues

- Découverte du B.USOC (Belgian User Support and Operations Centre) et observation des activités du segment sol d'ALTIUS, incluant les aspects de planification, d'analyse des données et de support aux opérations.
- Exploration des principes scientifiques de la mission ALTIUS, notamment l'observation du limbe atmosphérique, le rôle des occultations solaire et stellaire, et la mesure d'ozone et d'autres traceurs atmosphériques.
- Initiation à la programmation en Python à l'aide de Jupyter Notebook (environnement de programmation interactif agençant code, texte et graphiques), avec des exercices progressifs portant sur des concepts de base de l'informatique et leur application au domaine spatial.
- Introduction aux notions de mécanique orbitale (p.ex. orbites héliosynchrones, angle bêta, géométrie d'occultation) et mise en pratique à l'aide de scripts Python permettant de visualiser ou analyser la trajectoire d'un satellite.
- Exploration des mesures d'ozone (O_3) à partir de données simulées : le stagiaire utilisera un pipeline déjà préparé pour obtenir des valeurs d'ozone à partir de spectres simulés, et apprendra à interpréter ces valeurs et à en comprendre la signification.

4 Programme de la semaine et horaire journalier

Le stage se déroule idéalement sur une seule semaine, du lundi au vendredi. Le premier jour, l'élève est accueilli à 9h30, la première matinée étant dédiée à une introduction des lieux, au modalités administratives (p.ex. carte d'accès) et à la finalisation du programme en fonction du planning et des diverses disponibilités. Une présence de minimum 6 heures (hors pause de midi) par jour est attendue tout en n'excédant pas une présence hebdomadaire totale de 35 heures.

	Activité le matin	**Activité l'après-midi**	**Heure d'arrivée**	**Heure de départ**
Lundi	*Accueil & introduction ; programme de la semaine ; documentation*		9h30	
Mardi				

	Activité le matin	Activité l'après-midi	Heure d'arrivée	Heure de départ
Mercredi				
Jeudi				
Vendredi		*Évaluation de la semaine ; conclusion du stage*		

Le programme comprend typiquement :

- une visite des installations (salles de contrôle et laboratoires des modèles d'ingénierie) ;
- la rencontre avec des gestionnaires de projet ou ingénieurs opérations travaillant sur des projets en lien avec l'Agence Spatiale Européenne (ESA), dont
  - SWESNET (réseau européens de services de météorologie spatiale),
  - ISS Payload operations :
    - ASIM : centre responsable des installations et des opérations de la plateforme externe ASIM (*Atmosphere-Space Interactions Monitor*), dédiée à l'observation des événements lumineux transitoires.
    - FSL : centre responsable des installations et des opérations du *Fluid Science Laboratory*, un laboratoire dédié aux expériences sur la dynamique de la matière molle ;
  - *Comet Interceptor* (mission visant à survoler une comète venant du nuage d'Oort aux confins du système solaire) ;
- une introduction à l'exercice pratique ;
  - la lecture en autonomie de documentation technique sur ALTIUS ;
  - une initiation à la programmation en Python via Jupyter Notebook ;
  - une introduction aux notions de mécanique orbitale pertinentes pour ALTIUS (orbites héliosynchrones, angle bêta, géométrie d'occultation), suivie d'applications pratiques avec des scripts Python ;
- l'utilisation d'un pipeline préconfiguré permettant d'extraire des concentrations d'ozone (O_3) à partir de spectres simulés, ainsi que l'interprétation des résultats ;
- l'analyse en autonomie d'un petit jeu de données (p.ex. trajectoires ou mesures atmosphériques simulées) ;
- l'évaluation du stage.

5 Évaluation du stage

À compléter lors de la dernière demi-journée par le stagiaire et le tuteur.

Apprentissage réalisé par le stagiaire	Observations du tuteur de stage
Sur le plan professionnel	**Sur le plan des compétences mobilisées**
Sur le plan personnel	**Insertion dans l'établissement**
Insertion dans l'établissement	**Conseils pour progresser**

6 Activité pratique

La mission ALTIUS (Atmospheric Limb Tracker for Investigation of the Upcoming Stratosphere) a pour objectif d'observer l'ozone stratosphérique et d'autres gaz trace dans la haute atmosphère à l'aide de sondage du limbe. Plutôt que de regarder directement vers le sol, le satellite observe l'atmosphère le long de l'horizon terrestre, ce qui permet de fournir des profils verticaux de concentration des gaz mesurés.

Le satellite est placé en orbite polaire (altitude : 668 km) permettant une couverture globale en trois jours. L'instrument embarqué est un imager spectral haute résolution, couvrant l'ultraviolet, le visible et le proche infrarouge, afin de détecter précisément les bandes d'absorption de l'ozone.

Les données collectées par ALTIUS serviront à surveiller les tendances à long terme de l'ozone, à soutenir la prévision météorologique et à alimenter les modèles climatiques. La mission est développée dans le cadre du programme Earth Watch de l'ESA, financée principalement par la Belgique avec la participation du Canada, du Luxembourg et de la Roumanie. Le lancement est prévu pour fin 2027 depuis Kourou à bord d'une fusée Vega-C.

Sources d'information générales sur ALTIUS :

- https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Altius
- https://www.aeronomie.be/en/annual-report/altius-getting-ready-belgiums-o3-mission-operations
- https://eo.belspo.be/nl/altius
- Fussen, D., et al. (2019). The ALTIUS atmospheric limb sounder. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 238*, 20. https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2019.06.021

Le segment sol de la mission ALTIUS inclut un PDGS (Payload Data Ground Segment) chargé de:

— planifier les activités de la charge utile, en définissant les observations à réaliser par le segment spatial.
— traiter et exploiter les données scientifiques, après leur réception du satellite.
— évaluer les performances du système, aussi bien d'un point de vue scientifique qu'opérationnel.

Le B.USOC se prépare actuellement à accueillir et exploiter le PDGS en tant qu'Operational Team (OT), tandis que le logiciel et l'infrastructure du PDGS sont développés par l'industrie. En support à cette industrie, le B.USOC travaille actuellement sur des extensions logicielles (en Python) qui seront intégrés à l'outil de planification du PDGS.

Dans ce contexte, le stagiaire pourra découvrir la programmation Python, explorer les concepts fondamentaux de la manipulation de données et se familiariser avec l'application de ces compétences à un environnement d'une mission spatiale réelle, la mission ALTIUS.

Déroulement proposé

1) Découverte du B.USOC et du segment sol ALTIUS
    - Présentation des activités du B.USOC et de son rôle dans le segment sol d'ALTIUS.
2) Exploration scientifique de la mission ALTIUS
    - Introduction aux principes de l'observation du limbe atmosphérique et explorer les différentes géométries d'observation :
        i. Observation directe du limbe : mesure de la diffusion atmosphérique
        ii. Occultation solaire : mesure de la lumière solaire filtrée par l'atmosphère pendant le lever ou le coucher du Soleil depuis l'orbite.
        iii. Occultation stellaire : mesure de la lumière des étoiles à travers l'atmosphère, Cas particulier : occultation planétaire et lunaire.

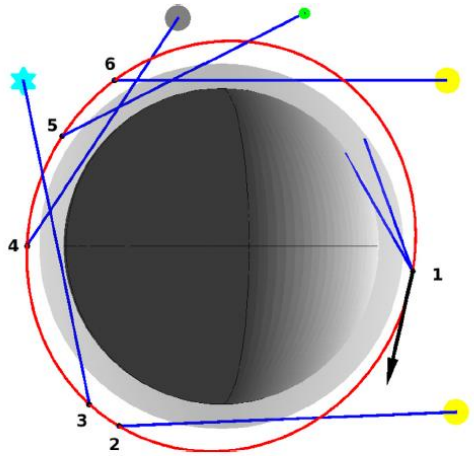

Fig. 1. ALTIUS observation geometry and baseline operations: (1) backward limb, (2) sunset occultation, (3) star occultation, (4) Moon occultation, (5) planet occultation, (6) sunrise

- Principe de l'imagerie spectrale et lien avec la mesure de la concentration des gaz atmosphériques.
    i. L'instrument acquiert des spectres dans plusieurs bandes (UV, visible, proche infrarouge
    ii. Chaque gaz absorbe la lumière à des longueurs d'onde spécifiques, ce qui permet de déterminer sa concentration.

- Analyse des objectifs scientifiques et opérationnels de la mission

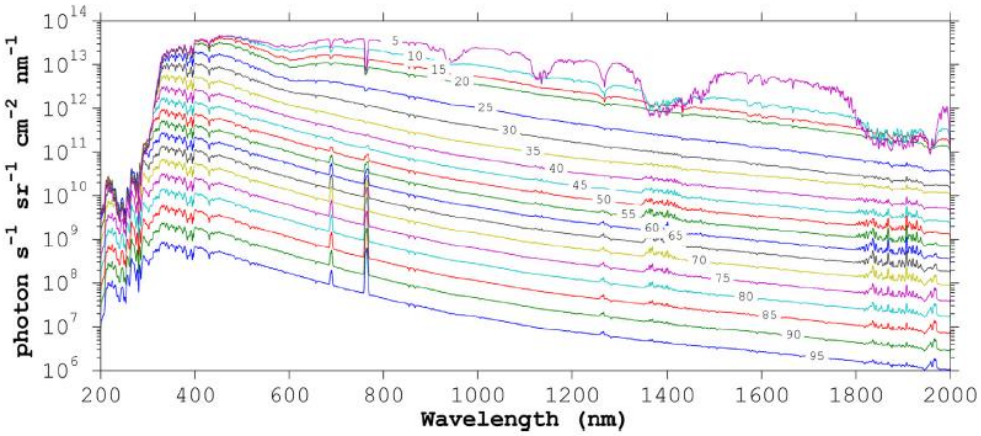

Fig.2. Limb-scattered spectral radiance as a function of tangent altitude (see curve label in km) and wavelength. Simulated with MODTRAN 5 with the US standard 1976 mid-latitude summer atmospheric model at 10:30 a.m. local time.

3) Initiation à Python (Jupyter Notebook).
   - Ouverture et exploration des documents Jupyter Notebook
   - Exécution de commandes simples : variables, types de données, boucles, fonctions.
   - Exercices progressifs pour se familiariser avec la programmation appliquée au spatial.
4) Introduction a la mécanique orbitale et visualisation
   - Notions de base : orbites héliosynchrones, angle bêta, géométrie d'occultation.
   - Utilisation de scripts Python simples pour visualiser la trajectoire d'un satellite et comprendre les concepts orbitaux.

- Observation de l'effet de l'orbite sur la couverture de la mission (zones observées, fréquence de revisite,…)

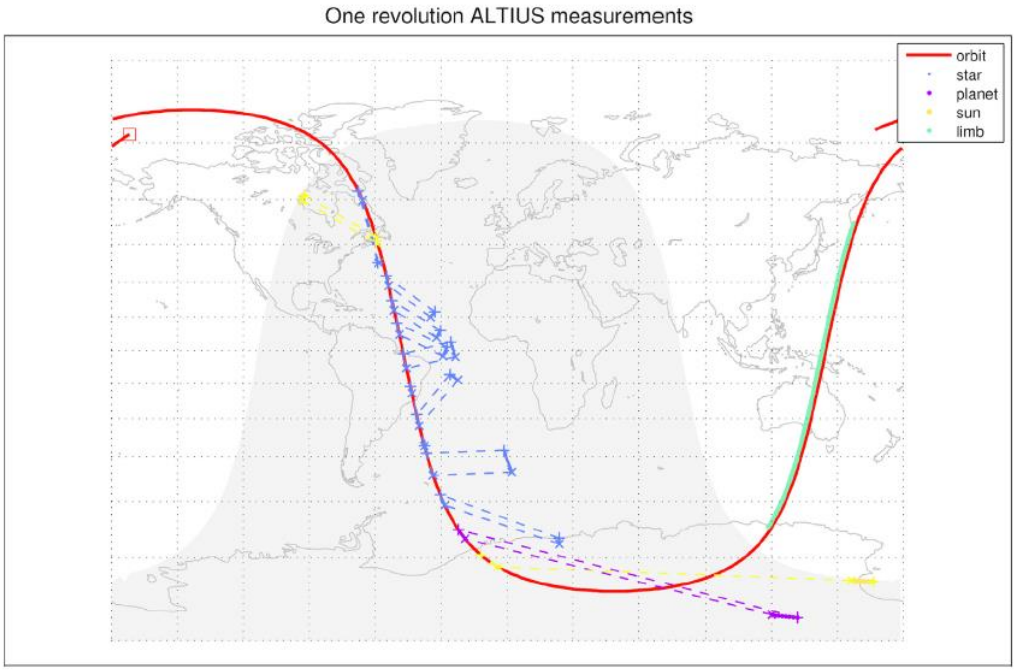

Fig. 3. Observation in the baseline scenario for one revolution. ALTIUS successively performs limb (green) observations, solar occultations (yellow), planet occultation (magenta) and stellar occultations (blue) measurements. For the occultations, the geolocations of line-of-site tangent points are shown. The beginning and the end of the occultation measurements are associated with the corresponding orbit sectors. Only stars/planets with a magnitude brighter than 3 are considered. The terminator position, that changes during a revolution, was calculated at each longitude when the orbit crosses the longitude.

5) Exploitation des mesures d'ozone à partir de données simulées
   - Utilisation d'un pipeline prédéveloppé pour convertir des spectres simulés en valeurs d'ozone (O_3).
   - Vérification des fichiers de données : format, colonnes, métadonnées (date/heure, conditions d'observation).
   - Analyse et interprétation des résultats d'ozone : représentation graphique des valeurs obtenues et discussion de leurs variations dans le contexte scientifique de la mission ALTIUS.

NOTES