


A vertical orange line is positioned to the left of the text. The background is a photograph of Earth from space, showing the horizon and a bright sun in the upper left corner with lens flare.

Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie  
(BIRA-IASB)  
Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique

A vertical orange line is positioned to the left of the text.

Aperçu des activités  
2007  
Overzicht van de activiteiten



# Rapport annuel 2007

<b>Avant-propos</b>	p. 5
<b>Chapitre 1: Activités en 2007</b>	
1.1. Chimie et physique des atmosphères	p. 8
1.2. Physique des plasmas spatiaux	p. 23
1.3. Ingénierie	p. 29
1.4. B.USOC	p. 32
<b>Chapitre 2: Fonctionnement</b>	
2.1. Personnel	p. 35
2.2. Service de communication	p. 37
2.3. Budget	p. 41
2.4. ICT	p. 43
<b>Publications</b>	p. 46
<b>Objectifs pour 2008</b>	p. 47
<b>Annexes:</b>	
Annexe 1: Chimie et physique des atmosphères	p. 49
- Résumé détaillé en anglais	
- Publications	
Annexe 2: Milieu interplanétaire et plasma	p. 98
- Résumé détaillé en anglais	
- Publications	



## Avant-propos

A l'issue de 2007, l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB) peut se prévaloir d'importantes réalisations accomplies tout au long de cette année, aussi bien au niveau de la recherche scientifique que pour la prestation de services qui y sont associés.

Nous sommes parfaitement conscients des problèmes croissants rencontrés par notre société face aux nombreux enjeux environnementaux tels que le réchauffement du climat, la pollution croissante, la disparition de la couche d'ozone stratosphérique, etc. Ces phénomènes désastreux ont évidemment sensibilisé l'opinion publique, mais aussi les décideurs politiques qui ont dû prendre des mesures concrètes pour tenter de garder ces phénomènes sous contrôle, et s'engager ainsi sans trop de crainte vers le futur.

L'IASB se préoccupe également de cette évolution. Ainsi, au sein de ses activités, essentiellement centrées sur la physique et chimie des atmosphères ainsi que sur la physique des plasmas spatiaux, l'Institut a décidé de focaliser sa recherche sur les thèmes suivants :

- La **Physique des plasmas spatiaux (Space Physics)** étudie les différents plasmas magnétisés rencontrés dans l'héliosphère : la couronne solaire, d'où émane le vent solaire, les différentes régions de la magnétosphère et de l'ionosphère terrestre, les magnétosphères et ionosphères des autres planètes, les environnements cométaires et les plasmas poussiéreux. Un aspect essentiel est de comprendre les mécanismes d'interactions entre ces différentes régions. C'est pourquoi une attention toute particulière est portée au vent solaire et au champ magnétique interplanétaire qui contrôlent les propriétés et la dynamique globale de ces régions.

- Les **sources et puits atmosphériques (Atmospheric Sources and Sinks)** s'appliquent à l'interaction qui existe entre l'atmosphère terrestre et les régions connexes telles l'hydrosphère, la biosphère et « l'anthroposphère », c'est-à-dire la sphère qui considère les impacts liés à l'action de l'homme sur l'atmosphère terrestre. Jusqu'à présent, le rôle joué par les différents gaz à effet de serre a toujours tenu une place importante dans la recherche environnementale, ceci essentiellement en raison de leur action clairement démontrée sur le réchauffement actuel du climat. De même, les interactions biosphère-atmosphère ainsi que la chimie troposphérique, trouvent progressivement de plus en plus d'écho.

- Les **gaz réactifs atmosphériques (Atmospheric Reactive Gases)** intéressent également largement l'IASB qui s'investit dès lors dans l'étude de la composition des atmosphères terrestre et planétaires, en réponse aux processus dynamiques et chimiques qui y ont lieu. L'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique, par exemple, sous l'action des fréons (CFC), de même que

l'émission de diverses substances polluantes affectant globalement la qualité de l'air en surface, apparaissent comme autant de sujets importants et mobilisant la recherche.

- **Le rayonnement solaire dans les atmosphères planétaires (Solar Radiation in Planetary Atmospheres)** est également étudié, dans ses modes de propagation du champ électromagnétique comme dans ses interactions avec les couches atmosphériques rencontrées. De nouveaux principes d'observation par télédétection sont d'ailleurs envisagés, afin de progresser dans ce domaine de la chimie et de la dynamique des atmosphères planétaires.

- Les **Services scientifiques (Scientific Services)** développent de nouvelles applications de recherche à destination des utilisateurs. C'est le cas, par exemple, d'activités opérationnelles en appui aux missions spatiales, qui nécessitent une réponse permanente de la part des utilisateurs, mais aussi de la part des quatre groupes de recherche liés aux thèmes précités, ceci afin de poursuivre les activités de développement, de validation et d'amélioration des services proposés.

L'Institut s'oriente vers ces différents domaines en faisant un large usage des modèles globaux pour répondre bien souvent à des besoins plus locaux.

L'aéronomie est également devenue très interdisciplinaire. Ainsi, la recherche scientifique et les services associés sont de plus en plus liés à la dynamique des modèles météorologiques.

Les principales réalisations pour l'année 2007 peuvent se résumer comme suit:



- un accord de coopération fut signé avec la Chine, dans le domaine de la recherche atmosphérique, et plus particulièrement pour la qualité de l'air. Dans ce dernier, il est convenu que l'IASB met ses connaissances scientifiques et ses équipements au sol à disposition de la Chine, alors que celle-ci met à disposition de l'IASB, ses mesures locales et les données d'un de ses

satellites. Ceci devrait permettre, in fine, d'améliorer les modèles de prévision. L'accord fut signé lors d'une mission diplomatique, en novembre 2007, en présence de S.A.R. le prince Philippe de Belgique.

- une consolidation des objectifs stratégiques de l'Institut.
- le lancement du Centre d'Excellence « Soleil-Terre », un projet mis sur pied en collaboration avec l'Institut Royal Météorologique et l'Observatoire Royal de Belgique, pour la recherche sur le Soleil et son influence sur la Terre.
- les activités préparatoires au lancement du module COLUMBUS vers la Station Spatiale Internationale (ISS), avec deux expériences à bord sous la responsabilité de l'IASB (SOLAR et PCDF).
- la gestion du centre de contrôle de la mission « PICARD ».
- la mise en place d'un portefeuille structuré de produits pour la prestation de services scientifiques à destination de différents utilisateurs.
- l'intérêt croissant de la NASA pour l'instrument SOIR, en vue de la future mission SCOUT à destination de la planète Mars, ceci en raison du succès de l'expérience belge à bord de la mission spatiale « Venus Express ». Des activités préparatoires de développement sont prévues pour en minimiser les risques.
- l'IASB s'est également positionné au sein du programme européen GMES, en répondant au premier appel d'offre du programme spatial FP7.

L'ensemble de ces activités menées dans le cadre de la recherche scientifique et des services n'a pas manqué d'engendrer une solide croissance de l'Institut.

A côté de tout cela, grâce une réorganisation progressive de ses divers services (ingénierie, gestion globale, communication externe, technologie de l'information, administration, ressources humaines, etc.), l'Institut a permis d'optimiser les tâches de ces derniers afin de mieux répondre à ses nouveaux besoins.

Dans le domaine des activités scientifiques, les formations destinées aux scientifiques sont dorénavant plus fréquentes. Elles ont également gagné en professionnalisme et les projets, plus interdisciplinaires qu'auparavant, sont envisagés à présent sous la forme de partenariats et de réseaux d'activités, ce qui contribue finalement largement à l'amélioration de la qualité, de la compétitivité et de la pertinence de la recherche.

L'ensemble de ces services scientifiques et des activités de recherche, les nombreux résultats obtenus, mais aussi les programmes éducatifs, socio-culturels, économiques, etc., font de l'IASB un centre de renommée internationale. Nous le devons bien sûr, en grande partie, au travail enthousiaste de notre personnel, composé de près de 150 membres. Toutefois, tout ceci ne serait pas possible sans le soutien indéfectible du ministère de la politique scientifique fédérale et de la Loterie Nationale.

**Noël PARMENTIER**

# **Chapitre 1 : Activités en 2007**

## **1.1. Chimie et physique des atmosphères**

Une grande partie des activités scientifiques de l'IASB a concerné l'étude de la chimie et de la physique des atmosphères planétaires et en particulier bien sûr de l'atmosphère terrestre. Trois aspects importants de ces activités sont : (a) la participation aux observations, (b) la mise en œuvre de modèles mathématiques pour analyser les données obtenues, (c) la conception de modèles numériques des atmosphères terrestre et planétaires. Afin de réaliser ces objectifs, l'Institut investit énormément dans le développement de nouveaux instruments et de nouvelles techniques d'analyse. En soutien des observations atmosphériques s'ajoute également une expertise importante découlant d'expériences en laboratoire. Ces expériences permettent aussi d'améliorer les modèles numériques. Finalement, notre Institut travaille activement à l'établissement d'activités dites de services avec pour but de mettre ces résultats et modèles à la disposition d'utilisateurs externes.

### **1.1.1. L'étude de l'atmosphère terrestre**

#### **Les différentes plateformes d'observation**

Le réseau NDACC (le réseau international pour la détection de changements dans la composition de l'atmosphère terrestre) consiste en 70 stations de mesures par télédétection dont le but est l'observation de la stratosphère et de la troposphère. Ce réseau permet d'améliorer la compréhension de la chimie et de la physique de l'atmosphère terrestre afin d'en évaluer l'impact sur le climat à l'échelle mondiale. L'IASB joue un rôle actif dans ce réseau en traitant les mesures obtenues à partir de quatre stations : Harestua (60°N) en Norvège, Jungfraujoch (46°N) dans les Alpes Suisses, l'Observatoire de Haute-Provence dans le sud de la France (44°N) et l'île de la Réunion (21°S) dans l'Océan Indien. En même temps, l'IASB assure la co-présidence des groupes de travail UV-Vis et Infrarouge, et est également membre du « Comité de pilotage ».

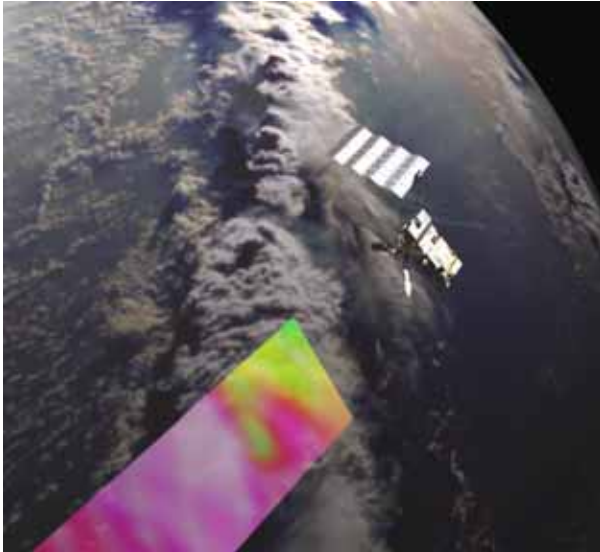
L'IASB est également un partenaire actif dans le domaine de l'analyse des données provenant des instruments spatiaux GOME, GOMOS, SCHIAMACHY, MIPAS, OMI et IASI. L'instrument GOME fait partie du satellite ERS-2 de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), lancé en 1995. Les instruments GOMOS, SCHIAMACHY et MIPAS se trouvent à bord de ENVISAT, le plus volumineux et le plus lourd des satellites européens, lancé en mars 2002. OMI est un spectrographe imageur observant au nadir à bord du satellite AURA de l'ESA, et IASI est un spectromètre infrarouge à bord de METOP.

SCIAMACHY est un instrument qui est le fruit d'une collaboration entre l'Allemagne, la Hollande et la Belgique. L'IASB effectue le suivi de l'instrument en vol et de tous les aspects de son programme scientifique. GOME et SCIAMACHY sont tous deux des spectromètres dirigés vers le nadir, qui



mesurent la lumière solaire rétrodiffusée par l'atmosphère, dans un domaine de longueur d'onde qui s'étend de l'ultraviolet (UV) jusqu'à l'infrarouge proche (NIR). Les scientifiques de l'IASB sont membres des « Quality Working Groups » de GOMOS et SCIAMACHY. Le spectromètre GOMOS est conçu pour la mesure des profils verticaux d'ozone via la technique d'occultation stellaire par la terre. Enfin, MIPAS génère des cartes de concentration des constituants en trace comme les polluants industriels ou certain gaz à effet de serre.

### Gaz ozone en trace



L'ozone se forme naturellement dans la stratosphère, il absorbe une grande partie des dangereux rayonnements UV en provenance du Soleil, et constitue par conséquent une protection importante pour la vie sur Terre. A l'inverse, l'ozone se formant dans la troposphère est un polluant secondaire qui résulte de l'action du rayonnement solaire sur des polluants primaires précurseurs. L'ozone troposphérique a donc un effet toxique sur les êtres humains et la végétation.

L'ozone stratosphérique est étudié à l'IASB depuis les années 70. L'IASB a notamment effectué les premières mesures des oxydes d'azote et du chlorure d'hydrogène à l'aide de ballons stratosphériques. L'IASB participe toujours activement à la recherche sur l'évolution de la couche d'ozone. Les activités importantes dans ce domaine sont: (a) les mesures à long terme de l'ozone troposphérique et stratosphérique, (b) la modélisation de la couche d'ozone stratosphérique, (c) les prédictions à court terme de l'évolution de la couche d'ozone, basées sur ces modèles. Un exemple d'activité est l'algorithme GODFIT, développé à l'IASB, qui sera implémenté dans le processeur opérationnel de données de GOME (GDP5).

Plusieurs équipes de l'IASB réalisent les observations UV-Vis à Harestua, au Jungfraujoch et à l'Observatoire de Haute-Provence à l'aide des instruments DOAS et MAXDOAS. La technique DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy), une spécialité de l'IASB internationalement reconnue, permet de déterminer les abondances des gaz en trace dans une colonne d'atmosphère. Pour cela, on utilise des mesures de l'intensité du rayonnement électromagnétique dans différentes fenêtres spectrales. L'analyse de ces données spectrales se fait au moyen de l'algorithme WinDOAS, développé à l'IASB et actuellement utilisé par un grand nombre de partenaires au sein du NDACC. Cet algorithme a été implémenté sous forme de logiciel produit

(QDOAS) utilisable sous différents systèmes d'exploitation informatiques tels que Linux, Windows, etc... L'algorithme WinDOAS est continuellement mis à jour en tenant compte des découvertes scientifiques récentes.

Les séries temporelles des concentrations de la colonne totale de BrO, mesurées depuis 1995 au-dessus de Harestua et de Lauder (45°S, Nouvelle Zélande), ont apporté pour la première fois l'évidence expérimentale indiquant une diminution du brome inorganique dans la stratosphère, une conséquence de l'entrée en vigueur du Protocole de Montréal. Il a également été démontré que les profils verticaux de BrO dans la stratosphère et de NO<sub>2</sub> dans la troposphère pouvaient être obtenus par inversion, respectivement à partir des mesures NDACC DOAS et MAXDOAS. En 2007, dans le cadre du projet européen UFTIR, l'IASB a analysé les données d'ozone de toutes les stations européennes NDACC-FTIR. Les séries temporelles des profils verticaux d'ozone, mesurés avec UFTIR, révèlent clairement les tendances de concentration d'ozone dans la troposphère ainsi que dans la basse, la moyenne et la haute stratosphère, jusqu'à 40km d'altitude.

Les scientifiques de l'IASB sont toujours étroitement impliqués dans l'amélioration des algorithmes d'inversion qui permettent d'obtenir des paramètres géophysiques tels que les concentrations de gaz en trace comme l'ozone, le dioxyde d'azote, le formaldéhyde, l'oxyde de brome ou les aérosols, etc..., à partir de données spectrales. En outre, ils valident et aident à l'interprétation de ces données géophysiques.

La série de données traitées de GOME et de SCIAMACHY couvre à présent plus de 10 années. Cette série temporelle permet d'améliorer les inventaires des émissions de NO<sub>x</sub> et de composés organiques volatils, résultant des émissions biogéniques ou de la combustion de la biomasse, et elle décrit leur évolution. Les données spectrales des instruments satellitaires GOME-2 (dans l'UV et le visible) et IASI (dans l'infrarouge), à bord de METOP, et de OMI à bord d'Aura, permettent de compléter ces séries de données.

A l'IASB, ces données satellitaires sont également utilisées pour suivre l'évolution des émissions volcaniques de SO<sub>2</sub>, qui constituent la source principale d'aérosols stratosphériques. Ces fines gouttelettes en suspension ont en effet un rôle crucial sur le bilan radiatif de la Terre, selon que la couche d'aérosols stratosphériques absorbe ou réfléchit le rayonnement. Il s'agit d'un autre domaine dans lequel l'IASB a acquis une solide réputation depuis de nombreuses années.

## **Projets**

Les « Volcanic Ash Advisory Centres » (VAAC) utilisent un système d'alerte développé à l'IASB pour informer les compagnies aériennes sur les zones potentiellement dangereuses. Ceci s'intègre dans le cadre du projet d'observation de la Terre par satellite appelé « GLOBVOLCANO », et destiné à

venir en appui aux observatoires volcanologiques et autres mandataires en charge de la sécurité des populations locales. L'objectif premier de ce réseau de surveillance est avant tout préventif, en visant à alerter rapidement les populations en cas de dangers liés à un regain d'activité volcanique ou à une éruption imminente.

Parallèlement à ce projet, un réseau d'observations au sol (projet NOVAC) est également mis en place afin d'étudier l'activité volcanique. L'algorithme ASIMUT, développé par l'IASB, permet d'inverser les spectres obtenus en observant au nadir avec l'instrument IASI pour obtenir les profils de concentration des composants chimiques atmosphériques. ASIMUT a été optimisé et validé. Le premier véritable succès de ce projet fût la détermination simultanée des concentrations de méthane à partir des spectres IASI et de ceux de la station de l'IASB, au-dessus de l'île de la Réunion.

SCISAT est un satellite canadien destiné à l'observation de l'atmosphère terrestre, avec à son bord les instruments ACE-FTS et ACE-MAESTRO. ACE-FTS est un spectromètre optique à transformée de Fourier qui observe dans l'infrarouge. Il permet d'analyser la composition des éléments chimiques présents dans l'atmosphère terrestre à partir des spectres solaires enregistrés au lever et au coucher du soleil, via la technique d'occultation solaire par la Terre. ACE-MAESTRO mesure l'extinction par les aérosols dans la stratosphère et dans la troposphère. SCISAT livre ainsi des profils verticaux, avec une grande résolution spatiale, dans la mésosphère, la stratosphère et la haute troposphère. A partir de ces profils verticaux, la température et les concentrations de gaz en trace et d'aérosols peuvent être obtenus. Les chercheurs de l'IASB ont activement participé à la validation des données ACE en les comparant avec d'autres données obtenues de façon indépendante par des observations au sol ou d'autres observations satellitaires (par exemple GOMOS). Les scientifiques de l'IASB travaillent également à la mise au point d'un algorithme afin d'inverser les données des instruments ACE pour obtenir des profils verticaux pour la température.

De mai à octobre 2007, une campagne d'observations a été réalisée par spectrométrie FTIR (Transformée de Fourier dans l'Infrarouge) à Saint-Denis sur l'île de la Réunion. Cette campagne a livré des résultats intéressants concernant un grand nombre de molécules troposphériques et stratosphériques, parmi lesquelles l'ozone, le HCl, le HF, le HNO<sub>3</sub>, le méthane (CH<sub>4</sub>) et son isotope CH<sub>3</sub>D, le formaldéhyde, le monoxyde de carbone et l'éthane. Les analyses du CH<sub>3</sub>D et du formaldéhyde sont effectuées dans le cadre du projet national AGACC, visant une exploitation plus poussée des observations au sol obtenues dans le cadre du NDACC. Dans le même ordre d'idée, les scientifiques de l'IASB ont réussi à inverser les spectres MAXDOAS pour obtenir des informations sur le formaldéhyde. Ces spectres avaient été obtenus à Bruxelles en 2006 et à Saint-Denis en 2004, pendant les campagnes d'observations simultanées FTIR et MAXDOAS. Les résultats obtenus à partir des données FTIR et MAXDOAS

étaient en bon accord. C'était également le cas avec les résultats pour le formaldéhyde obtenus par l'IASB à partir de spectres de SCIAMACHY via la technique d'inversion DOAS. Dans le projet AGACC, le développement de l'instrument MAXDOAS ainsi que d'une série d'algorithmes ont permis de mesurer les propriétés optiques des aérosols dans la troposphère.

Depuis février 2007, les observations NDACC réalisées par l'IASB ont été appuyées par le projet européen GEOmon. Les résultats des observations sont envoyés au centre de données de GEOmon grâce au logiciel QDOAS susmentionné. Ce projet apporte une contribution majeure à la préparation du service opérationnel de base atmosphérique (GAZ) de GMES (Global Monitoring for Environment and Security), dans le sens où la livraison des données in-situ ainsi que leur gestion ultérieure se fait très rapidement. Dans ce projet, en plus de ses activités en tant que partenaire, l'IASB a pris d'importantes responsabilités en tant que leader des activités liées à « L'ozone stratosphérique et au climat », mais aussi comme membre du Comité pour la gestion des données et du Comité exécutif. L'IASB a été responsable de l'ensemble des travaux visant à intégrer les données au sol et satellitaires (Voir plus loin le chapitre consacré à la synergie entre les systèmes d'observation et la modélisation) et a participé à la deuxième campagne SAUNA à Sodankylä (67°N, Finlande), à l'aide de différents instruments MAXDOAS. Dans ce cadre, l'IASB a aussi fourni des données d'ozone de SCIAMACHY. L'objectif de ces campagnes est de déterminer les meilleures techniques d'observation et de concevoir des algorithmes optimaux pour la mesure de l'ozone à haute latitude et à faible élévation solaire. L'évaluation des résultats est encore en cours.

En outre, l'IASB est partenaire du projet européen AMFIC qui a commencé fin 2007 et qui vise à développer un système intégré pour l'observation et la prévision des polluants troposphériques en Chine. L'IASB fournit des données satellitaires pour le SO<sub>2</sub>, le formaldéhyde et le NO<sub>2</sub> mesurés au-dessus de la Chine et prépare des observations au sol pour les mêmes constituants avec un instrument MAXDOAS qui sera installé à Beijing en 2008.

Au début de l'année 2007, le projet IMPECVOC a démarré. Son but est d'étudier les émissions biogéniques de composants organiques volatils par les feuilles de certaines espèces d'arbres spécifiquement rencontrées en Belgique. Ce projet résulte d'une coopération entre l'IASB, l'Université de Gand et les Facultés agronomiques de Gembloux.

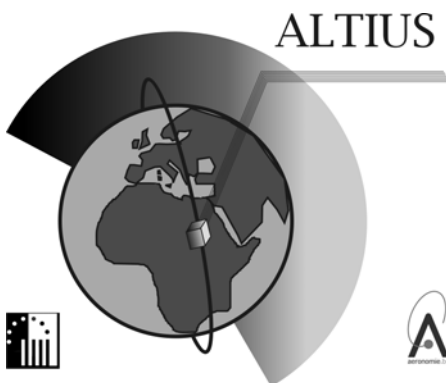
Pour arriver à quantifier ces émissions, l'IASB utilise un spectromètre de masse de type PTRMS (Proton-Transfer-Reactive-Mass-Spectrometer) et un système dynamique de cuvettes encerclant les branches pour mesurer les échanges gazeux. Une première étape du projet a consisté à mesurer ces émissions pour l'espèce du *Fagus Sylvatica* L. (hêtre d'Europe). Ces mesures ont été réalisées en chambres de croissance, sous conditions de lumière et de température contrôlées. Ces mesures furent réalisées avec succès sur de jeunes pousses

entre juin et novembre 2007. L'étape suivante, prévue pour 2008, consiste à effectuer des mesures similaires sur un hêtre de taille adulte, à partir d'une tour de mesures positionnée dans la forêt expérimentale d'Aalmoeseneie (à proximité de Gand). Les mesures auront lieu durant une saison de croissance complète.

Les résultats attendus sont importants pour la détection d'une classe importante de composés organiques volatils d'origine biogène, à l'aide des techniques d'ionisation chimique par spectrométrie de masse (CIMS).

### 1.1.2. Le développement de nouveaux instruments.

L'Institut a commencé le développement d'un instrument DOAS compact afin d'effectuer des mesures depuis des avions (ALS-DOAS). Dans un premier temps, le but est de les construire pour des avions classiques de recherche. Cependant, à plus long terme, l'intention est de réaliser ces acquisitions à bord d'avions sans équipage, des drones ou UAV (Unmanned Air Vehicle). Par le biais du programme européen d'infrastructure EUFAR, il est prévu d'intégrer un instrument DOAS dans un avion de type ATR-42, afin d'effectuer un vol pendant la campagne POLARCAT à Kiruna au printemps 2008. L'expérience a pour but de mesurer, dans le domaine spectral UV et visible, le rayonnement solaire diffusé à l'horizon afin de déterminer les profils verticaux de BrO, du formaldéhyde (H<sub>2</sub>CO), de NO<sub>2</sub> et de l'ozone dans la troposphère.



Depuis l'été 2005, l'IASB est à l'origine d'un nouveau projet d'expérience satellitaire, dénommé **ALTIUS**, qui s'apprête à voler à bord d'un micro-satellite PROBA.

Ce type de micro-satellite transporte une charge utile très modeste et possède de multiples avantages : vu ses dimensions réduites, il occupe un espace restreint sur son lanceur, ce qui permet une mise en orbite à moindre frais pour des missions spatiales de petite ampleur. Par ailleurs, l'usage des instruments embarqués est aussi nettement plus flexible car les capteurs peuvent être orientés dans la direction d'observation souhaitée beaucoup plus rapidement que sur de grosses plateformes telles que Envisat par exemple, sur laquelle plusieurs projets se partagent simultanément les instruments embarqués. Sur ces grosses plateformes, un planning d'activités doit être mis en place ce qui crée inévitablement de l'inertie par exemple au niveau des démarches administratives pour réserver du temps d'observation.

ALTIUS devrait combler une lacune attendue pour la période 2010-2020 dans la flotte des expériences satellitaires pour la mesure des profils verticaux des gaz minoritaires de la stratosphère. ALTIUS a aussi pour but de démontrer l'efficacité en orbite de nouvelles technologies : mesures du rayonnement solaire diffusé à l'horizon, filtres acousto-optiques, traitement d'images en aval, etc. En 2007,

ALTIUS fut positivement évalué par l'ESA, de sorte que la phase A de développement expérimental a pu commencer, en collaboration avec les partenaires industriels Verhaert Space, OIP et Conserd. Il est prévu de terminer cette phase A au printemps 2008.

L'équipe ALTIUS exploitera la technique d'occultation solaire dans laquelle les observations sont réalisées durant les périodes de lever et de coucher du Soleil (une trentaine en tout par jour). Pendant ces périodes, les rayons lumineux traversent l'atmosphère tangentiellement au globe avant d'atteindre le satellite qui observe dans la direction du limbe. Avec cette technique, l'extinction de la lumière solaire peut être mesurée pour chaque longueur d'onde en fonction de l'altitude au dessus de la surface terrestre. L'analyse de ces spectres lumineux permet de déterminer la composition chimique de l'atmosphère en fonction de la hauteur au dessus du point de la Terre où le satellite voit le lever ou le coucher du Soleil. D'autres sources lumineuses telles que des étoiles ou des planètes brillantes peuvent être utilisées à la place du Soleil.

### **1.1.2. La recherche en laboratoire**

En prélude à toute expérience, des mesures d'étalonnage spectroradiométrique et photochimique doivent s'effectuer en laboratoire. Avec des équipements optiques dédiés à l'étude des gaz neutres et ionisés, on mesure les paramètres qui jouent un rôle dans les interactions physiques et chimiques entre les gaz en trace de l'atmosphère et le rayonnement solaire.

L'IASB a mené, en collaboration avec l'Université Libre de Bruxelles et l'Université de Grenoble, des expériences pour déterminer les paramètres spectroscopiques des molécules atmosphériques. Les molécules analysées sont des isotopes de NO<sub>2</sub>, le benzène, le toluène, des xylènes et le SO<sub>2</sub>. Les paramètres les plus importants sont leurs sections efficaces pour l'absorption dans la région spectrale UV-visible. Dans le même ordre d'idée, l'Institut est également membre du « Task Group » de l'IUPAC avec pour but de créer une banque de données des paramètres spectroscopiques pour la vapeur d'eau.

Dans le laboratoire de spectrométrie de masse de l'IASB, les réactions ions-molécules entre H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, NO<sup>+</sup> et O<sub>2</sub><sup>+</sup> et des sesquiterpènes (C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>) ont été étudiées à l'aide de l'instrument SIFT (Selected Ion Flow Tube). Ces résultats très attendus sont importants pour la détection d'une classe importante de composés organiques volatils d'origine biogène, à l'aide des techniques d'ionisation chimique par spectrométrie de masse (CIMS). De plus, le hardware nécessaire a été dessiné et construit afin de développer l'instrument FA-SIFT (Flowing Afterglow-SIFT) qui surpassera les performances du système SIFT actuel. FA-SIFT permettra la production d'un grand nombre d'ions positifs et négatifs ainsi que leur injection dans le réacteur de SIFT. Ces mesures en laboratoire viennent en support des activités susmentionnées pour mesurer in situ les émissions biogéniques avec le PTR-MS.

#### **1.1.4. Influence du rayonnement solaire sur l'atmosphère terrestre.**

Le rayonnement ultraviolet du Soleil est la source d'énergie principale de l'atmosphère terrestre. L'instrument spatial SOLSPEC (SOLar SPECtrum) est un spectrographe mesurant la radiation solaire de l'ultraviolet à l'infrarouge (de 180 nm à 3200 nm). L'IASB a été impliqué dans la mise au point et dans l'exploitation de cet instrument.

SOLSPEC détermine la distribution spectrale de l'énergie solaire et sa variation au cours d'un cycle d'activité solaire de onze ans. Il permet aussi d'identifier et de quantifier les liens entre la variation de l'énergie solaire et les changements atmosphériques.

SOLSPEC a volé pour la première fois en 1983 à bord de la navette spatiale Columbia, livrant à l'époque les premiers spectres solaires complets entre 200 nanomètres et 1,5 micromètre avec une précision jamais atteinte auparavant. Il en est à présent à sa 5<sup>ème</sup> mission depuis 1983 et est devenu un des instruments de référence pour la détermination d'un spectre solaire standard en dehors de l'atmosphère terrestre. En 2007, SOLSPEC a subi ses derniers tests et calibrations avant d'être installé sur le module COLUMBUS de la Station Spatiale Internationale (ISS) à partir de février 2008.

En 2007, l'IASB a créé une nouvelle station à Virton afin de mesurer le spectre du rayonnement UV au sol. L'IASB dispose désormais de quatre stations au sol : Uccle (depuis 1993), Redu-Transinne (depuis 2004), Ostende (depuis 2006) et enfin Virton (2007). Une anti-corrélation entre la colonne totale d'ozone et la quantité de rayonnement UV-B a été observée pour la période 2005-2006. Une analyse des séries temporelles de mesures pendant 19 ans à Uccle a confirmé une tendance positive en UV-B et une tendance négative en ozone pour la période 2005-2006. L'impact des nuages sur le rayonnement UV au sol a été quantifié, ce qui permet de déterminer l'index UV aussi dans des conditions nuageuses. Par ailleurs, l'atténuation de la lumière solaire par différents types de nuages a été évaluée avec les données du pyranomètre.

L'IASB mène également des recherches théoriques afin de résoudre le problème inverse lié aux mesures de télédétection pour les aérosols : déduire les caractéristiques des aérosols (par exemple la taille des particules) à partir des mesures spectrales d'extinction. Trouver la solution de l'équation de Mie (qui donne la dispersion du rayonnement électromagnétique par une sphère) est au centre de ce problème mathématique inverse. Dans ce but, des méthodes mathématiques modernes telles que l'Analyse de Clifford ont été utilisées pour résoudre le problème de Mie d'une façon plus simple et élégante. On peut s'attendre à ce que cette nouvelle formulation du problème apporte de nouveaux enseignements sur la solution du problème inverse lié aux aérosols.

### 1.1.5. Modèles numériques de l'atmosphère terrestre.

Au fil des années, l'IASB a développé des modèles atmosphériques à deux, trois et finalement à quatre dimensions. Ces modèles permettent de calculer la distribution des composants minoritaires dans l'atmosphère, en tenant compte des données obtenues en laboratoire pour les constantes de réactions chimiques ainsi que pour les sections efficaces d'absorption dans un domaine spectral s'étendant du visible à l'ultraviolet. Au sein de ces simulations, l'étude du comportement de l'ozone stratosphérique a constitué un centre d'intérêt permanent à l'Institut. L'analyse des diverses réactions chimiques qui jouent un rôle dans sa formation ou sa destruction a fait l'objet de nombreuses recherches. Grâce aux modèles numériques il est désormais possible de visualiser ces phénomènes avec précision. Ils permettent aussi de faire des prévisions et d'effectuer certaines simulations dans lesquelles interviennent d'éventuelles possibilités de modifications de la composition de l'atmosphère et de la couche d'ozone.

L'IASB est actif dans le développement et l'exploitation de plusieurs modèles numériques de l'atmosphère terrestre. Comme indiqué plus haut, le modèle IMAGES a été utilisé pour la troposphère terrestre afin d'obtenir les émissions de  $\text{NO}_x$  et des composés organiques volatils, en inversant les mesures de GOME et SCIAMACHY, obtenues respectivement pour le  $\text{NO}_2$  et le formaldéhyde. Un nouvel inventaire détaillé des émissions d'isoprènes a été développé sur base du modèle MEGAN. Un module a également été développé pour calculer la production d'aérosols organiques secondaires pendant le processus d'oxydation des monoterpènes. Les processus chimiques liés à cette problématique ont été réévalués.

En 2007, le développement du modèle MOSTRA a continué. Ce modèle permet de simuler le transport et les processus microphysiques subis par les aérosols dans la stratosphère.

BASCOE, le système belge d'assimilation des observations chimiques de ENVISAT, est un service opérationnel qui fournit des analyses chimiques et des prévisions pour la stratosphère. L'assimilation des données se fait par une méthode variationnelle 4D (4D-Var). BASCOE a été amélioré et utilisé par exemple pour valider les profils de  $\text{HNO}_3$  et de  $\text{NO}_2$  mesurés par MIPAS. L'équipe BASCOE a aussi continué l'assimilation des données de MIPAS, UARS/MLS et GOMOS ( $\text{O}_3$  et  $\text{NO}_2$ ).

Dans le cadre du projet ACHEDYRE, l'IASB, en collaboration avec le Service Météorologique du Canada, a mis en place un système d'assimilation de données qui regroupe les observations chimiques et dynamiques de la stratosphère, le « Global Chemistry Climate Model – Data Assimilation System » (GCCM-DAS). Ce système est basé sur un modèle numérique opérationnel développé par le Canada pour les prévisions météorologiques. Il a été démontré



que ce système offre plusieurs avantages. Par exemple, il permet une meilleure prédiction de la température au sein de la basse stratosphère. Les résultats de ce projet ont été présentés à l'ESA et seront prochainement publiés. Devant le succès d'ACHEDYRE, l'IASB, en collaboration avec Environment Canada, KMI-IRM et VITO, a commencé le développement d'une infrastructure qui permettra la surveillance en temps réel et la prédiction de la chimie atmosphérique : le système BACCHUS (Belgium and Canada for Chemical Weather User-oriented Services). Ce système déterminera notamment la qualité de l'air et la distribution de l'ozone à l'échelle globale. Une fois son développement terminé, il rendra de précieux services dans le cadre de GMES.

#### **1.1.6. Synergie entre les observations et la modélisation**

Comme cela apparaît dans les paragraphes précédents, l'étude de l'atmosphère repose sur divers aspects complémentaires: observations depuis le sol, à partir d'avions, de ballons stratosphériques ou de satellites, simulations de modèles numériques, et expériences en laboratoire. Il est indispensable de caractériser et d'exploiter la synergie entre ces aspects. Dans ce domaine, l'IASB fait preuve d'une expérience internationalement reconnue.

En 2007, les activités de validation des données issues de diverses missions satellitaires et la mise en place d'algorithmes d'inversion se sont poursuivies en utilisant les données des réseaux au sol. En particulier, dans le projet CHEOPS-GOME, les algorithmes d'inversion donnant les profils d'ozone à partir des observations GOME ont été évalués. Une activité similaire est en cours de préparation pour SCIAMACHY. L'IASB coordonne aussi la validation des données Envisat, via le projet TASTE, et intervient en tant que consultant dans le projet de l'ESA « Generic Environment for Calibration/Validation Analysis » (GECA), qui a débuté à l'automne 2007.

La caractérisation de l'information contenue dans les mesures de télédétection réalisées au sol ou par satellite a significativement progressé, en particulier pour les mesures de l'émission infrarouge à l'horizon (MIPAS). Cette étape permet de comparer et/ou de combiner les observations obtenues avec différents systèmes. Les systèmes exploitant ces observations doivent permettre d'intégrer les données de télédétection de façon plus correcte dans des modèles d'assimilation. La synergie entre d'une part, les observations menées au sol, depuis les ballons stratosphériques ou à bord de satellites et, d'autre part, les résultats provenant des modèles numériques, est particulièrement exploitée pour l'étude des familles des  $\text{NO}_y$  et  $\text{Br}_y$ . En particulier, des bases de données climatologiques ont été développées pour les profils verticaux de  $\text{NO}_2$  et  $\text{BrO}$ .

### 1.1.7. Le développement de services scientifiques

En plus du rôle joué par l'IASB dans GEOmon afin de préparer le Service Atmosphérique du GMES (GAS), l'Institut est également un partenaire important dans d'autres projet de l'ESA et de l'Union Européenne qui préparent le GAS opérationnel : TEMIS et PROMOTE (DUE et GMES Service Element / ESA respectivement) et GEMS (UE). Ces projets développent de nouveaux services scientifiques offerts aux utilisateurs avec pour but la mise en place dans un avenir proche d'un service opérationnel effectif.

Dans le cadre du service dénommé « données sur la qualité de l'air », l'IASB livre, en collaboration avec le DLR et le KNMI, des produits satellitaires optimisés pour le formaldéhyde, le SO<sub>2</sub> et le NO<sub>2</sub>, provenant des instruments GOME, SCIAMACHY et GOME-2.

Le système d'alerte pour le SO<sub>2</sub> d'origine volcanique, évoqué auparavant, fait partie du 'Support to Aviation Control Service' (SACS) dans le projet PROMOTE. L'IASB est également responsable de l'implémentation d'un service qui donne accès via un site web à des séries temporelles des propriétés des aérosols stratosphériques. Celles-ci sont obtenues par inversion des observations de différents satellites (SAM II, SAGE II et III, POAM 2 et 3, HALOE). Une autre mission importante de l'IASB au sein de PROMOTE est le développement et l'implémentation d'un « Quality Assessment/Validation Office ». Il s'agit d'un bureau qui coordonnera l'évaluation de la qualité et la validation des services de PROMOTE. Ce bureau s'occupera aussi de la détermination de standards et de la meilleure façon de mettre à disposition et d'utiliser les données atmosphériques. Enfin, l'IASB est impliqué dans le développement de deux services supplémentaires, un pour la mise à disposition de séries 3D d'ozone, et l'autre pour les aérosols stratosphériques et les gaz à effet de serre. L'IASB effectue ici des analyses d'ozone et de gaz qui réagissent avec l'ozone, ainsi que des analyses pour le méthane et la vapeur d'eau, tout cela à l'aide du modèle d'assimilation 4D-VAR BASCOE.

Dans le cadre du projet GEMS qui développe un système pré-opérationnel afin de déterminer la chimie atmosphérique, l'IASB a utilisé le modèle d'assimilation BASCOE pour la vérification du système GEMS. L'IASB participera également à MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate), le projet européen successeur de GEMS, entre autres en tant que responsable de l'ensemble des travaux « Gaz réactifs ».

Dans le projet TEMIS, l'IASB livre non seulement des produits satellitaires comme indiqué plus haut, mais également un service qui permet d'analyser le transport intercontinental de NO<sub>2</sub> entre les Etats-Unis et l'Europe. Ce service a été développé en collaboration avec le KNMI qui livre les données OMI pour le NO<sub>2</sub> au-dessus de l'océan Atlantique. L'IASB réalise les simulations

correspondantes à l'aide du modèle FLEXPART, optimisé pour cette application. A l'avenir, des prédictions seront également proposées.

L'IASB est également partenaire dans le projet ESA CAMELOT (coordination KNMI) dont le but est le suivi de la qualité de l'air et des paramètres climatiques grâce aux deux satellites Sentinel 4 et 5 pour la période 2010-2020 dans le cadre de GMES.

De plus, l'IASB est membre de deux groupes de travail qui conseillent l'implémentation du GAS : un groupe qui concerne les données in situ et un groupe en relation avec l'architecture du GAS. Par ailleurs, l'institut est vice-président du groupe de travail CEOS (Committee for Earth Observation Satellites) pour la calibration et la validation des données de composition atmosphérique. CEOS est le composant espace de GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), dans lequel GMES est la contribution européenne. Dans ce groupe de travail, une stratégie est mise en place afin d'assurer la qualité des données atmosphériques et leur traçabilité.

L'IASB a également créé un site internet sur lequel le public a accès aux données de l'indice UV, mesurées en temps réel dans les trois stations belges de Uccle, Transinne (Redu) et Ostende. Ce site internet est également un portail donnant accès à toute une série d'informations concernant les paramètres observés et les quantités qui en sont déduites telles que, par exemple, les concentrations en ozone ou encore la dose érythémale minimale.

#### **1.1.8. Les atmosphères de Mars et Vénus.**

L'étude des atmosphères d'autres planètes du système solaire est un moyen important pour acquérir des informations sur l'évolution de l'atmosphère de la Terre.

Depuis les années 60, notre connaissance de Mars s'est considérablement étoffée grâce à l'exploration spatiale. Dans le passé, l'IASB a été impliqué dans des missions plus ou moins couronnées de succès telles que Kepler, Phobos, Mars 96, ISO ainsi que dans des campagnes d'observation réalisées dans le Caucase. Actuellement, l'IASB fait partie de la mission Mars Express et effectue déjà des préparatifs pour de futures missions comme Exomars.

Les activités concernant les atmosphères planétaires consistent principalement dans l'interprétation scientifique des résultats recueillis par différents instruments à bord de sondes en orbite autour de Mars et Vénus, mais aussi dans la modélisation de ces atmosphères.

Les données enregistrées dans le domaine ultraviolet par SPICAM à bord de la sonde Mars Express (ESA) ont été exploitées pour réaliser des cartes de concentrations de la colonne totale d'ozone. Ces résultats ont été obtenus à

l'aide d'un modèle simple ne tenant compte ni de la diffusion multiple de la lumière ni des aérosols en suspension dans l'atmosphère. Un modèle plus complexe est en cours de développement.

D'autre part, un modèle spécifique de la microphysique des nuages de glace et de poussières sur Mars, MARSBOX, a été développé. Il décrit l'évolution de deux types de particules : les particules de glace et les poussières. Ces dernières servent de noyaux de condensation pour la formation des particules de glace. MARSBOX a été utilisé pour réaliser des simulations de la Ceinture tropicale de nuages (Tropical Cloud Belt) sur Mars. Pour cela, le modèle a utilisé les données de température, pression, vents, etc., produites par un modèle de circulation générale GM3 adapté aux conditions martiennes. Les résultats de ces simulations, en particulier la profondeur optique totale due aux nuages de glace, ont été comparés aux observations de SPICAM et sont en très bon accord. L'étape suivante consiste à intégrer MARSBOX dans le modèle de circulation générale GM3.

Vénus est aussi étudiée par l'IASB par le biais de la mission Vénus Express. Lancée le 9 novembre 2005 et arrivée dans l'atmosphère vénusienne le 11 avril 2006, elle est la première mission européenne à destination de Vénus. Le but de cette mission est d'étudier à la fois l'atmosphère, l'environnement plasma et la surface de Vénus.

Parmi les instruments à bord de Venus Express (ESA), SPICAV/SOIR a fait l'objet d'une attention particulière de la part des chercheurs de l'IASB. L'instrument SOIR est un spectromètre infrarouge à haute résolution et a été entièrement développé à l'IASB. L'Institut est en outre responsable de l'interprétation des données. Après une phase de calibration et de mesures spécifiques pour mieux caractériser l'instrument et ses performances en vol, l'instrument a réalisé en 2007 plus de 150 occultations solaires. Ceci représente près de 50.000 spectres individuels enregistrés. Cet ensemble de données permettra de mieux caractériser l'atmosphère de Vénus en déterminant les profils verticaux de nombreux composés chimiques. Des résultats ont déjà été obtenus pour les régions près du Pôle Nord de Vénus, concernant les espèces suivantes : CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O et HDO, HCl ainsi que HF. En outre une bande d'absorption jusqu'alors inconnue et non répertoriée dans les bases de données spectroscopiques a été observée. Elle est due à l'un des isotopes du dioxyde de carbone. Une analyse détaillée des spectres a également permis de mettre en évidence l'effet des aérosols présents dans l'atmosphère de Vénus, d'en déduire la concentration et, dans certains cas, d'estimer la taille de ces particules. Ces analyses seront prochainement étendues aux autres latitudes sondées par l'instrument.

### 1.1.9. Mission ESA : ExoMars



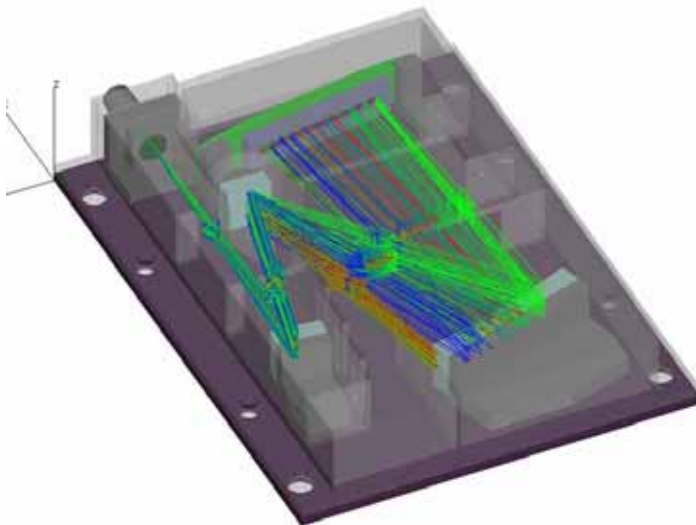
ExoMars est le nom d'une mission spatiale de l'Agence spatiale européenne avec un lancement prévu pour 2013, dans le cadre du programme Aurora. Elle consiste à envoyer sur la surface de Mars un rover automatisé équipé d'instruments de mesures scientifiques. L'objectif est de faire *in situ* des expériences exobiologiques par prélèvement d'échantillons du sol afin de déterminer si la planète a ou a eu dans son passé une présence de vie biologique.



Les objectifs scientifiques d'ExoMars, par ordre de priorité, sont :

1. Rechercher des signes de vie passée ou présente sur Mars ;
2. Caractériser l'environnement géochimique en fonction de la profondeur dans le sol et détecter l'existence éventuelle d'eau dans des poches souterraines ;
3. Etudier la surface et l'environnement pour recenser les dangers potentiels pour de futures missions habitées ;
4. Etudier la structure des couches profondes du sol afin de mieux comprendre l'évolution et l'habitabilité de la planète Mars.

La mission se composera d'un module de descente de 1200 kg qui effectuera les opérations d'entrée, de descente et d'atterrissage (EDL) afin de déposer en douceur à la surface un véhicule de 250 kg et une station fixe. Un autre élément, le véhicule de surface sera capable de se déplacer sur une distance de plusieurs kilomètres. Il sera équipé d'un système de forage pour prélever des échantillons jusqu'à deux mètres de profondeur.



La station fixe et le véhicule seront équipés d'instruments réalisés par des consortia scientifiques européens et internationaux. Le véhicule portera la charge utile PASTEUR d'une masse de 16,5 kg comprenant 12 instruments. La contribution de l'IASB à cette charge utile est appelée **UVIS** (Ultraviolet and Visible Spectrometer) et est particulièrement innovante.

**UVIS** est un spectromètre qui mesure la quantité de lumière UV-visible arrivant sur Mars. Une trop grande quantité d'UV peut mener à l'oxydation des composants organiques et donc causer des dommages importants à toutes formes de vie et à une éventuelle expédition humaine. UVIS mesure également les variations de la densité de l'atmosphère de Mars causées par la présence de poussières. Cette expérience est développée en étroite collaboration avec l'Open University (GB)

#### **1.1.10. Activités au service du grand public**

Les scientifiques de l'IASB sont aussi toujours disponibles pour participer à des événements médiatiques pour le grand public à l'occasion par exemple d'expositions ou d'événements historiques pour ce qui à trait à leur spécialités, à savoir l'environnement et l'atmosphère. Comme par exemple pour répondre à une interview radio, télévisée ou pour la presse écrite. A titre d'exemple, nous pouvons citer une interview réalisée pour le Standaard en septembre 2007 à l'occasion du 20<sup>e</sup> anniversaire du Protocole de Montréal. L'IASB joue aussi un rôle majeur dans la mise en application du programme GMES (Global Monitoring for Environment and Security) et les services GMES connexes.

## **1.2. Physique des plasmas spatiaux**

### **1.2.1. Le vent solaire et le vent polaire**

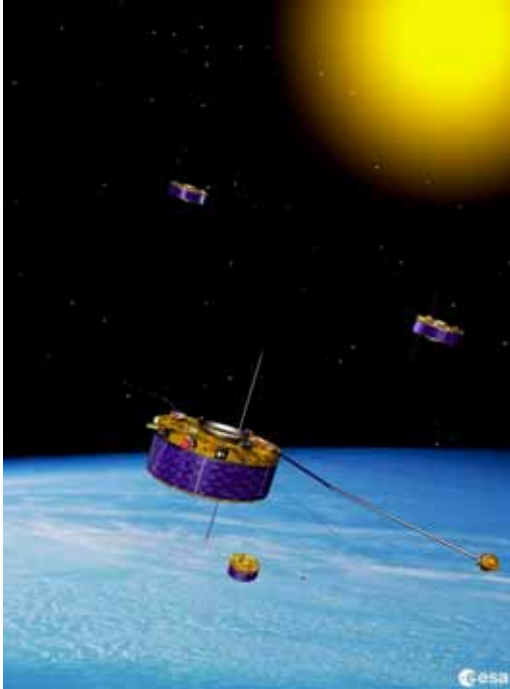
Le Soleil émet en permanence un plasma composé principalement d'électrons, de protons et d'ions  $\text{He}^{2+}$ , que l'on appelle le vent solaire. Il s'agit en fait de l'expansion radiale dans le milieu interplanétaire de la couronne solaire dont la température atteint un million de degrés Kelvin. Selon sa vitesse, on distingue deux types de vent solaire: le vent solaire lent, dont la vitesse typique à 1 UA est de 300 à 400 kilomètres par seconde, et le vent solaire rapide dont les vitesses atteignent régulièrement 700 à 800 kilomètres par seconde. Sur Terre, le vent polaire est un plasma composé essentiellement d'électrons, de protons et d'ions  $\text{O}^+$ , qui s'échappent de l'atmosphère terrestre au niveau des pôles, le long des lignes de champ magnétique ouvertes. Les vents solaire et polaire partagent un grand nombre de caractéristiques communes : d'une part, ils sont tous deux originaires de régions denses et chaudes où l'effet des collisions entre particules est important. D'autre part, ils sont accélérés à des vitesses supersoniques dans des régions où l'effet des collisions décroît fortement.

C'est pourquoi l'approche cinétique est privilégiée par le groupe « Space Plasma » au détriment de l'approche hydrodynamique. L'approche cinétique correspond à une description microscopique du milieu, dans laquelle on regarde l'évolution de la fonction de distribution des vitesses des particules, tandis que l'approche hydrodynamique est fondée sur l'hypothèse que les particules chargées se comportent globalement comme un fluide. Les résultats obtenus en 2007 ont permis une description plus réaliste des processus d'accélération des vents solaire et polaire. Ces résultats furent présentés au cours du symposium international STIMM (Solar Terrestrial Interactions from Microscales to global Models), organisé par le COSPAR, à Sinaia en Roumanie.

Les effets du cycle d'activité solaire, caractérisé par une périodicité de onze ans, sur les paramètres du vent solaire, ont aussi été analysés à partir d'observations effectuées entre 1949 et 2007. L'influence de ces effets sur l'activité géomagnétique et la météorologie spatiale a ainsi été mise en évidence.

### **1.2.2. L'étude de la magnétosphère et de son couplage avec le vent solaire**

Au cours de son expansion, le vent solaire se heurte au champ magnétique terrestre et est presque entièrement dévié. Néanmoins, le champ magnétique terrestre est fortement perturbé par la présence du vent solaire qui l'entoure et forme une région appelée la magnétosphère qui est une sorte de cavité magnétique, très fortement allongée dans la direction opposée au Soleil, dans laquelle le champ magnétique terrestre prédomine. Sa frontière avec le vent solaire est appelée la magnétopause.



Le groupe « Space Physics » s'est fortement impliqué dans l'analyse et l'interprétation des données multi-points de la mission CLUSTER de l'ESA. Les quatre satellites de cette mission orbitent en configuration tétraédrique avec une séparation qui est modifiée au cours de la mission. Ils permettent de distinguer les effets spatiaux des effets purement temporels. Grâce à la mise au point de méthodes de reconstruction propres à l'analyse de données multi-satellitaires, nous pouvons retrouver le mouvement et la structure des couches frontières séparant des plasmas d'origines différentes, et ce d'autant plus facilement que les traversées de ces couches par les satellites montrent des séquences de données temporelles quasi-périodiques. Nous avons ainsi pu

étudier en détail le comportement de la magnétopause terrestre. Cette étude est très importante puisqu'elle permet d'identifier le « degré de porosité » de ce bouclier magnétique aux particules du vent solaire et ses conséquences, tant au niveau de l'activité magnétique que de la météorologie spatiale. Ces méthodes de reconstruction ont également été appliquées aux premières données des cinq satellites de la mission THEMIS (Time History of Events and Macroscale Interactions during Substorms) dont les orbites sont en configuration de « collier de perles ». D'autres méthodes numériques ont aussi été développées avec succès, comme celle du calcul du gradient de champ scalaire (comme la densité de plasma) ou vectoriel (comme le champ magnétique). Ces techniques sont très utiles car elles permettent, à partir des lois fondamentales de la physique, en particulier celles de l'électromagnétisme, de déterminer indirectement des grandeurs physiques, comme la valeur et la direction des courants électriques dans la magnétosphère.

Dans la magnétosphère interne, la plasmasphère est une région toroïdale entourant la Terre, composée surtout de plasma froid (quelques eV ou moins) d'origine principalement ionosphérique. Le groupe « Space Plasma » s'est intéressé aux « panaches plasmasphériques » qui sont des structures de plasma connectées à la plasmasphère. Ces panaches plasmasphériques ont été étudiés à partir des mesures in situ faites par la mission CLUSTER. Grâce à une analyse statistique de l'observation de ces structures, portant sur une période de cinq ans, leurs propriétés caractéristiques ont été mises en évidence. D'autre part, un modèle dynamique tridimensionnel de la plasmasphère, tenant compte des variations de l'activité géomagnétique, a également été développé. Grâce à ce dernier, il est à présent possible de simuler la déformation de la plasmasphère en fonction de l'activité magnétique. Ce modèle a été confronté aux observations



de CLUSTER et d'IMAGE, ce qui a permis d'améliorer son pouvoir prévisionnel. Du 19 au 21 septembre 2007 un workshop, "THE EARTH'S PLASMASPHERE. A CLUSTER, IMAGE AND MODELLING PERSPECTIVE", réunissant les plus grands spécialistes mondiaux en la matière, a été organisé à l'Observatoire Royal de Belgique, à l'initiative de certains membres du groupe.

### **1.2.3. L'étude de l'ionosphère terrestre et de son couplage avec la magnétosphère**

Le couplage de la magnétosphère chaude et ténue avec l'ionosphère froide et dense constitue un thème de recherche important à l'IASB en raison des multiples répercussions possibles sur l'ionosphère et l'atmosphère supérieure. Ce couplage se fait par le biais des lignes de champ géomagnétique. Une des manifestations les plus spectaculaires du couplage entre l'ionosphère et la magnétosphère se traduit par la formation d'aurores, dont les arcs auroraux discrets figurent parmi les formes les plus intenses. L'étude de la physique des plasmas auroraux est un domaine en constante évolution qui combine de multiples aspects à la fois théoriques et observationnels. Au point de vue observationnel, la combinaison de mesures in situ dans la magnétosphère, au moyen de satellites, et de mesures optiques ou radar de l'aurore, obtenues à partir du sol, fournit une mine d'informations nouvelles sur la nature du couplage.

Des régions clés de la magnétosphère, telles que la magnétopause et la couche de plasma qui lui est adjacente – « la couche frontière de basse latitude » – sont des sites où l'énergie, la masse et la quantité de mouvement d'origine solaire et transportées par le vent solaire, sont transférées vers la magnétosphère interne. L'ionosphère et la magnétosphère réagissent dynamiquement aux variations imposées par le vent solaire. Des courants circulent le long des lignes de champ magnétique et transportent l'énergie depuis les points « chauds » de la magnétosphère, comme le « feuillet de plasma », vers les couches frontières – telles que la « plasmashet boundary layer (PSBL) ».

Les points chauds magnétosphériques se projettent dans les régions de l'ionosphère à haute latitude en suivant les lignes du champ magnétique. En raison du caractère dipolaire du champ géomagnétique, ces régions aurorales, bien que confinées dans une fourchette d'environ 10 degrés de latitude, sont couplées à de vastes régions de la magnétosphère lointaine. Au sol, l'activité intense dans le système magnétosphère-ionosphère, est détectée par des caméras optiques avec un champ large, des radars, des ionosondes et des magnétomètres. L'activation des formes aurorales, les phases des sous-orages magnétiques, ainsi que les fluctuations du champ électrique et de la conductance ionosphérique, figurent parmi les manifestations les plus spectaculaires du couplage magnétosphère-ionosphère.

L'ionosphère aurorale n'est pas seulement un élément passif du circuit auroral. Des flux importants de particules ionosphériques s'échappent, soit dans la

magnétosphère externe, soit dans l'espace interplanétaire. La conductance ionosphérique varie avec le flux d'énergie dû aux particules qui précipitent. Ces variations modifient l'équilibre général du système global des courants électriques associés à l'arc auroral discret. Par conséquent, il est fondamentalement important d'arriver à comprendre les lois et les processus physiques qui régissent la dynamique du couplage complexe existant entre l'ionosphère aurorale et la magnétosphère externe.

Les études que nous avons effectuées en 2007 ont conduit à plusieurs publications qui démontrent clairement l'importance des phénomènes de rétroaction de l'ionosphère. Ces phénomènes de rétroaction résultent de l'augmentation de la conductance ionosphérique provoquée par la précipitation des électrons auroraux. Nous avons également utilisé des données d'arcs auroraux obtenues depuis le sol et par satellite ainsi que plusieurs méthodes d'inversion pour retrouver le spectre d'énergie des électrons qui précipitent dans l'ionosphère ainsi que la distribution de la différence de potentiel le long des lignes de champ magnétiques. Pour ces études, nous avons bénéficié de la mise en place d'une collaboration avec l'équipe ALIS (Auroral Large Imaging System) à Kiruna (Suède), qui nous a permis d'acquérir une bonne expertise dans les méthodes d'inversion de la tomographie aurorale.

Une importante contribution à l'étude des jets ionosphériques a été apportée en 2007 grâce au travail de Mirela Voiculescu. Pour la première fois, grâce à la combinaison de données satellitaires et d'observations radar à haute latitude avec le réseau EISCAT, des jets d'ions se déplaçant vers l'est ont été identifiés dans la région bordant l'ovale auroral. Jusqu'à présent toutes les observations avaient révélé que les jets d'ions se déplaçaient vers l'ouest dans l'ionosphère sub-aurorale. Ces jets, dont la vitesse dépasse 1 km/s, sont appelés SAID (Sub-Auroral Ion Drifts). Notre étude montre que les jets se déplaçant vers l'est sont beaucoup plus rares que ceux se déplaçant vers l'ouest, une raison pour laquelle ils n'avaient jamais été mis en évidence auparavant. Nous avons appelés ASAID (pour « Abnormal Sub-Auroral Ion Drifts ») ces jets se déplaçant vers l'est.

#### **1.2.4. La météorologie spatiale**

La contribution de l'IASB à la météorologie spatiale s'est matérialisée entre autres par le développement d'un logiciel très performant baptisé MIM pour « Manager of Interactive Modules ». MIM fournit un environnement interactif et convivial permettant la visualisation de données satellitaires, l'utilisation d'algorithmes d'analyse de données, l'exécution de simulations numériques (basées sur des modèles théoriques) et la comparaison des résultats de ces simulations avec les données expérimentales.

En 2007, plusieurs innovations ont été implémentées dans le logiciel MIM, comme les modules qui permettent de convertir les données satellitaires pour les rendre accessibles dans n'importe quel système de référence utilisé en physique

spatiale. Une documentation en ligne est fréquemment mise à jour et on peut accéder à une version du logiciel à partir du portail « European Space Weather » à l'adresse : <http://www.spaceweather.eu/en/software/mim>. Ces mises à jour de MIM, ainsi que la documentation qui l'accompagne, sont réalisées dans le contexte du « Solar-Terrestrial Center of Excellence ».

Le groupe « Space Physics » a également interagit avec les services de météorologie spatiale de l'IASB dans le cadre des projets SEPTEM (Solar Energetic Particle Environment Modelling) et MarsREM (Martian Radiation Environment Models) en aidant à la mise à jour des modèles standards décrivant les flux de particules énergétiques d'origine solaire et cosmique pouvant affecter les atmosphères terrestre et martienne. Grâce à cette interaction, le projet SEPTEM dispose maintenant de nouveaux outils que peuvent utiliser les ingénieurs de l'industrie et des agences spatiales pour, entre autres, calculer de façon plus précise le taux de SEU (Single Event Upset). Un SEU est le basculement d'un élément logique d'un microcircuit électronique. Ce basculement est provoqué par le passage d'une particule de haute énergie qui ionise les matériaux semi-conducteurs composant ces microcircuits électroniques. Une autre réalisation du projet SEPTEM est la mise en service d'un serveur Web permettant aux utilisateurs un accès convivial aux modèles implémentés. Dans le cadre du projet MarsREM, le générateur d'orbite satellitaire (SAPRE) est désormais disponible également pour l'environnement martien. SAPRE fait partie de SPENVIS (Space Environment Information System), une interface web développée pour, notamment, décrire et utiliser facilement les modèles de radiation de l'environnement terrestre. Il permettra donc d'utiliser les résultats des modèles de prévisions des flux de radiation de l'environnement martien le long de la trajectoire orbitale.

### **1.2.5. Les plasmas cométaires**

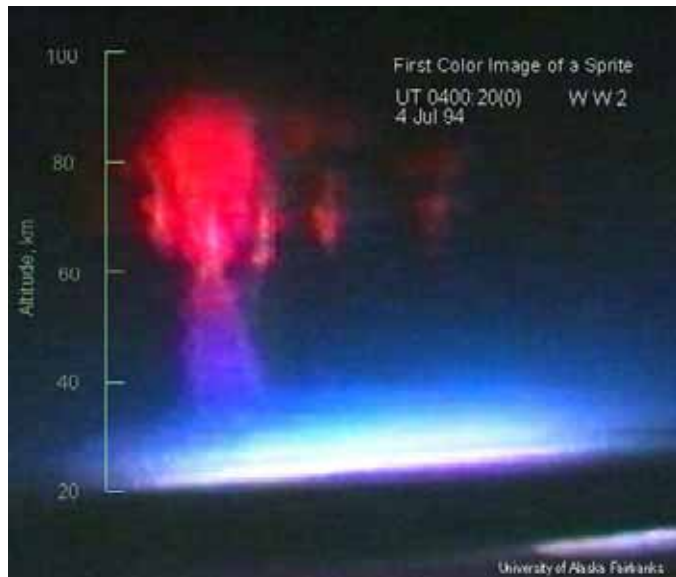
Lancée le 2 mars 2004, la Mission ROSETTA, de l'Agence Spatiale Européenne, a pour objectif l'étude de la comète Churyumov-Gerasimenko, avec laquelle la sonde a rendez-vous en 2014. L'instrument ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis) analysera les gaz qui s'échappent du noyau de la comète. Cet instrument est composé de quatre détecteurs, parmi lesquels figure DFMS (Double Focusing Mass Spectrometer), dédié à l'analyse de la composition du gaz et des ions de la comète. L'IASB a travaillé à l'élaboration de DFMS en collaboration avec d'autres partenaires. Il est responsable du développement du système de détection (détecteur électronique linéaire) et de l'électronique. Pendant la phase de croisière, la participation de l'IASB n'est cependant pas financée. Néanmoins, nous avons continué à développer notre savoir-faire en matière de physico-chimie cométaire. De nouveaux outils ont été mis au point pour interpréter les futures données. D'une part, les techniques numériques utilisées pour calculer les taux de réactions chimiques dans la « coma » ont été améliorées. D'autre part, le problème inverse, qui consiste à déterminer les taux de production de gaz et d'ions à la

source à partir des concentrations mesurées dans la coma, est également résolu. Enfin, la base de données caractérisant les réactions chimiques dans les atmosphères cométaires s'est largement étoffée. Ces outils ont été utilisés pour déterminer une source possible de  $C_2N_2$  dans le noyau de la comète de Halley à partir des mesures de la sonde Giotto. Notre équipe a entrepris la rédaction d'un article décrivant ces résultats.

### 1.2.6. Autres activités

L'étude des phénomènes électriques dans l'atmosphère est un domaine en pleine expansion. C'est pourquoi nous nous sommes particulièrement intéressés à l'étude des événements lumineux transitoires qui apparaissent dans la mésosphère, au-dessus des nuages d'orages.

Ceux-ci sont au nombre de trois : les sylphes (sprites en anglais) sont des flashes lumineux visibles pendant une durée allant de quelques millisecondes à quelques centaines de millisecondes. La zone qui correspond aux émissions les plus intenses se trouve à une altitude variant de 65 à 75 km. Les jets bleus (blue jet) sont des phénomènes plus rares et se produisant à plus basse altitude. Il s'agit d'un petit flash lumineux de couleur bleue en forme de cône apparaissant au sommet d'une masse orageuse. Enfin, les elfes (elves) apparaissent parfois avec des sylphes. A une altitude d'environ 90 km, ces cercles lumineux se propagent à la manière d'une onde à la surface d'un lac et se dilatent à la vitesse de la lumière. Leur durée de vie est inférieure à la milliseconde.



Les relations entre ces événements lumineux transitoires et divers aspects du système atmosphérique, notamment le climat, sont étudiées. La modélisation des perturbations occasionnées par les sylphes sur le circuit électrique global de l'atmosphère, la concentration des gaz en trace et la dynamique atmosphérique suggère d'importantes perturbations locales (petites échelles), de possibles effets à des échelles intermédiaires, mais des effets négligeables à l'échelle globale.

### 1.2.7. Quelques activités au service de la communauté scientifique et du grand public

Le groupe s'est fortement impliqué dans les activités de l'Année Héliosphérique Internationale. C'est ainsi qu'un workshop international sur la plasmasphère a

été organisé à l'IASB du 19 au 21 septembre 2007, accueillant les principaux spécialistes mondiaux dans ce domaine. D'autre part, une réunion sur les méthodes de détection radio des météores s'est également tenue le 11 septembre 2007 dans les locaux de l'IASB.

Le groupe a aussi contribué au démarrage du « Solar Terrestrial Center of Excellence », non seulement sur le plan organisationnel, mais également sur le plan des tâches qui lui avaient été attribuées. Une des tâches consistait à développer le logiciel MIM (Manager of Interactive Modules). Une autre tâche est l'étude de faisabilité d'un magnétomètre miniature. Cette étude se fait en collaboration avec le Centre Spatial de l'Université de Liège (CSL) et le Laboratoire de Techniques Aéronautiques et Spatiales de la même université (LTAS). Le but est de miniaturiser un magnétomètre avec la technologie MEMS (Micro Electro Mechanical Systems). Deux options ont été retenues pour cette étude de faisabilité et seront exploitées en 2008 : un magnétomètre de type magnéto-résistif et un XBM (Xylophone Bar Magnetometer).

Plusieurs lettres de soutien furent introduites pour des futures missions spatiales dans le cadre « ESA Cosmic Vision 2015-2025 », notamment pour Cross-Scale et Phoibos.

## **1.3. Ingénierie**

### **1.3.1. Venus Express – SOIR**

Lancée en novembre 2005, la sonde « Venus Express » a atteint son objectif en avril 2006. En octobre 2007, la durée nominale de la mission a été atteinte et une première prolongation a débuté. L'instrument SOIR (Solar Occultation in the Infrared), mis au point par l'IASB, fait partie de l'instrument SPICAV (Spectroscopy for the Investigation of the Atmosphere of Venus). SOIR utilise la technique d'occultation solaire.

Les principales tâches opérationnelles de l'instrument SOIR sont les suivantes : 1) planifier les observations en collaboration avec les partenaires de l'équipe SPICAV 2) déterminer les angles de pointage les plus adéquats en tenant compte de la réfraction de la lumière, particulièrement forte dans l'atmosphère de Vénus. Cette tâche est réalisée grâce à un logiciel développé à l'IASB 3) mettre au point une série de télécommandes spécifiques pour chaque observation et tester ces commandes sur le modèle de réserve de l'instrument SOIR dans l'espace de test de l'IASB 4) échanger toutes ces données (planifications d'observations, séquences de télécommandes et télémesures de données) avec le « Venus Express Science Operations Team » (VSOC dans ESTEC) et le « Venus Express Mission Operations Team » (VMOC dans ESOC). Pour ce faire, l'IASB participe à des téléconférences hebdomadaires pour la planification globale du projet ainsi que pour les aspects plus opérationnels.

Les données de l'instrument SOIR sont collectées grâce au système DDS (Data Dispositioning System) de l'ESOC et stockées sur un serveur de l'IASB. Un logiciel d'interface convivial a été mis au point en collaboration avec l'équipe des scientifiques. Il permet de réaliser les étapes préliminaires de calibration.

Le programme PRODEX (PROgramme de Développement d'Expériences scientifiques) a permis d'assurer le soutien financier des phases de développement de l'instrument SOIR. Il fut prolongé afin d'assurer le même soutien durant la phase opérationnelle de la mission.

En 2007, l'IASB a également participé aux réunions techniques et scientifiques réunissant les différents partenaires du projet comme le « Venus Science Operations Center » installé au siège de l'ESTEC au nord des Pays-Bas, le « Venus Mission Operations Center » à l'ESOC (Darmstadt, Allemagne), le Service d'Aéronomie du CNRS (Verrières-le-Buisson, France) ainsi que les instituts PI pour les autres instruments installés à bord de la sonde Venus Express.

### **1.3.2. Mars-Scout**

Durant la première moitié de l'année 2007, le groupe d'engineering de l'instrument SOIR a soumis une proposition de contribution pour TGE (« The Great Escape »), sous la forme d'une version améliorée de SOIR-VEX. TGE s'intègre dans le cadre du programme Mars Scout de la NASA. La décision de rejet de cette contribution, pressentie dès le mois de décembre 2007, n'est tombée officiellement qu'en septembre 2008.

Les activités de l'IASB consistaient essentiellement dans l'établissement et la présentation de documents nécessaires pour le CSR (« Concept Study Report »), sur lequel la NASA s'appuie habituellement pour la procédure de sélection. L'IASB a surtout prêté attention au design et à la construction d'un prototype du système de fermeture avec miroir à orientation variable (deformable mirror).

En 2007, les ingénieurs de l'IASB ont pris part aux réunions techniques rassemblant l'équipe du TGE et les autres partenaires du projet à Boulder et San-Antonio (U.S.A.), ainsi qu'à Paris et Bruxelles.



### **1.3.3. Soutien au projet ALTIUS**

L'équipe d'ingénieurs de l'IASB a également activement coopéré à la phase-A du projet ALTIUS en rédigeant des documents importants tels que le « Mission Requirements Document », les « Ground Segment Documents », le « Critical

Items List ». De même, l'institut a largement collaboré à la conception de la structure mécanique globale ainsi qu'à l'intégration de l'instrument ALTIUS à bord d'un satellite analogue à PROBA. Les ingénieurs de l'institut ont évalué les propositions des firmes Verhaert et OIP, concernant respectivement le design du satellite d'une part, et le layout optique ainsi que le choix du détecteur de l'instrument d'autre part.

#### **1.3.4. Soutien au projet IMPECVOC**

En 2007, l'IASB a mis au point, testé et mis en œuvre le logiciel LabView, permettant de contrôler le spectromètre de masse PTMRS. Cet instrument est basé sur un « datalogger » et une unité d'accouplage. Il est capable d'observer et de mesurer un grand nombre de paramètres environnementaux. Un script permettant de mettre l'instrument en mode complètement indépendant, pour contrôler l'instrument à distance via l'internet, fut mis au point.

Pour cette mission, l'IASB a conçu tous les composants nécessaires (depuis le dessin jusqu'à la fabrication des pièces en atelier). Une tâche particulièrement importante pour l'atelier correspondait à la réalisation des « cuvettes », c'est-à-dire des containers dans lesquels les mesures sont effectuées.

#### **1.3.5. Soutien au projet BRUKER**

L'IASB a ensuite poursuivi un projet commencé en 2006, à savoir la construction d'un traqueur solaire compact et entièrement nouveau. L'équipe a conçu et réalisé toutes les parties mécaniques, le pilotage électronique, ainsi qu'un logiciel de supervision basé sur LabView. Une première phase de test s'est achevée fin 2007. D'ici 2008, on prévoit les premiers tests en situation réelle (véritable exposition solaire).

#### **1.3.6. Soutien au projet EPT**

Le télescope EPT (Energetic Particle Telescope) est un instrument qui permet la mesure des flux de particules à haute énergie dans l'espace. Il a été développé pour obtenir un outil flexible, à la fois compact et léger, qui puisse être utilisé pour diverses missions spatiales mesurant les différents types de rayonnement, avec de très bonnes résolutions en énergie, en masse et en direction angulaire. L'instrument fut développé par un consortium dirigé par le CSR (Center for Space Radiation) à Louvain-la-Neuve. Les autres membres du consortium étaient Verhaert Space, ASRO en Finlande et l'IASB. L'Institut est notamment intervenu dans la conception mécanique et le développement de l'instrument. En particulier, en 2007, les tests de vibrations critiques imposés au module-absorbeur (contenant de l'aluminium et un absorbeur wolfram) furent couronnés de succès, démontrant ainsi la fiabilité du produit conçu.

## 1.4. B.USOC

### 1.4.1. Contexte



Grâce aux activités de l'IASB, la Belgique dispose de connaissances avancées dans les méthodes de recherche spatiale. La publication et la diffusion de ces méthodes permettent aux scientifiques et aux ingénieurs d'avoir accès aux techniques spécifiques liées à ces recherches, lesquelles sont sans cesse en développement.

Dans ce contexte, l'IASB met actuellement en place un département de valorisation de ses services et produits scientifiques. L'infrastructure et les services que fournit actuellement ce département se composent notamment d'un centre de service opérationnel: Le B.USOC (Belgian User Support and Operation Centre).

Le B.USOC a été créé par la Politique Scientifique Fédérale, BELSPO, dans le cadre de la participation belge au programme d'exploitation de la Station Spatiale Internationale (ISS) de l'Agence Spatiale Européenne. Ce programme a pour finalité l'usage commercial de l'ISS. Le rôle essentiel assigné au centre est de promouvoir les programmes de recherche spatiale et les opportunités de vols spatiaux pour la communauté scientifique belge dans les universités et les institutions fédérales. Le centre offre aux scientifiques ou aux utilisateurs finaux une série de services et de ressources pour préparer, exécuter, contrôler et analyser les expériences tant à bord de l'ISS qu'à bord d'autres plateformes satellitaires.

Selon la convention passée entre la Politique Scientifique de Belgique et l'IASB, les activités du B.USOC sont associées au département des services scientifiques de l'IASB.

Le centre opérationnel comprend deux systèmes principaux:

1. Un système d'infrastructure, incluant des salles de contrôle d'opérations, salles de réunions, des modèles et des équipements de laboratoires ainsi que des bureaux pour l'équipe centrale. Ce système propose un agencement physique du centre et une conception de son infrastructure technique.
2. Un système d'information qui contient tout le hardware et le software pour la gestion et le traitement des données, un réseau local et des interfaces pour la communication externe.



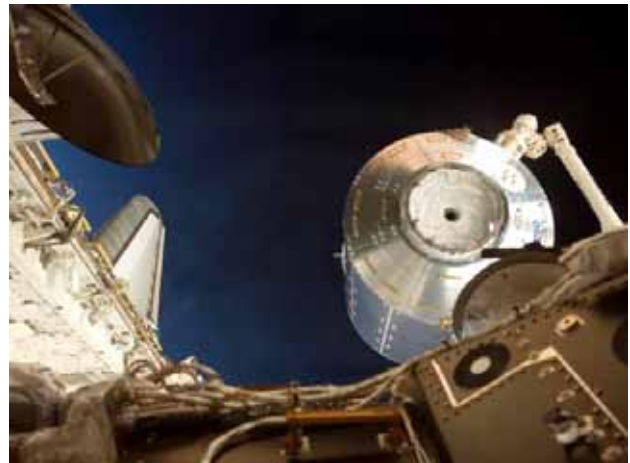
### 1.4.2. Harmonisation des structures de gestion et contractuelle

L'année 2007 fut l'année déterminante pour la finalisation de l'implémentation des infrastructures opérationnelles ainsi que pour l'évolution de la structure de gestion.

Au plan purement organisationnel, l'ESA HME (Human Space flight, Microgravity and Exploration Division) a désigné le comité d'accompagnement du B.USOC comme centre décisionnel de manière à ce que formellement, le centre puisse fonctionner dans un schéma organisationnel similaire aux autres USOC du réseau. Dans ce contexte, de manière à rendre possible la responsabilisation en tant que manager, il a été décidé que l'opérateur industriel (Space Application Services) ayant participé à l'implémentation du B.USOC deviendra le sous-traitant du B.USOC pour la phase opérationnelle d'exploitation de l'ISS.

### 1.4.3. Préparation des opérations Columbus

Dans le cadre du programme ISS et de la vision décentralisée de l'ESA, la Belgique s'est vu octroyée la responsabilité du centre de mission de l'observatoire solaire (SOLAR) et du centre de mission de la « Protein Crystallization Diagnostic Facility » (PCDF).



Au cours de l'année 2007, le centre a :

- Conclu la phase d'implémentation du segment sol ISS dans le cadre du FRC SOLAR et du FSC EDR/PCDF.
- Réalisé tout le programme des tests des procédures et du segment sol ISS
- Concrétisé la certification du personnel (B.USOC et SAS) pour la conduite des opérations pour l'incrément 1E et les suivants
- Complété et finalisé la documentation contractuelle demandée par l'ESA
- Finalisé l'implémentation des différents laboratoires PCDF EM, PCDF SRM, SOLAR
- Finalisé le développement des logiciels nécessaires pour le support aux scientifiques dans le cadre de la préparation de l'expérience EDR/PCDF, ainsi que pour son implémentation en microgravité.
- Installé toute la connectivité nécessaire aux équipes scientifiques (UHB ; User Home Base) pour suivre en temps réel les opérations de leur expérience.

#### 1.4.4. Préparation des opérations du satellite PICARD

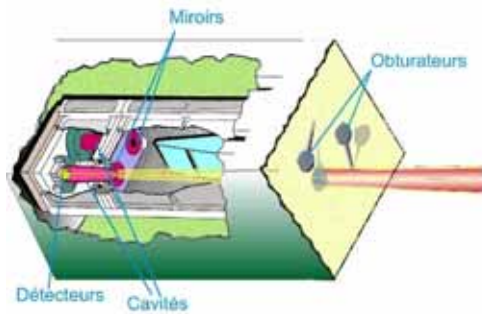


Radiation Center, instrument PREMOS). Le lancement est prévu en juin 2009, pour une durée de mission nominale de 3 ans.

Le CNES est responsable de la gestion technique et financière de l'ensemble de la mission PICARD, et le service DCT/PS/CMI est en charge du développement du Centre de Mission Scientifique PICARD (CMS-P). Le financement du CMS-P vient de l'état belge via le programme PRODEX de l'ESA.

Pendant l'année 2007, la première version du Centre de Mission Scientifique PICARD a vu le jour. La réalisation de ce centre de mission a été confiée à la société SPACEBEL, suite à un appel d'offre lancé en juin 2006 auprès de 4 industriels belges.

En novembre 2007, une réunion de travail de deux jours a été organisée conjointement par le CNES et le B.USOC dans les locaux de l'Observatoire Royal de Belgique. Cette réunion a permis à tous les futurs utilisateurs du CMS-P de découvrir tout le potentiel du centre de mission en termes de services et produits.



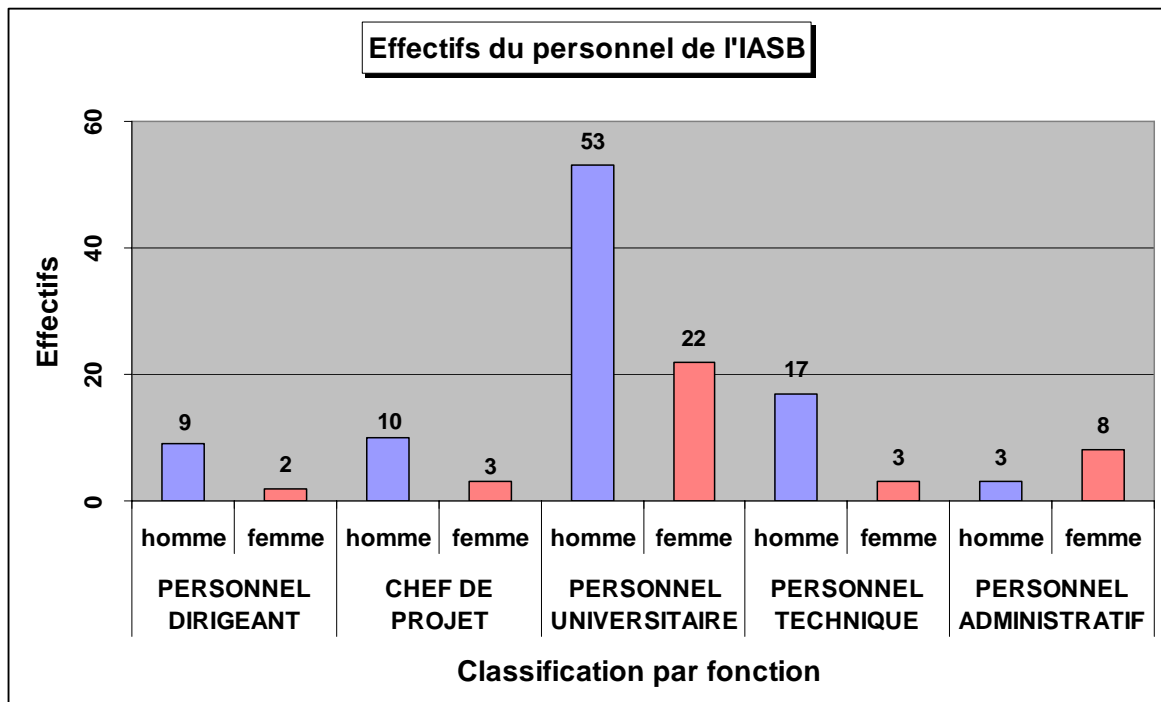
## Chapitre 2 : Fonctionnement

### 2.1. Personnel – Structure

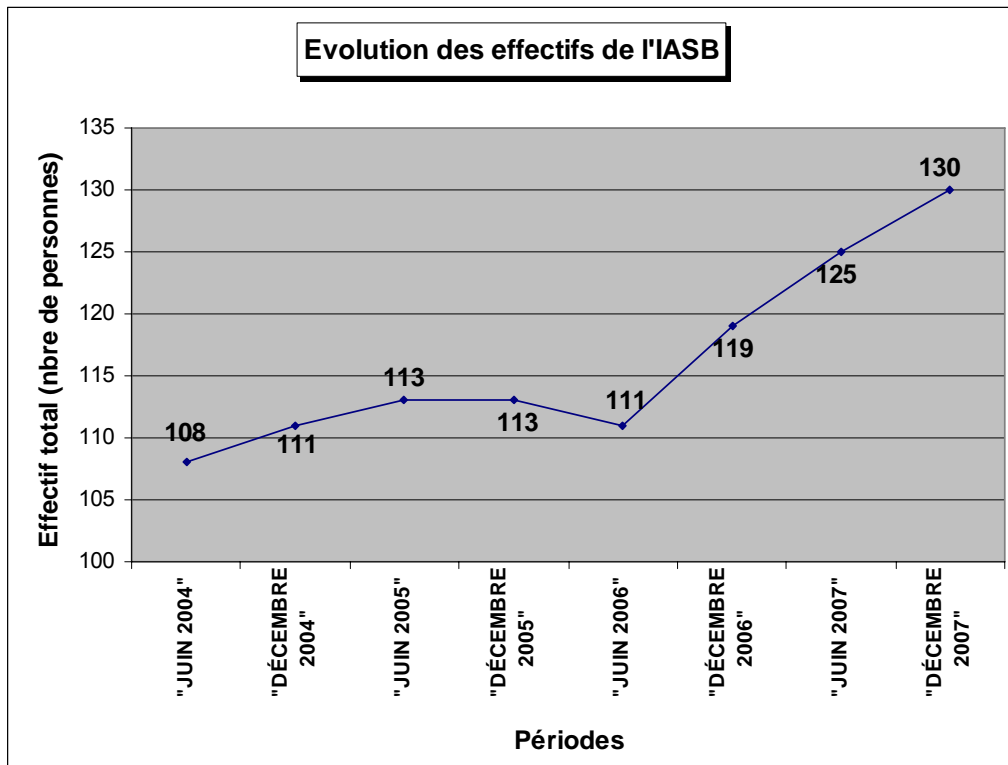
#### 2.1.1. Répartition chiffrée du personnel (au 31/12/2007)

	Personnel statutaire	Personnel contractuel	Total	VTE
Personnel scientifique	20	53	73	71,45
Personnel administratif	32	25	57	53
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>78</b>	<b>130</b>	
VTE	49,4	75,05		124,45

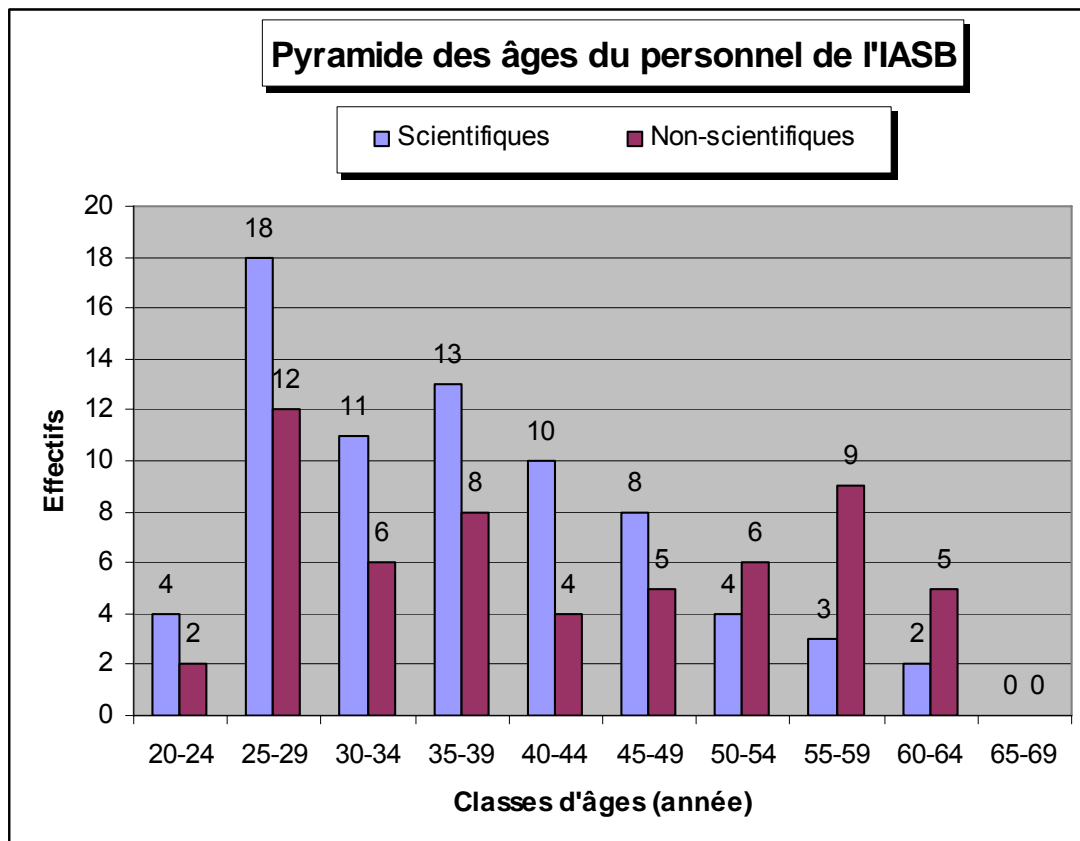
#### 2.1.2. Distribution « homme – femme » dans la classification des fonctions



### 2.1.3. Évolution récente du personnel de l'IASB



### 2.1.4. Répartition entre personnel scientifique et non-scientifique dans la pyramide des âges :



### 2.1.5. Personnel scientifique

En 2007, les fonctions dirigeantes suivantes ont été remplacées, via un mandat de « fonction supérieure temporaire » par :

- Chef du département II : Aéronomie théorique
- Chef de la section 3 : Physique et chimie de l'atmosphère et interplanétaire
- Chef du département III : Aéronomie expérimentale
- Chef de la section 5 : Photochimie

Une personne a été promue au rang de chef de travaux agrégé

Aucune promotion à un rang supérieur n'a été réalisée pour le personnel de la carrière administrative.

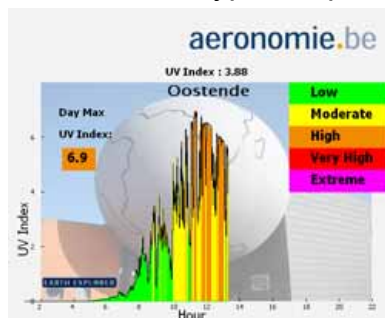
## 2.2. Service de Communication

### 2.2.1. Introduction

L'IASB a pour mission d'acquérir une expertise scientifique et technologique dans le domaine de l'aéronomie spatiale et de communiquer l'information dans ce domaine.

### 2.2.2. Un matériel didactique varié : sites web, quiz interactifs (« Space Quiz » & « Helio Quiz »), posters, etc.

Le site général de l'IASB (<http://www.aeronomie.be>) se décline en français, en néerlandais et, pour une bonne partie, en anglais. Une maintenance régulière de celui-ci est assurée. Par ailleurs, ce site suit également l'actualité scientifique internationale, dans le domaine de l'aéronomie spatiale, en proposant de fréquentes mises à jour de ses pages «News», ainsi que la création de mini-sites traitant de projets plus spécifiques. À titre d'exemple, un premier mini-site fonctionnel de ce type peut être consulté à l'adresse suivante :



[www.aeronomie.be/spectrolab](http://www.aeronomie.be/spectrolab).

Il en va de même pour le service du B.USOC qui, bien que faisant partie intégrante de l'IASB, dispose toutefois de son propre site web, autonome, mais familier de par son architecture: <http://www.busoc.be>.

Le site de l'institut propose également des prévisions d'évolution temporelle de l'index UV. Ces données sont collectées sur trois sites différents, où sont installés nos instruments de mesure : l'IASB sur le plateau d'Uccle, ainsi que les parcs d'expérimentation scientifique de l'« Earth Explorer » à Ostende et de l'«Euro Space Center» à Redu. Depuis 2007, nous sommes aussi partenaire de l'observatoire public URANIA.

L'année 2007 fut également marquée par la commande, en sous-traitance, d'un site web spécialement dédié à la mission Columbus: <http://www.busoc.be/columbus>. Impossible également de parler de l'année 2007 sans évoquer l'Année Héliophysique Internationale. Ainsi, pour mettre notre astre à l'honneur, le pôle Espace de Uccle décida de lui consacrer un site web exclusif à l'adresse qui suit : <http://www.oma.be/ihy2007>. L'Institut d'Aéronomie Spatiale s'est investi dans la conception et la réalisation de cet espace web.

La cellule communication remet aussi régulièrement à jour la liste de questions des quiz interactifs. Pour une large diffusion et utilisation de ces derniers, l'entièreté des questions fut traduite en anglais durant l'année 2007.

Sur base du modèle « Space quiz » de l'IASB, un second quiz, nommé « Hélio quiz », fut créé dans le cadre de cette Année Héliophysique Internationale.

### **2.2.3. Les principaux événements et expositions**

L'IASB a mis en place l'exposition « **Index UV** », à l'Euro Space Center (Redu). Elle y présente, par exemple, les caractéristiques du rayonnement UV, les stations de mesure de l'IASB, la mise au point d'un index UV, mesuré en temps réel, pour envisager finalement les dangers potentiels des UV pour l'homme (*février 2007*). De même, lors du Dimanche des sciences, événement qui s'est déroulé au Centre de Culture Scientifique de Parentville, l'accent fut également mis sur les index UV (*mai à décembre 2007*).

L'IASB s'est également offert une vitrine au Forum des entreprises, dans le cadre de l'expo « matière et matériaux », mise en place à l'Université du Travail de Charleroi, en mars 2007.

En septembre 2007, l'IASB participait aux portes ouvertes d'URANIA, dont le thème mettait à l'honneur les cinquante ans du lancement de « **Sputnik** », alors que le mois suivant (*octobre 2007*), l'IASB livrait du matériel pédagogique sur le même thème au planétarium de l'Observatoire Royal de Belgique.

Lors des portes ouvertes du pôle Espace, en octobre 2007, l'IASB a pu présenter ses activités. Cette présentation de l'institut s'articulait autour de ses principaux thèmes de recherche, le tout complété par des ateliers interactifs. Pour cadrer avec l'actualité, le thème majeur de cette édition 2007 correspondait, aux

cinquante ans de l'Année Géophysique Internationale, au cours de laquelle de très nombreuses expéditions de découverte ou campagnes de recherche scientifique furent menées.



D'autres thèmes d'actualité furent également évoqués au cours de cette journée, tels que **l'Année Polaire Internationale 2007-2009** et **l'Année Héliophysique Internationale (2007-2008)**, où l'accent était bien évidemment placé sur l'implication de l'IASB. Les visiteurs ont pu y admirer des maquettes de modèles réduits ou tester leurs connaissances à l'aide du « Space quiz ». Un espace historique était également

présent, celui-ci retraçait les grandes lignes de l'épopée humaine vers l'Espace, depuis le lancement du premier satellite artificiel Spoutnik (4 octobre 1957), jusqu'aux nombreuses contributions belges en faveur d'une avancée dans ce domaine spatial. Par exemple, les vols des astronautes belges Dirk Frimout (1992) et de Frank De Winne (2002), apparaissent tous deux comme des points clés de cette aventure spatiale belge. Le sous-sol de l'IASB et les bureaux du B.USOC étaient également accessibles au public, et enfin, des moniteurs de l'Euro Space Center de Redu étaient exceptionnellement venus nous rejoindre pour réaliser diverses activités extérieures : fusées à eau, château gonflable, etc. (Octobre 2007).

D'octobre à novembre 2007, la Bibliothèque de Woluwé a organisé une exposition temporaire sur la mission **Mars Express**, l'IASB et le groupe d'expertise dans le domaine spatial, BRUSPACE, ont fait une présentation commune sur ce même thème au salon du Bourget (France).

Dans le cadre d'une exposition mise en place par la Commission européenne sur le thème du « **Global Monitoring for Environment and Security** » (GMES) à Munich, l'IASB a livré du matériel d'exposition autour du thème de « l'observation menée depuis l'espace ».

#### **2.2.4. D'étroites relations avec la presse**

Voici les principaux communiqués de presse publiés au cours de l'année 2007 :

- Un article sur Vénus, écrit par des scientifiques de l'IASB et paru dans la prestigieuse revue scientifique « Nature » (novembre).
- Lancement et arrimage réussis du module Columbus à la station internationale ISS (décembre).
- Le projet ALTIUS

- Contribution de l'IASB à l'organisation d'une conférence de presse sur le climat, organisée par la politique scientifique fédérale, au sein du sous-groupe de l'IPCC basé à Bruxelles (*Mars*).
- Collaboration entre la Chine et la Belgique dans le cadre d'un projet sur la pollution atmosphérique (*juin*).
- Les index UV (*juin*).
- Les portes ouvertes du pôle Espace, sur le plateau d'Uccle (*octobre*).

Nos thèmes de recherche et nos activités ont trouvé un large écho auprès de divers medias tels que les chaînes de télévision : RTBF, VRT, VTM, RTL, etc., la presse écrite et les quotidiens tels que De Standaard, Le Soir, L'Echo, Het Laatste Nieuws, de Gazet van Antwerpen, De Tijd, Knack, pour n'en citer que quelques uns, et enfin divers sites web de référence : l'ESA, Fedra, Urania, Skynetnieuws, etc.

#### Quelques exemples :

- " L'atmosphère de Vénus, un peu moins mystérieuse...", Christian Du Brulle, Le Soir.
- " Waarom Venus de hel is en de Aarde (nog) een paradijs ? Ultiem broeikaseffect ", Kim De Rijck, De Standaard.

#### **2.2.5. Le magazine Science Connection de la Politique Scientifique Fédérale**

Parallèlement à sa mission de promotion et de diffusion, la cellule de Communication de l'IASB est également là pour assurer un soutien rédactionnel auprès des scientifiques de l'institut. Ces derniers peuvent alors faire état de leurs recherches ainsi que de leurs découvertes, à travers le magazine de vulgarisation scientifique "Science Connection".

Ci-dessous, deux exemples de thèmes traités au cours de 2007:

- « La recherche en héliophysique en Belgique - Le Soleil et son influence sur la Terre » (dans le cadre de l'Année Héliophysique Internationale 2007-2008), (*octobre*).
- « Le lien entre l'héliosphère et la Terre - Recherche magnétosphérique à l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB) », par Johan De Keyser et Viviane Pierrard.
- "ATV et Columbus, un cargo et un laboratoire spatial pour l'ISS" dans le Space Connection n°62, (*décembre*).



### **2.2.6. La communication interne**

La cellule communication s'occupe également de la communication interne grâce à une gestion quotidienne d'une partie du site web interne. Par ailleurs, l'IASB est sensible à l'équilibre de son personnel et c'est ainsi qu'il soutient activement toute idée d'activité, susceptible de promouvoir la convivialité et l'esprit d'équipe au sein de l'institution. La participation d'une équipe de l'IASB à l'évènement des 20km de Bruxelles en est un exemple, parmi d'autres. Les départs en retraite sont également fêtés comme il se doit, à l'aide de présentations « power point », réalisées à cet effet. Elles sont l'occasion de retracer le parcours de ces personnes mises à l'honneur par l'Institut.

### **2.2.7. La communication scientifique**

Ce sont avant tout les équipes de chercheurs de l'IASB qui réalisent la communication du savoir purement scientifique. Toutefois, pour que ce travail de diffusion et de promotion soit le plus optimal possible, il faut qu'il résulte d'une excellente synergie avec la cellule de communication, à travers des contacts étroits et réguliers. Seul un dialogue permanent entre ces deux types de collaborateurs, autorise un regard extérieur complémentaire, précieux, sinon indispensable, pour aborder la complexité des sujets habituellement visés. La cellule de communication a ainsi apporté son support pour l'organisation de workshops, l'un consacré à la plasmasphère (*septembre*), et l'autre au programme « Picard » (*octobre*).

En 2007, les chercheurs de l'IASB sont à l'origine d'une septantaine de publications scientifiques (voir en annexe) alors qu'ils ont participé à une quarantaine de projets nationaux et internationaux, bien souvent en tant que responsables ou coordinateurs principaux. L'IASB a enfin pris part à la conférence RADECS à Deauville (septembre 2007), afin d'informer les spécialistes sur le projet Spenvis. Un leaflet fut publié à cette occasion, il s'adresse à un public de scientifiques, en trois langues : français, néerlandais et anglais.

## **2.3. Budget**

Les moyens budgétaires de l'Institut peuvent être subdivisés de la manière suivante:

- Enveloppe du personnel
- Dotation de l'administration fédérale (section 0)
- Revenus propres (section 1)
- Lotto, programmes d'investigation ministérielle (section 2)
- Revenus de tiers, contrats d'investigation (section 3)
- Fond de réserve (section 4)

## **Pour l'enveloppe du personnel**

Cette section comprend les coûts salariaux pour le personnel statutaire (scientifique et administratif). Pour 2007, cela représente un budget de 3.466.014€. Ici, nous n'avons pas tenu compte des nouveaux statuts pour le personnel scientifique. Ce budget tient compte de la rotation du personnel statutaire (entre autres les recrutements et les promotions).

## **Pour la section 0 - dotation de l'administration fédérale:**

Recettes : le total des recettes s'élevait, avec solde, à 1.319.000 €.

### Dépenses :

Personnel : 81.700 €

Fonctionnement de subsistance : 251.000 €

Fonctionnement spécifique lié aux projets : 40.000 €

Équipement de subsistance : 128.000 €

Équipement spécifique : 215.000 €

## **Pour la section 1 - recettes propres :**

Personnel : 139.000 €

Fonctionnement : 40.000 €

## **Pour la section 2 - budgets Lotto, programmes de recherches d'initiative ministérielle :**

Recettes (subventions) : 1.550.000 €, dont 1.037.450 € pour le « Solar Terrestrial Center of Excellence »

### Dépenses :

Personnel : 558.500 €

Fonctionnement : 67.500 €

Équipement : 162.000 €

## **Pour la section 3 - fonds de tiers (ESA, CE, ...) :**

Recettes : 3.449.500 €

### Dépenses :

Personnel : 2.065.000 €

Fonctionnement : 895.000 €

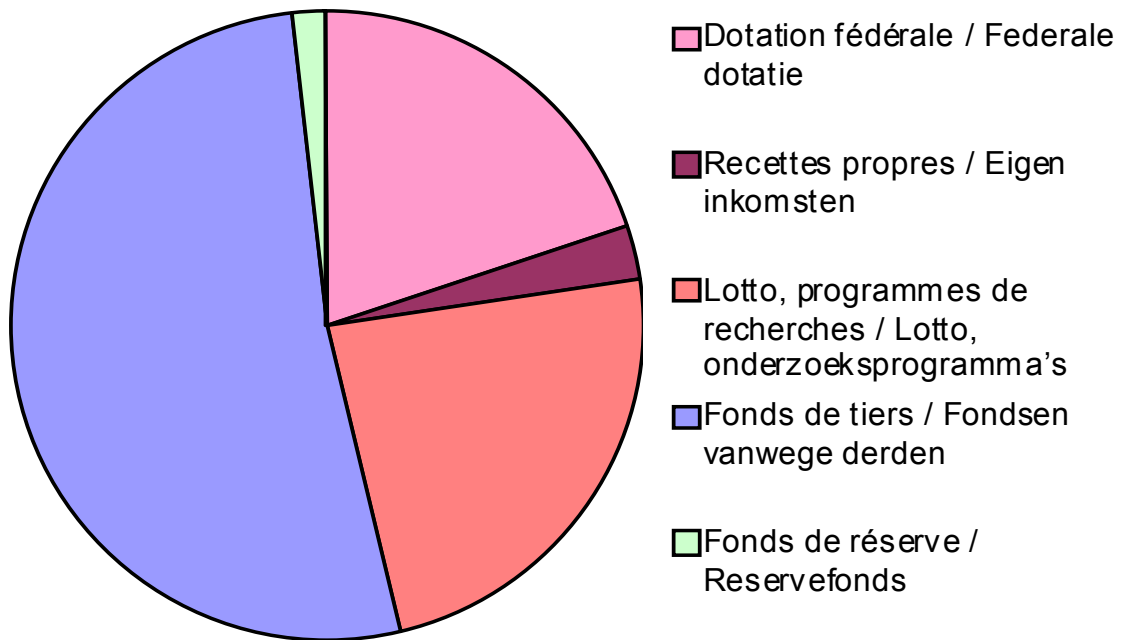
Équipement : 141.000 €

Nous tenons tout particulièrement à remercier les différents intervenants du programme Prodex (PROgramme de Développement d'EXpériences scientifiques) et d'autres programmes de l'Agence Spatiale Européenne pour leur coopération.

En effet, plus de 65% des moyens disponibles dans la partie 'fonds de tiers' du budget 2007 de l'Institut proviennent du financement ESA / Prodex et il s'avère dès lors crucial pour notre institution de travailler en étroite collaboration avec les gestionnaires de ces programmes, tant au sein de la Politique scientifique fédérale – Service des Recherches et Applications spatiales – que du côté du bureau Prodex de l'Agence Spatiale Européenne (ESA).

**Pour la section 4 - fonds de réserve:**

Le solde du fonds de réserve s'élève actuellement à 110.608 €



**2.4. ICT**

L'année 2007 fut une année de consolidation pour la section ICT. Au cours de celle-ci, l'accent fut essentiellement mis sur un effort de simplification et d'uniformisation de l'infrastructure en place, en combinaison avec un élargissement de ses capacités de stockage et de traitement. En ce qui concerne la collaboration ICT entre les trois instituts du pôle Espace, les activités se sont concentrées autour de deux projets centraux : l'installation d'un nouveau serveur de stockage (file server) et le lancement de la phase 2 du projet d'évolution du serveur de calcul (compute server).

**L'infrastructure ICT à l'IASB**

Au niveau de l'infrastructure ICT de base de l'institut, l'IASB a lancé et/ou réalisé différents projets en vue d'augmenter la fiabilité et le niveau de contrôle de l'ensemble des structures en place. Dans le même temps, les capacités de

l'infrastructure existante furent accrues, de manière à mieux pouvoir faire face aux exigences, toujours croissantes.

Parmi les projets les plus importants, figure celui de l'uniformisation du parc des machines, des postes de travail et des serveurs de l'institut. En 2007, les informaticiens ont remplacé les derniers anciens serveurs par de nouveaux systèmes du type Intel/Linux. On vise autant que possible, l'utilisation de serveurs standards, fonctionnant sous Linux, ainsi que de composantes de hardware mutuellement interchangeables.

Ceci simplifie nettement l'installation et l'administration des serveurs, tout en augmentant, dans le même temps, la fiabilité de l'infrastructure globale : moins de problèmes rencontrés en termes de compatibilité et davantage de flexibilité face aux nouveaux besoins, toujours plus nombreux et variés.

Nous avons fait de même pour les postes de travail des utilisateurs. Pour cela, nous utilisons, dans la mesure du possible, des « thin clients » qui donnent l'accès, pour le personnel de l'IASB, aux serveurs Linux ainsi qu'à la plupart des applications Windows. Pour ceux qui disposent de leur propre PC portables, nous utilisons des modèles standards, ce qui facilite grandement l'installation et l'entretien.

Un autre projet important concerne la modernisation du centre informatique, aussi bien en termes de climatisation que de capacités électriques. Ceux-ci étaient devenus insuffisants et/ou obsolètes face aux besoins croissants de l'infrastructure en place. Aussi, l'IASB a donc fait les choix nécessaires pour renouveler progressivement et complètement l'ensemble de ces parties. L'équipe ICT a choisi une installation qui garantit sécurité et disponibilité maximales, même en cas de panne. La salle est également sécurisée, depuis l'installation récente d'un système d'extinction automatique, en cas d'incendie. Les gaz employés par ce système sophistiqué ont également été remplacés, en passant de la neige carbonique conventionnelle à un gaz inerte, présentant moins de danger pour le personnel.

Les exigences, sans cesse croissantes, pour le stockage des données scientifiques et les besoins connexes, ont également conduit à d'importants investissements, en termes de capacité de traitement. Pour accroître les capacités de stockage, en particulier pour les données satellitaires, grandes consommatrices d'espace, comme on le sait, l'équipe ICT a porté les capacités des serveurs de l'institut à quelques 30 Terabytes.

À l'avenir, elle vise aussi l'installation d'un système de stockage hiérarchique des données. Pour cette raison, l'IASB s'est procuré 4 serveurs à étages supplémentaires pour renforcer son cluster de machines existant.

## **L'infrastructure ICT du pôle Espace**

Les moyens informatiques communs aux trois instituts du Pôle Espace constituent une infrastructure globale, largement exploitée au quotidien, par l'ensemble du personnel travaillant sur le site d'Uccle. En 2007, les responsables ICT ont réalisé deux projets importants.

Tout d'abord, il y eut l'installation, la configuration et la mise à jour d'un serveur de stockage commun (file server). Cette machine met spécialement l'accent sur les aspects de disponibilité du serveur. Vu que les données des utilisateurs les plus importantes en volume (par exemple le mailing) doivent se trouver sur ce serveur, le critère de disponibilité est prépondérant.

Pour y arriver, tous les composants sont dédoublés et un système de sécurité est prévu pour les situations de sinistre total (disaster recovery). Ce système se trouve à côté de l'installation en charge des backups, dans la salle informatique de l'institut, et permet de conserver le contrôle opérationnel des activités, en cas de crash du serveur (panne d'électricité exceptionnelle, incendie partiel ou total, etc.).

Le système actif se trouve dans le centre informatique de l'IRM. Ainsi, de par ce système, l'accent est placé essentiellement sur la valeur ajoutée pour les utilisateurs. Il y a, entre autres, «un système intelligent» de récupération des données, auquel les utilisateurs ont eux-mêmes la possibilité d'avoir accès, pour des backups fréquents de leurs données.

La deuxième activité importante au niveau du Pôle Espace fut le lancement en phase 2 du projet «compute server». Ce dernier correspond à l'implémentation d'un nouveau serveur qui augmentera significativement les capacités d'exécution de programmes parallèles, tels que les «runs» de modèles atmosphériques par exemple, particulièrement gourmands en termes de capacité de calcul. Quand le serveur est opérationnel, ce ne sont pas moins de 192 processeurs qui travaillent de concert, pour une capacité totale de mémoire de travail de 576 Gigabytes!

# Publications

Remarque : pour la liste exhaustive des publications, voir les annexes.

## **Statistiques des publications du groupe « Chimie et physique des atmosphères (60 collaborateurs), pour l'année 2007:**

Le nombre de publications du groupe « Chimie et physique des atmosphères », pour l'année 2007, s'élève à 62 articles, se répartissant comme suit :

- Publications dans des revues internationales avec comité de lecture: 28
- Publications dans des revues nationales avec comité de lecture: 4
- Publications dans le cadre de conférences : 28
  
- Publications dans des rapports parus : 2

## **Statistiques des publications du groupe « Physique des plasmas spatiaux » (10 collaborateurs), pour l'année 2007:**

Le nombre de publications du groupe « physique des plasmas », pour l'année 2007, s'élève à 21 articles, se répartissant comme suit :

- Publications dans des revues internationales avec comité de lecture: 16
- Publications dans des revues internationales sans comité de lecture: 2
- Publications dans des revues nationales sans comité de lecture: 3
  
- Autres : 1

## **Objectifs pour 2008**

### **De nouveaux statuts pour le personnel scientifique.**

En 2007, les différentes parties concernées ont travaillé d'arrache-pied, à la fois pour la reconnaissance et la mise en application des nouveaux statuts du personnel scientifique statutaire.

Ainsi, divers Arrêtés royaux furent révisés et/ou sont en cours d'approbation. Il s'agit de :

- l'Arrêté royal du 20 avril 1965 instituant le statut organique des Établissements scientifiques fédéraux ;
- l'Arrêté royal établissant le Statut du personnel scientifique de ces institutions scientifiques fédérales ;
- l'Arrêté royal établissant le statut pécuniaire du personnel scientifique des établissements scientifiques fédéraux ;
- l'Arrêté royal relatif à la désignation et à l'exercice des fonctions de management, d'encadrement et dirigeantes au sein des établissements scientifiques fédéraux

Pour une bonne mise en place de ces divers changements appliqués au personnel scientifique, l'implémentation effective des objectifs de développement constitue l'objectif principal fixé pour 2008.

À titre d'exemples, on peut citer la mise en place ou le développement de fiches de fonction, la compilation d'une matrice d'évaluation en vue d'une classification des ressources à disposition, suite à l'engagement de personnes au sein des groupes de recherche scientifique et des services scientifiques.

En outre, l'IASB travaille également à l'élaboration d'un nouvel organigramme en ligne, avec les nouvelles fonctions de management de directeur opérationnel. Ce n'est pas tout, car l'Institut doit également à présent proposer de nouvelles pistes pour ses agents contractuels, en mettant en place de nouveaux outils spécifiques pour ces derniers, le tout dans une vision de croissance continue de son organisation.

### **Stratégie**

Il est nécessaire de perfectionner la stratégie adoptée en 2005, en réexaminant les besoins et les circonstances actuels, ceci d'un point de vue à la fois scientifique et social.

Ainsi, les groupes de travail étudieront ces nouveaux défis, en collaboration avec le Conseil scientifique, pour parvenir à une perspective commune et des objectifs dont l'accent sera davantage mis sur le contenu scientifique.

## **Consolidation du personnel**

Pour répondre aux nombreux défis à venir, l'évolution en termes de croissance du personnel de l'IASB, pour l'année 2007, semble plutôt confortable. De même, s'inscrivant dans cette stratégie de développement, un accent particulier fut placé sur les services scientifiques. Ainsi, de nouvelles initiatives ont été lancées, de même, de nouveaux partenariats internationaux furent mis en place. Il est important de leur assurer un avenir en les perpétuant. L'année 2008 sera donc plus que probablement, pour l'IASB, une année de consolidation, dans le domaine du personnel (de la gestion du personnel) et des perspectives d'avenir.

## **Organisation des activités de services**

L'IASB entend poursuivre l'élargissement de ses activités de service en leur assurant une structure plus développée encore. Ces dernières se concentreront probablement sur les trois axes ou sous-domaines suivants :

- le caractère opérationnel des instruments à bord de la Station spatiale internationale (ISS) et le contrôle des missions scientifiques belges ;
- les activités dans le domaine de la « météorologie spatiale » (Space weather) ;
- les activités dans le domaine du « Chemical weather ».

Ceux-ci correspondent à de nouvelles pistes d'expansion des activités opérationnelles déjà en place, de même qu'au lancement de celles-ci dans une base structurelle, axée sur deux priorités thématiques, à savoir la « Physique et chimie des atmosphères » et les « Plasmas spatiaux/Physique spatiale ».

## **La régie des bâtiments**

En 2006 et 2007, l'IASB a réalisé de nombreux travaux d'études préparatoires en vue d'une amélioration significative de ses infrastructures.

Les bâtiments existants appellent à la rénovation, exigeant ainsi un ajustement nécessaire pour répondre au mieux aux besoins actuels. La construction d'une extension est nécessaire pour répondre plus adéquatement à la nouvelle croissance de personnel ainsi qu'au développement des nouvelles activités de services, et ce conformément à la réputation internationale de l'Institut. Une détermination claire des ressources budgétaires nécessaires à la réalisation de ces projets de rénovation doit encore être menée, en concertation avec la régie des bâtiments.



# Annexes 1:

## Chimie et physique des atmosphères

- Résumé détaillé en anglais
- Publications

Table of contents
-------------------

Foreword: Introduction of the teams

Activity report

### I. Research

- Mesospheric and stratospheric ozone and related species; stratospheric aerosol and PSC.
- Tropospheric composition, tropospheric ozone and its precursors; interactions with biosphere
  - Model results
  - Laboratory work
  - Field observations
- Atmospheric species and processes impacting air quality
- Greenhouse gases
- Ground-based observations of atmospheric composition
  - Long-term monitoring
  - Observation campaigns
- Synergies between ground-based, balloon and satellite data; synergies with modeling (data assimilation)
  - Synergies between ground-based, balloon and satellite data
  - Synergies with modeling: data assimilation
- Solar irradiance, spectral UV, and radiative transfer problems
- Planetary atmospheres

### II. Applications towards Scientific Services

### III. Publications

## - Foreword -

This activity report is structured according to scientific themes. The contributions from different teams have been identified by the team's short name, as indicated below. In case the contact person is different from the team leader, his/her Email address is given in addition.

### **Teams :**

#### Infrared atmospheric observations and related laboratory experiments (IR)

M. De Mazière, B. Dils, C. Hermans, M. Kruglanski, A. Merlaud, C. Senten, A.C. Vandaele, G. Vanhaelewyn, C. Vigouroux, P. Skarlas

#### UV-visible atmospheric observations and related laboratory experiments (UVVIS)

M. Van Roozendael, I. De Smedt, C. Fayt, J. van Geffen, J. van Gent, F. Hendrick, C. Hermans, K. Clémer, C. Lerot, A. Merlaud, G. Pinardi, N. Theys

#### Limb Remote Sounding group (LRS)

Didier Fussen, Christine Bingen, Filip Vanhellemont, Jan Dodion, Nina Mateshvili, Emmanuel Dekemper, Nicolas Loodts, Maxime Stapelle

#### Atmospheric composition and related laboratory studies using mass spectrometry (MS)

Crist Amelynck, Niels Schoon, Frederik Dhooghe, Marie Demarcke

#### Solar radiation radiometry and radiative transfer (SOL)

D. Gillotay, C. Depiesse, D. Bolsée, A. Michel, W. Peetermans, Y. Willame, F. Stevens, G. Franssens

#### Modelling of atmospheres; data assimilation and inverse modelling; theory (MOD)

J.-F. Müller, T. Stavrakou, F. Daerden, Q. Errera, S. Chabrilat, S. Compernelle, K. Ceulemans, Y. Christophe

#### Synergistic exploitation of atmospheric data: multi-platform studies, satellite validation, and GEOSS issues (SYN)

J.C. Lambert, C. De Clercq, R. Delgado, P. Gérard, J. Granville, P. Skarlas

#### Planetary aeronomy (PLANET)

A.C. Vandaele, V. Wilquet, A. Mahieux, F. Daerden, C. Verhoeven

- *Activity report* -

## I. Research

### **Mesospheric and stratospheric ozone and related species; stratospheric aerosol and PSC.**

#### **ALTIUS (LRS)**

ALTIUS is intended to be launched within the frame of a Belgian micro-satellite programme. The Institute, which is fully supported by the Belgian Scientific Policy, will be the Principal Investigator of the entire mission. The instrument will make use of the recently developed technique of limb scattering but it will introduce an original concept to achieve this goal, i.e., to develop one or several spectral camera's for solving the altitude registration problem.

##### *Activities in 2007*

- completion and ESA reviewing of the Phase 0 (CDF)
- phase A study by the ALTIUS "Tiger Team" involving BIRA-IASB, Verhaert Space, OIP and Conserd
- definition of the UV-AOTF breadboarding activity in collaboration with Gooch & Housego (UK)
- first phase A review at ESTEC in Oct 2007
- phase A consolidation and restructuring of the ALTIUS Mission Requirement Document

#### **GOMOS (LRS)**

There are presently concrete scenarios to extend the ENVISAT mission till 2014 with a limited reduction of the observation capacity. The GOMOS instrument is still almost fully operational and it is accumulating an inestimable amount of data, covering several years of data on a global scale. The limb remote sounding team is an Expert Support Laboratory of ESA for the GOMOS mission and participates on a very regular basis to the improvement of the official products through participation to the GOMOS Quality Working Group meetings.

##### *Activities in 2007:*

- Further development of the BIRA GOMOS retrieval algorithm dedicated to aerosol (SADE project).
- GOMOS QWG actions: definition of the optimal aerosol extinction law to be implemented into the second GOMOS general reprocessing
- Completion of the High Resolution Temperature and Pressure retrieval algorithm

- Start of the GOMOS Bright Limb retrieval model: study of the instrument line spread function, the straylight characterization and the straylight removal algorithm.
- validation of the GOMOS mesospheric sodium climatology

## **LYRA (LRS and SOL)**

*Activities in 2007:*

As invited experts and member of the LYRA Science Team, the team participated to first simulations of the inversion of occultation data in the upper atmosphere.

## **GODFIT-2 (UVVIS)**

The GOME Direct-Fitting (GODFIT) project aims to set up a new baseline for high precision total column ozone retrieval from the GOME instrument on board of ERS-2. GODFIT-2 is a follow up of the GODFIT Phase A project where a first version of the direct-fitting algorithm was developed and validated together with the so-called GDOAS algorithm, which was selected in 2004 for implementation in the GOME operational processor (GDP 4.0), and in 2006 in the SCIAMACHY operational system (SGP 3.0) at DLR. The main emphasis within GODFIT-2 is on the further improvement of the direct-fitting scheme under extreme conditions of ozone columns and solar zenith angles in polar regions. This project is linked to the SAUNA campaigns (see below).

*Activities in 2007:*

- Software developments:
  - Improvement of the cloud correction scheme by implementation of an internal closure fully cloudy mode.
  - Implementation of a new interface for the NNORSY O<sub>3</sub> profile climatology (in connection with the CHEOPS project).
  - Testing of new techniques in the LIDORT Raman scattering offline software, in view of improving the Ring effect correction and allow its coupling with the cloud correction algorithm.
- Total ozone column sensitivity studies:
  - Optimization of the fitting window.
  - Study of the dependence on the O<sub>3</sub> profile climatology (TOMS v8 or DOC) used in the retrieval procedure.
  - Study of the impact of the cloud parameters, as determined from the FRESCO and OCRA/ROCINN algorithms. Identification of the shortcomings from the two algorithms.
- Global validation total O<sub>3</sub> columns derived from consolidated version of the GODFIT algorithm. Comparisons with NDACC & WOUDC correlative data as well as with the GDP 4.0 product. The new GODFIT algorithm shows

significant improvements in southern polar regions as well as in northern mid- and high latitudes.

- After successful final review, the BIRA/DLR/RT-Solutions consortium is awarded a new contract for implementation of GODFIT into the operational processor (GDP 5 project).

## **STRATOSPHERIC AEROSOL MODELISATION (LRS)**

The development of a model for the simulation of transport and microphysical processes of stratospheric aerosols, MOSTRA, has been continued.

*Activities in 2007:*

- Test runs of the MOSTRA model
- Development of a graphical user interface for post-processing

## **☒ Tropospheric composition, tropospheric ozone and its precursors; interactions with biosphere**

### **➤ Model results**

## **IBOOT (coordinated at IASB-BIRA) (MOD)**

In partnership with teams at KULeuven and at the Max-Planck Inst. Mainz, IBOOT aims to understand the chemistry and quantify the role of biogenic organic compounds in the atmosphere. IBOOT is coordinated at IASB-BIRA and financed by Belspo in the framework of the “Science for a Sustainable Development” program. IASB-BIRA is in charge of the modeling tasks within IBOOT. Manuel Capouet left the team in 2007 and was replaced by two young scientists (S. Compernelle and K. Ceulemans).

*Activities in 2007:*

The first phase of the IBOOT project has ended in December 2007. A report transmitted to Belspo in July 2007 has been positively evaluated by a panel of international experts, which enabled the continuation of IBOOT in 2008-2009.

The module for the calculation of secondary organic aerosol (SOA) in the oxidation of a monoterpene ( $\alpha$ -pinene) has been developed and used to simulate a large number of photo-oxidation experiments. The role of specific heterogeneous reactions and of uncertainties in the gas-phase ozonolysis mechanism has been evaluated. The gas-phase chemical mechanism of  $\alpha$ -pinene degradation has been updated and the role of hydroperoxides from  $\alpha$ -pinene+OH has been shown to be potentially significant (e.g. Vereecken et al., 2007). The SOA formation module has been extensively described in Capouet et

al. (2008). The chemical mechanism is extensively described in a web page at the site of IASB-BIRA ([www.oma.be/TROPO/boream/boream.html](http://www.oma.be/TROPO/boream/boream.html)).

## **PRODEX project “Tropospheric ozone from satellites” (MOD)**

This project aims to exploit satellite retrievals of tropospheric compounds in order to improve our knowledge of tropospheric ozone precursors and their emissions. We use the inverse modeling technique in order to provide improved estimates of the emissions by the use of atmospheric chemical observations in a chemical/transport model (CTM).

### *Activities in 2007:*

In 2007, we have upgraded both the global CTM used at IASB-BIRA (the IMAGES model) and the inversion technique. The feasibility and usefulness of the grid-based, adjoint model technique for inferring the emissions of short-lived, reactive gases (HCHO and NO<sub>2</sub>) has been demonstrated by the inversion of 10-year satellite records of these compounds. The HCHO dataset used in that context has been developed at IASB-BIRA (I. De Smedt and M. Van Roozendaal) and it uses prior information on the vertical profiles from the IMAGES model. The long-term trends of anthropogenic NO<sub>x</sub> emissions have been determined by inverse modeling, in particular for regions of the world experiencing rapid changes (e.g. China, US). The increase of NO<sub>x</sub> emissions is found to influence the lifetime (and therefore the abundance) of NO<sub>x</sub> over heavily industrialized areas (Stavrakou et al., 2008). The seasonal and interannual variations of biogenic and biomass burning emissions of non-methane volatile organic compounds (NMVOC) has been studied on the basis of the HCHO GOME/SCIAMACHY dataset. Standard inventories of isoprene emissions over the Eastern US appear to be largely overestimated from the comparison between the CTM and the data, a result contrasting with previous estimates based on another HCHO retrieval and another CTM. In tropical regions, the comparison shows the great potential of satellite HCHO data for constraining biomass burning emissions. This work is described in an article submitted to J. Geophys. Res. A new detailed inventory of isoprene emissions has been developed, based on the MEGAN algorithm and on ECMWF meteorological fields (Müller et al., 2008).

## ➤ Laboratory work

### **CIMS-BVOC (MS)**

*Activities in 2007:*

- Optimisation of ion transmission in the new differentially pumped SIFT detection chamber
- Experimental Selected Ion Flow Tube study of ion/molecule reactions of  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{NO}^+$  and  $\text{O}_2^+$  ions with seven sesquiterpenes ( $\text{C}_{15}\text{H}_{24}$ ) in view of their detection and quantification by SIFT-MS and PTR-MS:
  - Product ion distribution studies
  - Evaluation of the influence of water vapor on the ion chemistry and relative kinetic studies of  $\text{H}_3\text{O}^+.\text{H}_2\text{O}$ /sesquiterpene and  $\text{NO}^+.\text{H}_2\text{O}$ /sesquiterpene reactions.
- Data analysis of the SIFT studies and preparation of a paper
- Development of a “Flowing Afterglow – Selected Ion Flow Tube” instrument (FA-SIFT)
  - Design and construction of the FA-SIFT interface flange to sample ions from the FA reactor
  - Design of an electrostatic lens system to guide the ions towards the selection quadrupole mass filter
  - Integration of the FA/SIFT interface on the SIFT and first tests

### **IMPECVOC/BiVOCEFF (MS)**

- Design, construction and testing of branch enclosure systems (cuvettes) to measure biogenic volatile organic carbon emissions by PTR-MS from tree saplings in growth chambers at Ghent University (Laboratory of Plant Ecology, Faculty of Bioscience Engineering).
- Construction and testing of a compact and transportable set-up which accompanies the Proton Transfer Reaction Mass Spectrometer (PTR-MS) instrument and which incorporates:
  - a gaz manifold system to analyze air from different cuvettes alternately
  - a catalytic converter to produce zero-VOC air for background measurements
  - a calibration system based on a certified BVOC calibration mixture
  - the necessary three-way PFA valves, mass flow controllers and pumps to switch between the different sub-systems of the set-up
- Development and testing of labview based software to control valves and flowmeter/controllers of the manifold and calibration system and for acquisition of housekeeping data and signals from different kind of sensors.

- Installation of a “clean air” inlet line to pump air free of ozone, VOC and dust into the cuvettes.
- Performing continuous BVOC emission measurements from enclosed branches of *Fagus Sylvatica* saplings at constant daily light pattern and at varying temperatures in the growth chamber from June 2007 to November 2007.
- Detailed data-analysis of BVOC emissions and first intercomparison of data obtained with different instrumentation (PTR-MS, IRGA, GC-MS).
- Further development of software to analyse BVOC flux data obtained with the PTR-MS
- Preparation of the experimental set-up for branch enclosure measurements of BVOC emissions from an adult European Beech tree from the third platform of a measurement tower in the experimental “Aelmoeseneie” forest (Ghent University).
- Testing of the entire experimental set-up in the forest (PTRMS, IRGA, GC-MS, cuvettes, sampling lines, micrometeorological sensors) by enclosing a branch from a small *Pseudotsuga Menziesii* tree in a cuvette on the third platform of the tower.
- Preparation of several technical meetings with the partners of the IMPECVOC and BiVOCEFF projects.

### **Laboratory spectroscopy (IR and UVVIS)**

The following experiments have been performed to obtain new and improved spectroscopic parameters:

- ◆ Interpretation of measurements performed on isotopologues of  $\text{NO}_2$  in the UV-visible region. This work has been carried out in collaboration with S. Fally at the Service de Chimie Quantique et de Photophysique (SCQP) of the ULB and with Dr. R. Jost of the Université de Grenoble (France). Two papers on the subject are in preparation.
- ◆ Interpretation of the measurements campaign of the absorption cross sections of BTX (Benzene, Toluene, and Xylenes) in the UV region in collaboration with S. Fally at the SCQP of the ULB
- ◆ Measurements of the UV-visible absorption cross sections of  $\text{SO}_2$  with the FTS of the IASB and using two long path cells developed at IASB. The preliminary interpretation of the data has been performed in collaboration with the Polytechnic Faculty of ULB (student exchange)

The IASB Laboratory Spectroscopy group has initiated a new FRFC project in collaboration with the SCQP (J. Van der Auwera) on the measurements of spectroscopic parameters in support to space missions to Mars and Venus.

IASB is a member of the IUPAC task group “A database of water transitions from experiment and theory”.



## ➤ **Field Observations**

### **AMFIC (UVVIS)**

AMFIC (Air quality Monitoring and Forecasting In China) is an EU FP6 project started in late 2007 which aims at developing an integrated information system for monitoring and forecasting tropospheric pollutants over China. The system uses satellite and in situ air quality measurements and modeling to generate consistent air quality information over China. The data will cover the recent years and the actual situation including an air quality forecast for several days ahead. Air pollutants covered are ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide, formaldehyde, carbon monoxide, methane and aerosol/particulate matter. The project builds on the ESA GMES Atmosphere Service Element PROMOTE. The BIRA-IASB contribution consists in delivering relevant satellite data sets of SO<sub>2</sub>, HCHO and NO<sub>2</sub>, and to participate in validation efforts based on the use of ground-based correlative measurements, in particular MAXDOAS observations to be performed in Beijing from summer 2008 onward.

#### *Activities in 2007:*

- Development of extraction routines to generate time-series of satellite measurements of SO<sub>2</sub> and HCHO tropospheric columns at a number of locations in China, where air quality measurements are being conducted.
- Design and set-up of new high-performance dual channel MAXDOAS system, with capabilities for the monitoring of NO<sub>2</sub>, HCHO, SO<sub>2</sub>, CHOCHO, BrO, O<sub>3</sub>, water vapor and aerosols. The MAXDOAS retrieval algorithms are being developed within the AGACC and GEOMON projects.

## **☒ Atmospheric species and processes impacting air quality**

### **GLOBVOLCANO (UVVIS)**

The GlobVolcano project is part of the Data User Element (DUE) program of the European Space Agency (ESA). Lead by Carlo Gavazzi Space (CGS), its goal is to demonstrate EO based integrated services to support the Volcanological Observatories and other mandate users in their monitoring activities. EO based information services will be related to the responsibility areas of user organizations and particular emphasis will be addressed to prevention and early warning. During the project a worldwide selection of user organization will cooperate with the project team in order to consolidate and harmonize user requirements. The responsibility of BIRA-IASB is to create a SO<sub>2</sub> data and image archive based on SCIAMACHY and GOME-2 observations

#### *Activities in 2007:*

- A mechanism to select data in geographic regions around the volcanoes covered by GlobVolcano has been created.

- Routines have been written to convert the SO<sub>2</sub> data files to the format required by the GlobVolcano data base.

## **UAV / POLARCAT/POLUVIS (UVVIS and IR)**

In 2006, we have initiated a project aiming at the development of compact and light-weight spectrometer systems for remote sensing of pollution onboard an unmanned aerial vehicle, in collaboration with VITO and Unité de physique atomique, moléculaire et optique (PAMO), at UCL.

In 2007, we decided to start our experiments from classical aircraft, in order both to acquire know-how in airborne measurements and to wait for a suitable platform to be ready. We then joined the EUFAR network, a European infrastructure dedicated to the sharing of the scientific planes available in Europe and looked for a suitable plane for our measurements. We selected the SAFIRE ATR-42 and applied to get funding from EUFAR for flight hours. We have participated to the SERAI summer school in Iasi, Roumania, 10-20 July 2007, with an experiment onboard the SAFIRE (French operator of instrumented aircrafts) ATR-42. Further, we have developed a compact instrument, the Airborne Limb Scattering DOAS (ALS-DOAS), and integrated it in the ATR-42 aircraft on the purpose of contributing to the POLARCAT spring campaign from Kiruna in March-April 2008, with measurements of vertical profiles of tropospheric trace gases (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, BrO and H<sub>2</sub>CO).

POLARCAT is a project set up in the framework of the International Polar Year. The aim is to quantify the impact of trace gases, aerosols and heavy metals transported to the Arctic and their contribution to pollutant deposition and climate change in the region. Our ALS-DOAS system uses an instrumental concept similar to the ground-based MAXDOAS technique and therefore the retrieval strategies followed for the airplane and ground-based systems will be intimately connected.

## **CAMELOT (UVVIS)**

Composition of the Atmosphere: Mission concepts and Sentinel Observation Techniques (CAMELOT) is an ESA project coordinated at KNMI aiming to contribute to the definition of the air quality and climate protocol monitoring parts of the GMES Sentinels 4 & 5 in the time frame 2012-2020. CAMELOT complements the geophysical observation requirements defined during the previous CAPACITY study. In addition, it addresses issues like the trade-offs among different observation principles for several chemical species and parameters, the derivation of comprehensive instrument performance requirements, the quantification of cloud effects as a function of observational parameters, and the optimisation of orbit scenarios. Within the project, BIRA is responsible for all simulations and retrieval studies concerning NO<sub>2</sub>, HCHO and SO<sub>2</sub> total columns.

*Activities in 2007:*

- Adaptation of GDOAS retrieval software for the CAMELOT study
- Contribution to documents on the definition of first principles for column retrievals from the Sentinels, including description of tools available at BIRA-IASB for the study.

## ☒ **Greenhouse gazes**

### **UFTIR (IR)**

*Activities in 2007:*

In the frame of the European UFTIR project, coordinated at BIRA-IASB (Time series of Upper Free Troposphere observations from a European ground-based FTIR network, <http://www.nilu.no/uftir>) we finalised the analysis of the 1995-2005 time series of O<sub>3</sub> vertical profiles from FTIR ground-based measurements at the Jungfraujoch. The O<sub>3</sub> data at all other UFTIR stations have been collected and verified, validated against independent correlative data from ozone sondes, Brewer, Dobson or UV-visible spectrometers, and the long-term trends over the last decade have been investigated, in four independent layers. A publication has been submitted, in a Special Issue on the UFTIR results in the Atmospheric Chemistry and Physics (ACP) Journal, early 2008. Other UFTIR partners are still working on their papers.

### **HYMN (IR)**

The European project HYMN (Hydrogen, Methane and Nitrous oxide: Trend variability, budgets and interactions with the biosphere; <http://www.knmi.nl/samenw/hymn>) started on September 1, 2006. Next to modelling groups and satellite data providers (SCIAMACHY and IASI), it includes all European members of the NDACC Infrared Working Group. In the frame of HYMN, BIRA-IASB is focusing on the analysis of data for methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and, to a lesser extent, carbon monoxide (CO) from the FTIR measurement campaigns at the Ile de La Réunion. The work includes the optimization of the data retrieval strategies, the evaluation of the associated error budgets, and the homogenization among the different FTIR teams. We are also involved strongly in the use of the FTIR data for the validation of the SCIAMACHY satellite data.

*Activities in 2007:*

Different retrieval strategies for CH<sub>4</sub> have been compared, and a first evaluation of the latest version of the SCIAMACHY IMAP-DOAS data for CH<sub>4</sub> has been performed. At present, we lack homogeneity among the teams; this homogenization will be the subject of the upcoming activities.

## **IASI (PRODEX) (IR)**

The Infrared Atmospheric Sounding Interferometer (IASI; <http://smc.cnes.fr/>) has been launched onboard METOP-1 on October 19, 2006.

Activities in 2007:

The spectral data (L1) have been distributed from March 2007 onwards, and are received at BIRA via the EUMETCAST reception system since April 2007. Since September 25, 2007, also a first set of IASI L2 data are being received. The set includes cloud coverage, and temperature and specific humidity profiles. The distribution of the remaining IASI L2 data set (ozone and trace gases) is foreseen for the first semester of 2008.

We have also started the preparation of a coordinated validation activity, using ground-based FTIR data from the NDACC FTIR network. In that framework, we already received methane data from a campaign at the Wollongong station from August 8 to October 18, 2007.

Previously, we have developed the ASIMUT retrieval code. ASIMUT is a code for the retrieval of atmospheric species' vertical profiles from infrared radiance measurements, observed under various geometries (solar occultation and thermal emission at nadir, ground-based solar absorption). It includes a line-by-line forward model and an inversion system using the Optimal Estimation Method. In parallel, we have developed an algorithm to retrieve tropospheric aerosol optical depths above the ocean from IASI-like spectra (nadir high-resolution radiance spectra in the thermal infrared).

In 2007, we have focused on the retrieval of methane from IASI spectra, using ASIMUT. This is a challenging task, because there are strong interferences with water vapour and solar lines. We have established an initial retrieval strategy with which we have derived the first methane concentration profiles above Reunion Island. To be able to validate these results with ground-based correlative data, we have made a very detailed comparison between the algorithms ASIMUT and SFIT2, the latter one being the algorithm that most ground-based data providers use. This has proven necessary since we did not obtain the same results for the ground-based CH<sub>4</sub> profiles from our ground-based FTIR spectra at Reunion Island using ASIMUT or SFIT2. This algorithm validation exercise has allowed us to improve the ASIMUT code. Nevertheless some differences remain and need further investigations.

We are now ready for making the first validation exercises above Reunion Island, to be followed by comparisons of IASI L2 data above other FTIR sites. In parallel the development of ASIMUT will be carried on in order to increase its modularity and to include some still missing features. ASIMUT is also regularly used at BIRA-IASB for the analyses of SOIR/Venus Express spectra.

## ☒ **Ground-based observations of atmospheric composition:**

### ➤ **Long-term monitoring**

#### **NDACC (IR and UVVIS)**

BIRA-IASB is strongly involved with the Network for the Detection of Atmospheric Composition Change (<http://www.ndacc.org>, formerly called NDSC, Network for the Detection of Stratospheric Change). Currently it shares the co-chairmanship of three working group of the network (FTIR, UV-visible and satellite). It also actively takes part to observational activities, through long-term operation of UV-visible DOAS spectrometers in Harestua (60°N), Observatoire de Haute Provence (OHP, 44°N) and at the International Scientific Station of the Jungfrauoch (46°N). BIRA-IASB also collaborates with the University of Liège for the operation and exploitation of FTIR measurements at the Jungfrauoch. In addition, it conducts regular FTIR campaigns at Reunion Island in the southern tropics (22°S) and a UV-Visible MAXDOAS system has been operated at the same site during one year in 2004-2005.

#### *Activities in 2007:*

- Maintenance of the BIRA-IASB instruments at the three NDACC stations (Harestua, OHP, Jungfrauoch) and operational data retrieval of NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, BrO and OCIO columns. NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> total column results are regularly submitted to the NDACC and CALVAL data bases.
- Adaptation of the BIRA-IASB DOAS acquisition software to make it compatible with the new PVCAM libraries from Princeton Instrument.
- Preparation of two new high performance dual channel multi-function MaxDOAS instruments. One system will be installed in Beijing in summer 2008 as part of the recently started bilateral research agreement the IAP institute from the Chinese Academy of Sciences, the second will be operated in Brussels as part of the AGACC project.
- Updates and maintenance of the BIRA-IASB generic UV-Visible retrieval software WinDOAS. In particular the latest version has been given the capability to ingest GOME-2 and OMI level-1 data files. Support is also regularly provided to external users of the Windoas S/W (over 100 overall in the world), in the form of e-mail exchanges and informal training sessions organised on request at BIRA-IASB.
- The analysis of the FTIR spectra taken at Ile de La Réunion (21°S, 55°E) during 2 campaigns in 2002 (October) and 2004 (August to end of October) has been finalized for the greenhouse gazes methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and ozone (O<sub>3</sub>), the gazes carbon monoxide (CO) and ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) that are indirect greenhouse gazes, as well as for hydrogen cyanide (HCN) and the stratospheric species hydrogen chloride (HCl), hydrogen fluoride (HF) and nitric acid (HNO<sub>3</sub>). All retrievals have been executed using version 3.92 of the inversion tool SFIT2, that was implemented in the beginning of 2006. The retrievals have been characterized, a full error budget evaluation has

been carried out – for which tools needed to be developed - , and the retrieval results have been validated against independent balloon-borne or space-based data. In particular, comparisons have been made with data from the Canadian ACE satellite. Some geophysical interpretation of the data has been made. The results have been published in Senten et al., ACP, 2008.

This work is the first part of the research project 'Development and evaluation of a modified Optimal Estimation Method inversion algorithm for ground-based FTIR spectra. Application to spectra recorded at Réunion Island', funded by Belgian Science Policy. We started the second part of this project that focuses on the improvement of the retrieval algorithm.

- A third FTIR measurements campaign has been held at St Denis at the Ile de La Réunion, between May and end of October 2007. Therefore, BARCOS, the Bruker Automation and Remote Control System for atmospheric observations was further improved and an operational version was developed and implemented. The campaign was a success. It ended because of an instrument failure.
- The data analysis of the 2007 campaign data has started with the analysis of O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>CO, HNO<sub>3</sub> and the halogens. Additionally FLEXPART is being used for the interpretation of the results of the 2007 Reunion FTIR measurements (in particular, signatures of biomass burning).
- A new solar tracker for the FTIR experiment is being designed and built at the BIRA mechanical workshop (collaboration with E. Neefs and J. Maes)
- The concentration of CO at Jungfraujoch is measured on a continuous basis at the surface by in-situ observations, with a non-dispersive infrared detection method. It is also observed regularly by FTIR remote-sensing methods in the boundary layer. The comparison between both data sets, and its interpretation using trajectory modeling, is ongoing, in collaboration with colleagues from the University of Liège and EMPA in Switzerland. A publication is planned in 2008. This activity contributes to the GEOMon project.
- The HDF format for archiving the NDACC Infrared Working Group (IRWG) data has been finalized, in interaction with the IRWG members, the Aura Validation Data Centre and the NDACC Data Handling Facility.

## **GEOMon (IR, UVVIS and SYN)**

GEOMon (Global Earth Observation and Monitoring) is an EU FP6 project, the goal of which is to sustain and analyze European ground-based observations of atmospheric composition in order to provide measurements suitable to quantify the ongoing changes. GEOMon can be seen as an important contribution for preparing the operational GMES Atmospheric Core Service (GACS) in-situ data management in terms of databases and Near-Real-Time or Rapid Data Delivery, and for establishing the data structures required by GACS.

The involvement of BIRA-IASB mainly concerns Activities 2 and 4, which address the monitoring of reactive gases and pollutants, and stratospheric ozone and climate, respectively. The focus in Activity 4 (which is led at BIRA) is on the

consolidation of the ongoing stratospheric monitoring at existing NDACC stations, and the better exploitation of data, e.g. through an improved geophysical characterization of GEOmon data products (see also ‘Synergies between measurement systems’) and long-term trend analysis. In Activity 2, BIRA-IASB contributes to the MAXDOAS work package led by University of Bremen.

*Activities:*

- Within Activity 4, a system for near-real-time delivery of stratospheric NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and BrO columns to the GEOmon Data Center at NILU has been set up. We also contributed to trend analysis activities based on our long-term BrO and NO<sub>2</sub> observations at Harestua (BrO) and Jungfraujoch (NO<sub>2</sub>).
- A new improved cross-platform compatible DOAS retrieval software has been developed (see QDOAS project) and a first version of it has been made available to the GEOmon consortium.
- Within Activity 2, tropospheric NO<sub>2</sub> columns and profiles have been retrieved and intercompared using measurements from the 2006 and 2007 DANDELIONS campaigns in Cabauw.
- A discussion on the definition of new formats for the reporting of UV-Visible measurements has been started.
- In collaboration with GEOmon partners, feasibility plans have been made for a MAXDOAS intercomparison exercise to be organized in summer 2009, with focus on tropospheric NO<sub>2</sub> and aerosol retrieval. The aim is to conclude on the maturity of the MAXDOAS technique and to define standards for data retrieval and data reporting.
- HCI and HF profile data (including their full characterization) from all three FTIR campaigns at Reunion Island have been submitted in HDF format to the GEOmon Data Centre.
- BIRA has contributed strongly to the actions of the GEOmon Data Management Committee and Executive Board, and to the coordination of Activity 4.

## **AGACC (IR and UVVIS)**

The AGACC project (Advanced Exploitation of Ground-based measurements for Atmospheric chemistry and climate applications; <http://www.oma.be/AGACC/Home.html>) is coordinated at BIRA-IASB and financed by Belgian Science Policy in the framework of the “Science for a Sustainable Development” programme. The first 2-years phase of the project ended end of December 2007. The project has undergone an evaluation process by international experts in September 2007 – with success, implying the continuation of the project for a second 2-years phase (2008-2009).

#### *Activities in 2007:*

- Observations of AODs and total precipitable water vapour contents have been conducted with the commercial CIMEL system during summer 2007. The instrument has been stopped for calibration in September. Results have been successfully compared with measurements of the same quantities performed at KMI using different techniques. The water vapour measurements have also been compared with FTIR results from the campaign in Ukkel.
- A new multi-function MAXDOAS system has been designed and is currently being built with the aim to start its operation at BIRA-IASB in summer 2008. This instrument is identical to the MAXDOAS developed for the Chinese project (see AMFIC).
- The development of a new MAXDOAS aerosol and trace-gaz retrieval algorithm based on the fast linearized radiative transport LIDORT model has been started.
- Formaldehyde profiles have been retrieved from ground-based MAX-DOAS and FTIR measurements performed (1) in Uccle in April and May 2007, and (2) at Ile de La Réunion in 2004. Their comparisons show good agreement. A paper on these results is in preparation.
- Strategies for the retrieval of CH<sub>3</sub>D from FTIR spectra have been developed, in collaboration with the partner at the University of Liège.

#### **NOVAC (UUVIS)**

NOVAC (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change) is an EU FP6 project aiming to establish a global network of stations for the quantitative measurement of volcanic gaz emissions by UV absorption spectroscopy. In addition data are exploited for global estimates of volcanic gaz emissions, large scale volcanic correlations and satellite validation. Since instruments can also measure stratospheric NO<sub>2</sub>, a link with the NDACC is intended to be established. The project is led at the Chalmers University in Gothenburg. BIRA-IASB contributes to the instrumental design and calibrations, development of retrieval software and the exploitation of the synergy with satellite observations (in particular within SACS and GLOBVOLCANO).

#### *Activities:*

- Laboratory characterization of ten USB2000 spectrometers intended to be deployed on the field by Chalmers University. Wavelength calibration, temperature dependence of the slit functions and stray-light levels have been measured in the laboratory of the Institute. Results have been described in a technical note, in the NOVAC annual activity report and presented orally at the 2nd year meeting in Colombia.
- BIRA-IASB has actively contributed to two NOVAC spectroscopy meetings in 2007.



## **QDOAS (UVVIS)**

QDOAS is a joint project involving BIRA-IASB and the Dutch S&T company for a duration of 6 months (July – December 2007). The aim of the project is to extend the existing BIRA-IASB DOAS analysis software (Windoas) and make it cross-platform compatible (Windows, Linux, Mac ...). The whole user interface has been successfully rewritten using the QT software according to open-source licencing rules. A working version is ready and has been delivered for test usage within the GEOMON consortium.

### *Activities:*

- Development of engine part of the QDOAS S/W
- Successful integration into GDOAS GUI developed by S&T company
- Team testing and debugging exercise on both Windows and Linux platforms

### ➤ **Observation campaigns**

## **SAUNA-2 (UVVIS and SYN)**

SAUNA (Sodankylä total column ozone Intercomparison) stands for a ground-based total ozone intercomparison campaign jointly organized by NASA, FMI, ESA and KNMI. A first edition was held in Sodankyla (67°N, 27°E), Finland, from March 27 to April 14, 2006 and this was followed by a second edition at the same location from late January until early May 2007. The objective of SAUNA campaigns is to establish a ground-based instrument and algorithm baseline to measure total ozone at high latitudes under condition of low sun for the validation of satellite instruments on the EOS-Aura and ENVISAT platforms. This baseline will also serve for the validation of future satellite instruments like GOME-2 (Metop) or OMPS (NPP). As for the first edition, the contribution from BIRA-IASB was covered by a CCN to the GODFIT-2 project. Two UV-Visible DOAS spectrometers were deployed, among them one for highly accurate direct-sun measurements at low sun. These measurements were complemented by mini-MAXDOAS observations of total and tropospheric NO<sub>2</sub>. BIRA-IASB also provided total ozone evaluations from SCIAMACHY. Successful observations were obtained with the direct-sun system during the whole campaign. The data evaluation is in progress.

## **☒ Synergies between measurement systems; synergies with modeling (data assimilation)**

### ➤ **Synergies between measurement systems**

Several Research projects of the institute are based directly on the integrated use of complementary atmospheric composition data obtained by satellites, ground-based systems and from balloons and generated by models, while others

aim at the development of the needed synergistic techniques. Integrated use of multi-platform, multi-system data has played a major role in the following main activities:

- Geophysical validation of level-2 data products retrieved from complementary satellite measurements using correlative ground-based network data as a standard transfer, namely: GOME (operating onboard ERS-2 since 1995), TOMS (Nimbus-7 1978-1993, Meteor-3 1991-1994, ADEOS 1996-1997, Earth Probe 1996-2005), SAGE-II (ERBS 1984-2005), HALOE (UARS 1991-2005), POAM-II/III (SPOT-3 1993-1996, SPOT-4 1998-2005), ACE FTS and MAESTRO (SCISAT-1 since 2003), GOMOS, MIPAS and SCIAMACHY (Envisat since 2002), OMI (EOS-Aura since 2004), GOME-2 and IASI (MetOp-1 since 2006)
- Diagnostic, maturation and verification of related satellite retrieval algorithms using experience acquainted by ground-based experimenters, and using ground-based data and algorithms as references
- Integrated use of data acquired by complementary ground-based networks and satellites: characterisation of the measured information content associated with each measurement technique; development of physically-based comparison methods and comprehensive comparison error budgets; study of observation operators needed by assimilation models to ingest external measurements. This work also contributes to the Activity 4 in GEOmon.
- Multi-platform studies of stratospheric and tropospheric species

Using our technical, scientific and management experience gained in satellite validation and synergistic studies, we have also contributed to the following planning and coordinating activities:

- Co-chair of the NDACC Satellite Working Group, fostering collaboration among atmospheric scientists involved in the NDACC and in satellite missions
- Vice-chair of the CEOS Working Group on Calibration and Validation (WGCV)/Atmospheric Composition Sub Group (ACSG). CEOS is the space arm of GEOSS. WGCV is officially in charge of establishing a global Earth Observation data quality strategy, and dedicated to ensuring accurate and traceable calibration of remotely-sensed atmospheric chemistry radiance data and validation of higher level products at interagency level.
- Operation of the QA/Val Office of the GMES Service Element PROMOTE project (Protocol Monitoring for the Atmosphere); preparation of QA/Val concepts for the future GMES Atmospheric Service (GAZ)
- Scientific expert and coordination of the scientists in ESA's project Generic Environment for Cal/Val Activities (GECA)
- International coordination of validation projects for ACE, GOME, GOME-2, GOMOS, IASI, MIPAS, OMI, and SCIAMACHY

## **CINAMON (PRODEX) (IR, UVVIS and SYN)**

The PRODEX CINAMON project covers research activities carried out in the framework of three ESA AO projects plus two ESA/EUMETSAT RAO joint projects and one ESA/NIVR joint project, all approved by ESA. The overall objective of these projects is to contribute to the characterisation, maturation and interpretation of satellite data products from several platforms: ERS-2 (GOME-1), Envisat (MIPAS, GOMOS, SCIAMACHY), Earth Probe (TOMS), EOS-Aura (OMI), and MetOp-1 (GOME-2 and IASI). These projects address the following subjects which, put end to end, improve the quality and the use of the considered satellite data products:

- Development of physically based tools to characterise the multi-dimensional information content available from a satellite measurement
- Adaptation of those tools with a view to performing comparisons between satellite data and NDACC data, and to derive error budgets including the smoothing of natural variability
- Exploration of existing atmospheric composition measurement techniques as satellite validation tools, e.g., about the use of MAX-DOAS instruments for the validation of tropospheric measurements by GOME-like instruments
- Geophysical validation of level-2 data products by confrontation with pole-to-pole measurements acquired by the NDACC and WMO/GAW networks
- Verification of satellite data using independent/prototype retrieval algorithms
- Support to the implementation of prototype retrieval algorithms to the operational environment established at DLR on behalf of ESA
- Further development of tools to explore the possible integration of complementary long-term data records acquired by the different satellites, among others through the use of chemical data assimilation systems

*Activities in 2007 regarding the development of tools and techniques:*

- Line-of-sight issues of total ozone remote sensing by NDACC-certified instruments and by major satellite systems; participation to the second SAUNA multi-platform/multi-sensor intercomparison campaign organized at Sodankylä in Finland by NASA, FMI and ESA
- Line-of-sight issues of limb emission measurements with application to MIPAS and the impact on validation studies and data assimilation
- Exploration of MAX-DOAS measurements for the validation of tropospheric data by GOME-like instruments; participation to the DANDELIONS campaign organized in the Netherlands by KNMI, and also to SAUNA-2

Tools, methods and techniques have been instrumental in preparing and implementing WP 4.2 of EU FP6 IP project GEOmon, entitled 'on the integration of GEOmon data with satellite observations', and in defining the PROMOTE Validation Protocol (see below). They have also been valuable to establish

guidelines for the routine validation of Envisat data products in the framework of TASTE (see below).

#### *Satellite validation activities in 2007*

These activities contribute to the characterisation and improvement of satellite data products and related algorithms (as opposed to routine validation which contributes more to the monitoring of the instrument performance) ;

- Validation results for versions 4.61 and 4.62 of the MIPAS temperature, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, and O<sub>3</sub> profile data, have been published in 2007 in several papers of the ACP special issue on MIPAS. Those papers show results for the MIPAS nominal operation mode, at full spectral resolution. For operations in reduced resolution mode and the corresponding version 4.65 of the processor, ground-based lidar, microwave radiometer and UV-visible data, as well as small-balloon ozonesonde/radiosonde data, at all NDACC stations plus additional WMO/GAW sites have been used to perform a first verification of temperature and O<sub>3</sub> profile data. A new MIPAS IPF version 5.0 for the reduced resolution mode is foreseen in mid-2008.
- The new SCIAMACHY SGP 3.1 processor and the successive versions 6.0a, 6.0b, 6.0f of the GOMOS prototype processor and GOMOS IPF 4.02 and 5.0 and have also been validated and investigated against NDACC network measurements: lidar, ozonesonde and microwave radiometer for the O<sub>3</sub> profile, UV-visible spectrometers for O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and BrO columns, Brewer and Dobson spectrophotometers for O<sub>3</sub> columns. In particular, SCIAMACHY limb NO<sub>2</sub> and BrO profiles have been confronted to the IASB UV-visible measurements of NO<sub>2</sub> and BrO profiles at Harestua.
- The team has continued to provide support to the implementation of the prototype algorithm SDOAS into the operational environment at DLR. Based on our expertise regarding the validation of SCIAMACHY O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, BrO, CO, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O columns we have performed the coordination of the validation of these products within the SCIAVALIG team (<http://www.sciamachy.org/validation>).
- We have also continued the validation of OMI O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> columns based on retrievals performed at NASA/GSFC. Results were published in the JGR Aura Special Issue.
- Finally, we have initiated the end-to-end validation of GOME-2 NO<sub>2</sub> column data and contributed to activities of the EULETSAT Satellite Application Facility on Ozone and atmospheric chemistry monitoring (O3M-SAF)

Other activities in 2007:

- Coordination of Envisat AO projects ID 126 (FTIRval) and ID 158 (CINAMON) with a consortium of Co-Is contributing to the NDACC
- In-depth validation of several Envisat atmospheric chemistry data products (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HNO<sub>3</sub>, BrO, temperature)
- Study of line-of-sight issues during the second SAUNA campaign

## **Characterisation and maturation of O<sub>3</sub> profiling algorithms for GOME (CHEOPS) (SYN)**

Built upon the outcome of the GOME-1 Ozone Profiling Working Group (<http://earth.esa.int/gome1/>) set up in 2001 by ESA and coordinated jointly by IASB-BIRA (J-C Lambert) and NASA/GSFC (J. Gleason), CHEOPS-GOME aims at further developing two ozone profile retrieval algorithms for ERS-2 GOME-1: a physics based algorithm retrieving O<sub>3</sub> profiles from GOME-1 spectra using the Optimal Estimation technique (OPERA, operated at KNMI), and a fast algorithm based on a neural network trained on several ground-based and satellite profile measurement data records (NNORSY, operated at ZSW). The overall project consists of five main tasks:

1. Level-0-to-1 data processing issues (calibration, degradation, polarisation...)
2. Ozone profile retrieval with OPERA
3. Ozone profile retrieval with NNORSY
4. Evaluation of retrieval techniques and characterisation of measured information content /geophysical validation of data products
5. Development of new ozone profile climatologies for 1995-2005

Activities in 2007:

- Further development of diagnostic and characterisation methods developed within the PRODEX CINAMON project, based on the combined analysis of averaging kernels, co-variances, a priori constraints, and comparisons with NDACC and satellite observations
- Independent evaluation of OPERA Optimal Estimation algorithm and related GOME-1 ozone profile data records retrieved at KNMI
- Independent evaluation of NNORSY neural network algorithm and related GOME-1 ozone profile data records retrieved at ZSW
- Preparation of similar activities for SCIAMACHY, within the CHEOPS-SCIA project
- CHEOPS-GOME results have been published in two ESA Technical Notes and scientific papers are in preparation.

## **Maturation of O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> retrieval algorithms for nadir-looking UV-visible satellites (SYN and UVVIS)**

Based on its acknowledged expertise in UV-visible trace gases retrieval and associated validation techniques, BIRA-IASB has continued his long-lasting contribution to the improvement of O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> column retrieval algorithms for nadir-looking UV-visible satellites like GOME-1, GOME-2, OMI and SCIAMACHY.

Activities in 2007:

- Extension of GDP 4.1 O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> long-term validation
- Study of new SCIAMACHY SGP 4.0 O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and BrO column/profile data
- Validation of OMI O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and BrO column data retrieved at NASA and at KNMI
- End-to-end GOME-2 NO<sub>2</sub> column validation based on different types of retrieval and the integrated use of ground-based network data
- Evaluation of different settings for the direct fitting of GOME total O<sub>3</sub> column data (see GODFIT project)

### **Technical Assistance To Envisat (TASTE) using spectrometers, radiometers and ozonesondes (SYN, IR and UVVIS)**

This project consists of essential activities being performed to ensure proper validation of Envisat atmospheric chemistry data products and evaluation of related algorithms improvements. TASTE ensures that correlative measurements acquired by ground-based systems and ozonesondes are available for geophysical validation and algorithm maturation for data products of the Envisat atmospheric chemistry payload (GOMOS, MIPAS and SCIAMACHY). Tasks include the collection and regular delivery of NDACC correlative data (about 20 stations) to the Envisat Cal/Val database operated at NILU on behalf of ESA; delivery includes the conversion to the agreed format HDF 4.1.3. Systematic and random differences between Envisat and ground-based data sets are determined and discussed by the consortium. Consolidated results are reported to concerned parties and valorised through public presentations, web articles, and massive contributions to ESA's ACVE conferences. Results are an important input to ESA's GOMOS, MIPAS and SCIAMACHY Quality Working Groups, and are also used as input in projects like CINAMON and GEOMON.

Activities in 2007:

- Coordination of Envisat validation activities carried out by the consortium
- Upload to Cal/Val database of ground-based UV/Vis and FTIR data acquired by IASB-BIRA at the NDACC stations of Harestua and the Jungfraujoch
- Routine validation of several Envisat atmospheric chemistry data products (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HNO<sub>3</sub>, BrO, temperature) generated by the operational processors MIPAS IPF 4.61, 4.62 and 4.65, GOMOS GOPR 6.0cf and IPF 5.0, and SCIAMACHY SGP 3.0 and 3.1.
- Studies of multi-mission consistency between ERS-2 (GOME), Envisat (SCIAMACHY), EOS-Aura (OMI) and MetOp-A (GOME-2)

## **ACE (PRODEX) (LRS, IR, UVVIS and SYN)**

BIRA-IASB is member of the ACE Science team since many years.

Various BIRA-IASB teams had the opportunity to contribute significantly to the validation activity of the ACE-FTS v2.2 and ACE-MAESTRO releases of data, because of their know-how in validation methods, and their strong involvement in NDACC and other satellite experiments like GOMOS.

Also, the LRS team is still investigating the data produced by the Belgian imagers, improving a retrieval algorithm for a vertical temperature profile product from the refracted Sun image.

### *Activities in 2007:*

- ACE-GOMOS ozone validation campaign and associated publication in the ACE Validation special issue.
- ACE-GOMOS nitrogen dioxide validation campaign and associated publication in the ACE Validation special issue.
- validation and publication of the ACE aerosol data intercomparison results
- Coordination of the validation of ACE-FTS v2.2 CH<sub>4</sub> data and associated publication
- Contribution to geophysical validation of temperature profile data from ACE-FTS, and of O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> data from both ACE-FTS and ACE-MAESTRO. Temperature studies were based on correlative measurements collected from about 30 radiosonde and 10 lidar stations of the NDACC. Ozone studies were based on correlative measurements collected from about 40 ozonesonde, 10 lidar and 4 microwave radiometer stations of the NDACC, and NO<sub>2</sub> studies on correlative measurements collected from about 30 UV-visible spectrometers.
- Contributions to the various ACE validation subgroups with data from ground-based BIRA-IASB instruments in NDACC: NO<sub>2</sub> from Harestua, O<sub>3</sub>, HCl, HF, HNO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> from the FTIR campaign at Ile de La Reunion in 2004.

## **PRODEX NOy-Bry NDACC (UVVIS and SYN)**

This project focuses on the better exploitation of current and past atmospheric chemistry satellite data sets to improve our knowledge of the NO<sub>y</sub> and Bry chemical families. It relies on the synergistic exploitation of data from ground-based, satellite and balloon platforms supported by 3D CTM modelling. Research activities include the development of global climatologies of BrO and NO<sub>2</sub>, improvements to the bromine representation in the BASCOE CTM, the analysis of the long-term trend in stratospheric bromine and investigations regarding the consistency of BrO measurements from various platforms.

### *Activities in 2007:*

- Refinement of the first global climatology of stratospheric NO<sub>2</sub>, built upon the harmonic integration of measurements from the HALOE, POAM-III and GOME-1 satellites and the NDACC/UV-visible network.
- Analysis of the trend in stratospheric BrO using ground-based observations at the NDACC stations of Harestua (Southern Norway) and Lauder (New Zealand) for the 1995-2005 period. This work has been realized in collaboration with the National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA, New Zealand). Results conclude to a trend in the stratospheric bromine content being consistent with the known evolution of bromine sources emitted at the earth surface. Our findings provide the first experimental evidence of the impact of the Montreal Protocol on bromine compounds at stratospheric heights. These results have been submitted to GRL.
- Development of a stratospheric BrO climatology based on a dynamical/chemical parameterization using as an input chemical fields generated by the BASCOE model. Improvements to the bromine budget and chemistry have been implemented in BASCOE and tested using correlative measurements from ground-based, balloon and satellite observations. A paper is in preparation for JGR.
- Intercomparison of SCIAMACHY limb BrO profiles (version 3.2 of the IUP-Bremen scientific product) and ground)-based BrO profiles retrieved from NDACC observations at Harestua, Observatoire de Haute Provence and Lauder. The consistency and stability of the SCIAMACHY limb and ground-based UV-visible BrO profile retrievals has been characterized in terms of its suitability for geophysical studies. A paper is in preparation for ACP.
- Test BrO slant columns retrievals from GOME-2 observations on METOP have been performed. The geophysical consistency measurements from the SCIAMACHY and ERS-2 GOME instruments has been investigated based on a limited number of sample orbits.
- Tropospheric NO<sub>2</sub> profiles have been retrieved by applying the BIRA-IAB profiling algorithm to MAX-DOAS measurements performed during the DANDELIONS-II campaign (second iteration of the 'Dutch Aerosol and Nitrogen Dioxide Experiments for vaLIdation of OMI and SCIAMACHY') held in Cabauw (The Netherlands) in September 2006. NO<sub>2</sub> profiles have been compared to in-situ observations, LIDAR measurements, and IUP-Bremen MAX-DOAS retrievals.

## **GDP 5 (UVVIS)**

The GDP 5 project covers the implementation of the GODFIT total ozone retrieval algorithm into the GOME ground segment at DLR in view of generating the next version of the GOME data product - GDP 5.0. The project involves a development phase of 9 months, followed by implementation, verification and validation phases until end 2008. Reprocessing is scheduled to take place during the first 3 months of 2009.



*Activities in 2007:*

- Investigation of the performances of the latest version of the Neural Network based NNORSY O<sub>3</sub> profile climatology, in comparison with the TOMS (version 8) of O<sub>3</sub> climatology. The stability of the climatology is investigated and its suitability for accurate retrievals under high solar zenith angle conditions is verified. The quality of the climatology is also verified at tropospheric heights. Delta-validation reference data sets are produced using different implementations and distributed to validation teams at BIRA-IASB and University of Thessaloniki.

## **SQWG (UVVIS)**

The SCIAMACHY Quality Working Group (SQWG) has been set up by ESA in 2007 to maintain and improve the SCIAMACHY operational data processing, by intensifying and condensing all activities around the evolution of the operational processing into one group which takes care of improvements to the operational data processing chain from Level 0 to Level 2. The formation of such a group follows the exercise successfully applied to the evolution of data processing of other instruments onboard ENVISAT (e.g. MIPAS and GOMOS). BIRA-IASB is responsible of the baseline definition and verification for O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, and BrO total columns.

*Activities in 2007:*

- Comparisons between the O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> columns issued from the SCIAMACHY operational processors (OL 3.00 and OL 3.01) and the BIRA-IASB algorithm (SDOAS).
- Influence of the cloud parameters (FRESCO or OCRA/SACURA) on the O<sub>3</sub> operational product.
- Evaluation of the influence on total O<sub>3</sub> columns of the usage of degradation correction factors on L1 data and of a new stray-light correction implemented for the channel 2 of the instrument.
- Global comparisons of the SDOAS total ozone columns with several other products: the OMI and GOME O<sub>3</sub> columns, TOSOMI (KNMI) and also ground-based measurements. Evaluation of the long-term trend of the quality of the SCIAMACHY O<sub>3</sub> columns.
- Establishment of optimal settings for the retrieval of BrO slant columns from the SCIAMACHY measurements.

## **GECA (IR and SYN)**

GECA stands for Generic Environment for Calibration/Validation Analysis. It is an ESA/ESRIN project that started in September 2007. The main contractor is Logica. BIRA-IASB's contribution to the project consists of scientific consultancy in the field of atmospheric composition data from space and ground, their validation (best practices), quality information, and standards for data archiving and exchange.

### *Activities in 2007:*

- Project preparation (proposal and negotiation)
- Project Kick-Off: 28/9/2007
- Definition of User Requirements:
  - Regular teleconferences and meetings to discuss cal/val manipulations, user requirements and Quality Information and Action Protocol
  - Contributions to Cal/Val Manipulations document
  - Contributions to User Requirements Document
  - Contributions to Quality Information and Action Protocol (QIAP) study

### ➤ **Synergies with modeling: Data assimilation**

## **BASCOE – applications (MOD)**

**Quentin.Errera@oma.be and Frank.Daerden@oma.be**

The Belgian Assimilation System for Chemical Observations from Envisat (BASCOE) is a 4D-Var systems that optimize the initial condition of a Chemical Transport Model in order to reproduce Satellites observations and is based on Errera and Fonteyn (2001). During 2007, this system has been used to assimilate MIPAS and UARS/MLS observations. In 2007, the BASCOE system contributed to the BASCOE/PRODEX projects and in two PROMOTE services.

## ***BASCOE/PRODEX***

Within PRODEX, BASCOE mainly focused on assimilation of MIPAS data (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, and H<sub>2</sub>O). For this task, work has been done to evaluate the analyses, mainly using independent observation like HALOE and ground based instruments. In the later case, BASCOE analyses have been involved in the validation of MIPAS N<sub>2</sub>O and HNO<sub>3</sub> (Vigouroux et al., 2007).

Started in 2006, the assimilation of GOMOS data (O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub>) has continued in 2007. These analyses have been intercompared with MIPAS analyses and good agreement was found between the two sets of analyses for O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub>.

A paper on BASCOE analyses of O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> from MIPAS assimilation has been submitted in ACPD. Another study (to be published in 2008) on intercomparison of H<sub>2</sub>O analyses from different systems (ECMWF, MetOffice, BASCOE and Service d'Aéronomie) is ongoing.

### ***GEMS project and MACC preparations***

BIRA is the lead partner for the evaluation of stratospheric ozone in the GEMS system. This pre-operational system for chemical weather analyzes and forecasts is being developed at ECMWF in collaboration with 30 European partner institutes in the EC FP6 project "Global Earth-system (atmosphere) Monitoring by use of Satellite and in-situ data" (GEMS).

In GEMS several chemistry-transport models (CTM) are being coupled to the Integrated Forecast System (IFS) of the ECMWF, in order to also provide chemical forecasts in addition to the standard meteorological fields.

At BIRA, these CTMs, the coupled GEMS system, and the GEMS analyses using the BASCOE assimilation system for the test year 2003 and for the qualitative interpretation of the operational NRT GEMS runs have been evaluated. The GEMS data have also been compared to independent observations from balloons, ground stations and satellites.

BIRA hosted the fall meeting 2007 of the Global Reactive Gases (GRG) subproject of GEMS.

At the same time, the future was also prepared and the proposal of the successor project MACC ("Monitoring Atmospheric Composition and Climate") was written on basis of the GEMS consortium with important contributions of the ESA GSE "PROMOTE" (in which BIRA is also involved with BASCOE). MACC is a proposed "GMES pilot Atmospheric Service" for 2009-2011, and was submitted June 2007 to the European Commission in response to the 7th Framework Program funding call.

BIRA-IASB was appointed leader of work package G-RG WP2 which focuses on the continuation of the services as developed in the GEMS project; as such it made an important contribution to the MACC proposal.

### **ACHEDYRE (MOD)**

**Simon.Chabrilat@oma.be**

The ACHEDYRE project consists in processing chemical and dynamical observations of the stratosphere into the same data assimilation system, which is an extension of the system used operationally by the Meteorological Service of Canada for Numerical Weather Prediction (NWP). This extension was successfully completed in 2006, providing the first Global Chemistry-Climate Model – Data Assimilation System (GCCM-DAS) able to fully resolve stratospheric chemistry and based on an operational NWP system.

### *Activities in 2007:*

The Canadian-Belgian team realized the actual assimilation experiments in order to conduct an analysis of the benefits and drawbacks of the GCCM-DAS with respect to the assimilation of satellite data. The data assimilated to constrain the dynamics of the atmosphere consisted in radiosonde observations, AMSU-A radiances and MIPAS profiles of temperature. We simultaneously assimilated chemical observations from MIPAS (ESA retrievals and IMK retrievals) and GOMOS to constrain the chemistry of the stratosphere.

The ACHEDYRE project resulted in a large ESA report (Ménard *et al.*, 2007) which describes in detail the results of this development and assimilation experiments. Here are a few key results:

- Compared with the BASCOE DAS system, the much higher horizontal resolution of the Canadian DAS improved dramatically the analyses and model forecasts.
- The radiative feedback between ozone and temperature (not fully modelled in other NWP systems) led to an important improvement of temperature predictability in the lower stratosphere.
- The error statistics for observations and background state were derived using the innovations along satellite track, improving dramatically the impact of the observations on the analyses.
- The analyses of MIPAS-IMK chemical observations delivered better results than the analyses of MIPAS-ESA observations, showing the importance of improving operational retrieval algorithms.
- The wind fields were improved by 4D-Var assimilation of observations of long-lived chemical species. This opens a completely new area of applications and collaborations for aeronomy.

Several articles are now under preparation in order to report these results in peer-reviewed journals.

### **BACCHUS (MOD)**

**Simon.Chabrilat@oma.be and Yves.Christophe@aeronomie.be**

The BACCHUS project is a bilateral collaboration between BIRA-IASB and Environment Canada, with participation of KMI-IRM and VITO on the Belgian side. It is based on the successful collaboration started in the ACHEDYRE project (see above). The goal of BACCHUS is to build an infrastructure for real-time monitoring and forecasting of chemical weather, with a focus on Air Quality and ozone depletion. New atmospheric chemistry modules for the Canadian meteorological system will allow simultaneous assimilation of datastreams from MetOp, ALTIUS and balloons. The new system will be installed and run in both countries, giving Belgium a leading position to deliver unique and high-quality GMES Atmospheric Services.

In order to allow the beginning of the realization of the project in 2008, the collaborative framework was set up in 2007. This included a detailed Work Plan and an Intellectual Property Agreement, which were signed on 19 June 2007 by the Director of BIRA-IASB and by Keith Puckett (Director for Air Quality Research at Environment Canada) in presence of High Representatives from the embassy of Canada in Belgium. A PRODEX proposal was submitted to the Belgian Federal Science Policy Office, and preliminary research was started to investigate the predictability of total polar ozone, using the Canadian NWP model extended with the Belgian stratospheric chemistry module.

## **☒ Solar irradiance, spectral UV, and radiative transfer problems.**

### **Ground based monitoring stations (SOL)**

Since the end of the 80's, the Belgian Institute for Space Aeronomy (IASB) has developed an automatic station to measure continuously the UV (UV-B & UV-A) – Visible Solar irradiance (280-600 nm) at the Earth's surface at Uccle, , a residential area in the Brussels suburbs (lat.: 50°47'54"N, long: 4°21'29"E, Alt.: 105m asl). It is operational since mid-march 1993.

The IASB monitoring station consists in a combination of instruments including spectro-radiometer, filter-radiometers and broadband radiometers providing absolute values of the total, direct and diffuse components of the solar irradiance. The IASB data set is completed by ancillary measurements e.g. Ozone and SO<sub>2</sub> total column, Ozone concentration profiles, meteorological conditions...mainly provided by the Royal Meteorological Institute of Belgium (KMI/IRM). From the available period of continuous measurements, it is possible to define the major characteristics of the UV climatology in Belgium and by extension in the 50° - latitude area. Erythemal doses at noon in Uccle are evaluated from both sets of spectral UV-Visible measurements, by weighting each spectrum by the CIE action spectrum.

In addition to the station at Uccle, 3 complementary stations were deployed respectively in Transinne (Euro Space Center) in 2004, in Oostende (Earth Explorer) in 2006 and in Virton (City Hall) in 2007.

#### *Study of factors of influence.*

The penetration of solar UV radiation through the atmosphere depends on the solar zenith angle (SZA), the ozone overhead column and other atmospheric absorbers and scatters such as clouds and aerosols.

(1) Ozone : the anti-correlation between ozone total column and UV-B integrated irradiance corrected for the effect of cloud cover is well established and confirmed for the 2005-2006 period.

(2) Clouds : in order to investigate the role of clouds, a set of 2 instruments has been deployed in Uccle. Based on optical measurements in the visible range and in the thermal IR wavelength range, they provide accurate measurement of cloud cover and a good estimation of cloud ceiling (altitude of cloud base). A simplified version of the IR equipment equipped the Redu, Ostende and Virton stations.

To study the impact of cloud cover, as a function of wavelength, on the UV penetration, average spectra for well-defined cloudy conditions (complete overcast, similar zenith angles...) have been derived from the observations, and compared with a corresponding clear sky spectrum. Different action spectra have been derived and can be used to predict the UV index in various cloudy conditions. A parametric model has also been developed to characterise the broken cloud situations. Finally, the average attenuation of sunlight by different type of clouds can be also directly estimate from the pyranometers data. As expected, the attenuation by cirrus clouds (high altitude) is found to be very small. In contrast, low clouds (mainly stratocumulus) reduce solar irradiance by about a factor 5 on average.

#### *Trends*

The bring to light of potential trends of UV-B radiation at the Earth's surface due to human activity is of high interest for the public health medical community as well as for all the scientists interested in the effects of UV-B on biology and material sciences. The aim of this study was just to illustrate what can be deduced from a 19-years period of UV-B monitoring. Ozone negative trends and UVB positive trends have been clearly established and are confirmed to be valid during the 2005-2006 period.

#### *Plans for the future*

In a next future, we hope to be able to equip 1 extra measurement site in "Campine" probably at Mol, in order to cover the 5 climatic Belgian regions: namely, low Belgium and Coast with the Oostende station, medium Belgium with the Uccle station, high Belgium and Ardennes with the Redu station, Gaume with the Virton station and Campine with the Mol Station.

### **SOLPEC ON ISS (SOL)**

This programme initiated in 1998 is supported by PRODEX SOLSPEC (SOLar SPECtrum) is a space-qualified spectro-radiometer dedicated to the measurement of extraterrestrial solar spectral irradiance in absolute radiometric units from 180 to 3000 nm. It was designed in the years 70's through collaboration between IASB, CNRS/SA (France, PI G. Thuillier) and Heidelberg Observatory (Germany, D. Labs). The most important scientific objectives are:

1. The climatology of the solar UV, VIS and IR radiation during one solar cycle. The UV integrated irradiance is subject to changes of about 10 % during one solar cycle and a monitoring is required.
2. Contribution to atmospheric chemistry. The photochemical processes induced by the solar UV radiation in the stratosphere are wavelength dependant. Thus, absolute measurements of solar UV spectral irradiance with high accuracy (2 %) are of critical importance. Any change of incoming UV radiation is able to modify the actual chemical equilibrium due to catalytic reactions.

*ESA research program for ISS.*

Since 1983, SOLSPEC has participated to 5 NASA and ESA space missions (SPACELAB 1, ATLAS 1, 2 and 3, and EURECA). It is now one of the reference instrument selected by the international scientific community for the definition of a standard solar extraterrestrial spectrum. Different external payloads for space research will be launched and transferred to the International Space Station (ISS) during the next years. One of them (the payload SOLAR) has been dedicated to solar physics. SOLAR is a grouping of three solar spectral and photometric instruments that will be installed on a pointing device (CPD) on the module COLOMBUS for a duration of 18 months: SOLSPEC, SOVIM and SOL-ACES. This selection offers the opportunity to deeply modernize the SOLSPEC instrument. The electronic has been upgraded, the mechanical interface has been adapted to the ISS payloads requirements and the internal optical design has been modified.

*Summary of the status of the instrument (before launch)*

- The protoflight model of SOLSPEC has been completed and delivered in July 2007
- All the required tests have been held successfully
- Full Optical tests and characterisation are completed.
- Calibration campaign in PTB performed in June 2007.

*In flight operations*

Launch initially planned in December 2007 was postponed to February 2008. SOLSPEC fitted on the SOLAR platform was successfully installed outside of the Columbus module. The first spectra were obtained in March-April 2008.

## **Mathematical modelling of light-particle interaction**

**Ghislain.Franssens@oma.be**

*Analytical methods for aerosol spectral inversion problems*

This work aims to improve the existing solution methods for an inverse problem encountered in optical remote sensing of aerosol particles. This inverse problem is: from spectral extinction measurements of light passing through an aerosol cloud, compute the size distribution of the aerosol particles in the cloud.

Central to this inverse problem is the solution of Mie's problem: compute the electromagnetic scattering by a single spherical particle, as a function of direction and wavelength. The complexity of the solution of this problem, in the form obtained by Mie in 1908, is both numerically and analytically a serious barrier to obtain an accurate solution for the above inverse problem.

The strategy is to use modern mathematical techniques (Clifford Analysis) to derive a simpler representation of Mie's solution. Mie solved his problem in the frequency-space domain (i.e., for monochromatic time-harmonic waves). Based on mathematical grounds, related to intrinsic properties of the electromagnetic

field, it is to be expected that a mathematically more tractable form of the solution to Mie's problem can be given based on the time-space domain approach. Such a simpler form would also simplify the above aerosol spectral inversion problem. The generality of the adopted method is such that its results will also be of importance for other subdomains of aeronomy, such as radiative transfer theory and space plasma research.

Given the mathematical intricacies, collaboration is maintained with the department of Mathematical Analysis of the University of Ghent, who are renowned for their expertise in Clifford Analysis.

This research is highly mathematical and of a supportive nature to other research groups. It is not linked to a specific ongoing project, but aimed at building up background theoretical expertise in the Institute.

*Main results obtained in 2007:*

- Construction of a convolution algebra for associated homogeneous distributions.
- Formulation and solution of the electromagnetic radiation problem in an arbitrary gravitational background using Clifford Analysis.

## Planetary atmospheres

### **SPICAM on MARS EXPRESS: observations and interpretation (LRS)**

The SPICAM instrument onboard Mars Express performs observations since January 2006 till now, for more than two Martian years. Nadir UV (200-310 nm) measurements allowed to detect water ice and dust clouds.

*Activities in 2007:*

- Ice cloud optical thickness distribution for the first Martian year was retrieved. The results were presented on European Geosciences Union General Assembly 2007.
- The Martian dust optical parameters were adjusted by detailed investigations of a few Martian regional dust storms and were also presented at the European Geosciences Union General Assembly 2007, Vienna.
- The ice cloud optical thickness distribution for the second Martian year has been retrieved as well as the dust cloud optical thickness distributions for the first and second Martian years.



## **SPICAM on MARS EXPRESS – Mars atmosphere modeling: the MARSBOX model (PLANET)**

**Franck.daerden@aeronomie.be &  
caroline.verhoeven@aeronomie.be**

The detailed microphysical model of N. Larsen (DMI) for PSC and cirrus clouds in the terrestrial stratosphere (PSCBOX) was transformed for Martian conditions by Frank Daerden and Caroline Verhoeven during 2007.

The emerging model, MARSBOX, is a detailed microphysical box model for Martian dust and ice clouds. It is a size-bin resolved Eulerian model describing the evolution of ensembles of two types of particles: dust and water ice particles, where the dust particles serve as condensation nuclei for the ice particles. MARSBOX comprises an explicit description of heterogeneous nucleation, condensation/sublimation, sedimentation, vertical eddy diffusion, and gaz-phase mass balances, and has routines for optical calculations.

MARSBOX is initialized by a steady state for the vertical dust distribution following an explicit solution to the Conrath equation and the assumption of an initial lognormal size distribution.

MARSBOX has been applied for extensive simulations in the Tropical Cloud Belt (TCB) region of Mars, where it has been driven by external Mars GCM fields coming from the GM3 model delivered by our colleagues of York University (Toronto).

The MARSBOX simulations have been compared to observations of SPICAM/Mars Express of the total optical thickness of ice clouds, retrieved by our colleague N. Matashvili [2007]. Within small variations of GCM temperature and water budget, MARSBOX driven by GM3 is in many cases able to reproduce the SPICAM cloud optical thicknesses in the TCB.

Also our interest in GM3 (Global Mars Multiscale Model) continues and it is being installed at BIRA. Once operational it will be applied for more detailed studies with MARSBOX and for studies of the chemical aeronomy of the atmosphere of Mars in support of ongoing and planned space missions (SPICAM/Mars Express, ExoMars,

## **SPICAM on MARS EXPRESS – Data Exploitation (SOL)**

**Didier.gillotay@aeronomie.be)**

In the framework of the exploitation of Exomars data, the main objective of our work is to characterize the solar UV flux reaching the ground of Mars in order to study the sterilization properties of the Martian environment as well as the role of

airborne and deposited dust (e.g.: Gillotay et al., 2004; Moreau and Muller, 2003; Muller et al., 2003; Muller and Moreau, 2001; Muller et al., 2001; Moreau and Fonteyn, 1999; Muller and Moreau, 1997). We have used the UV data of SPICAM (Mars Express) and have developed new techniques and models to achieve this objective.

### *Ozone maps and seasonal variations*

In order to calculate the UV flux reaching the ground, we need to know the chemical and physical composition (molecular species, concentration, pressure and temperature) of the atmosphere throughout the Martian year. The main UV absorbers are CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and dust. CO<sub>2</sub> absorb all the radiation under 180 nm but its distribution is quite homogeneous and has not been investigated here. O<sub>3</sub> and dust are not well established and require more attention because of their crucial role in UV absorption. We have used SPICAM data in order to retrieve the concentrations of those species.

We first performed an absolute calibration of the SPICAM nadir UV data based on the work of CNRS team [Bertaux 2006] taking into account physical effects (irradiance of sun on Mars, ...), geometric effects (position, inclination,... of Mars Express during exposure) and instrumental effects (dark current, stray light, instrumental line shape,...).

$$\frac{I_{meas}}{I_0} = \exp(-[O_3] \cdot m \cdot \sigma_{O_3})$$

We successfully retrieved the total column of ozone on all the two years records of Mars-Express mission using the Beer-Lambert's law:

where  $1-(I_{meas}/I_0)$  is the fraction of signal absorbed by ozone, with  $I_0$  defined as the baseline signal (signal obtained in absence of O<sub>3</sub>),  $[O_3]$  is the vertical integrated ozone column (molecules/cm<sup>2</sup>),  $\sigma_{O_3}$  is the ozone absorption cross section (cm<sup>2</sup>/molecule) and  $m$  is the airmass factor, which is the ratio between the path length followed by the photons in the atmosphere and the vertical path length through the atmosphere. Practically, the ozone column is the mean of several retrievals on different wavelengths between 247 and 261 nm.

The calculation of the airmass factor takes into account the Rayleigh scattering contribution, which contributes to a decrease of the optical path and so decreases the airmass factor.

To improve these results, we also have to take into account the scattering due to aerosols (multiple scattering). This will be done with the radiative transfer model ASIMUT currently in development.

We observe high concentration of ozone mainly at high latitudes during winter. Compared to the 2D Model, our results are in good agreement qualitatively but our values tend to be lower than those predicted. Careful attention will be required on the retrieval method used and explained above. We will make use of a radiative transfer model based on DISORT and integrated into ASIMUT to calculate the O<sub>3</sub> concentration and compare these with the previous values already obtained. Using these O<sub>3</sub> concentrations and an aerosol model, we will be able to calculate theoretical spectra of UV flux at the surface.

### *Simulations of radiation and environmental cases.*

A global study of the different situations observed is in progress. Present results should be refined by a better knowledge of the Martian dust composition which is the next step of the interpretation of the SPICAM data. Up to now, the SPICAM observations have failed to produce a single case where Martian ozone would produce a significant environmental screen to UV-B and UV-C.

## **SOIR on board Venus Express (PLANET)**

**a-c.vandaele@aeronomie.be**

After the successful measurements performed by SOIR during the cruising phase, the SOIR-Science project was initiated at IASB-BIRA. The first objectives were the development of dedicated software to perform retrieval of spectra recorded by the instrument. However it was soon realised that, as a consequence of the rapid development of the instrument and the tight pre-launch schedule, no laboratory characterization of the instrument and its internal parts (the Acousto-Optic Tunable Filter, AOTF, the grating, and the detector) had been performed. The first task was then to acquire all needed information from in-flight measurements. Specific measurements were devised in close collaboration with the operational engineering group, led by Ir. E. Neefs, in order to obtain accurate information on the different calibrations and corrections needed. The results obtained during this study have led to a publication submitted to the journal of Applied Optics [Mahieux et al., 2008]

In parallel, and as described in the initial objectives of the project, the ASIMUT program, which has been developed at BIRA-IASB for Earth monitoring studies, has been adapted to the Venus conditions and the SOIR instrument. First, a priori information on the vertical profiles of temperature and pressure, as well as of the molecular species, was collected. However, such data were scarce before Venus Express, and this led to the decision to use the overall adopted VIRA model, deduced from past observations of the planet. An important feature of the dense Venus atmosphere is a strong refraction effect which should be taken into account in any species retrieval procedure. A robust refractive model was developed by the LRS team using the Magellan model of the Venus atmospheric refractivity, in order to interpret altitude registration shifts and refractive dilution/overlap through the spectrometer slit. The modeled displacements of the refracted solar edge were compared with the measurements with the goal of improving the pointing knowledge.

Accordingly, the ray tracing procedure of ASIMUT was modified for the Venus atmosphere. Some preliminary studies on the refraction affecting the overlapping of the field of view of the instrument and the sun have already been performed. Up to now, the instrument is pointing to a point on the Sun, displaced by 10' from the centre, to take into account the fact that once going through the atmosphere, and because of refraction, the light path will curve.

The spectroscopic database most used in atmospheric studies is probably HITRAN. However, it could not be used as such for Venus as some of the line parameters depend on the air composition, and would greatly differ from Earth to Venus. It was necessary to reinvestigate literature in search for up-to-date spectroscopic parameters measured under an atmosphere of CO<sub>2</sub>. A database specific for Venus has been constructed.

ASIMUT has also been modified to be able to simulate spectra recorded with a SOIR instrument. The program was indeed originally developed for FTIR spectrometers and had to be adapted to reproduce a grating instrument combined with an AOTF. This mainly resulted in the implementation of the overlapping of orders. To properly simulate the observed transmittances, at least 7 orders in total have to be considered and their contributions co-added. A new retrieval method, onion peeling, was also implemented to coherently treat a series of spectra recorded during one occultation. In this method, one starts the analysis in the uppermost layer (the first spectrum), deriving concentrations, and progressively goes deeper into the atmosphere taking into account the results from the layers above. Vertical profiles of several key species of the Venusian atmosphere have been obtained by applying this technique: CO<sub>2</sub>, CO, HCl, HF, H<sub>2</sub>O and HDO [Bertaux et al, 2007]. The technique and some first results will be published in 3 papers which will appear in a special issue of the J. Geophys. Res. [Vandaele et al, Fedorova et al, Belyaev et al., subm].

SOIR has proven its high sensitivity by allowing the first detection of an up to now unknown absorption band of one of the isotopologues of CO<sub>2</sub> [Bertaux et al, 2008]. Spectra were of such high quality that spectroscopic data could be retrieved [Wilquet et al., 2008].

Unexpectedly, the spectra recorded by SOIR were found to contain information on the aerosol loading of the atmosphere of Venus. Dedicated software was developed to extract this information. Preliminary results will be published in the special issue of the J. Geophys. Res. [Wilquet et al, subm]. The extinction coefficient can be determined for each occultation. Future work will require the detailed analysis of the wavenumber dependency to see if more information such as number density or even particle size could be retrieved. This will probably require the combination of the IR and SOIR channels of SPICAV.

## II. Applications towards Scientific Services

### **PROMOTE (UVVIS, LRS, MOD, SYN)**

PROMOTE (PROtocol MONiToring for the GMES Service Element on Atmospheric Composition) is an ESA-funded project delivering sustainable geo-spatial information services relevant to atmospheric ozone, surface UV exposure, air quality, climate change, and aviation control. Services are directed to a wide spectrum of users including public authorities, governmental and intergovernmental agencies, industries active in the energy and health sectors, as well as the general public. Services usually make integrated use of ground-based monitoring capacities, airborne and space-based Earth observation, and numerical models. PROMOTE is a major element of Global Monitoring of Environment and Security (GMES), the European contribution to the international Global Earth Observation System of Systems (GEOSS).

BIRA contributes to several PROMOTE services; they appear in this project under the scientific theme to which they are related.

### **PROMOTE – AEROSOL SERVICE (LRS)**

A part of the BIRA-IASB PROMOTE work package consists of the implementation of the extension service “Stratospheric aerosol and gaz records” for the aerosol part; furthermore, it also addresses the coordination of the associated service (including the Web site development).

#### *Activities in 2007:*

- Kickoff meeting took place in October 2007
- Implementation of a database for aerosol related data sets
- Loading of various data sets in the database (SAM II, SAGE II, SAGE III, POAM 2, POAM 3, HALOE)
- Implementation of a user interface for the download of data sets after parameter selection, and graphical processing of the data

### **PROMOTE - TEMIS HCHO and NO<sub>2</sub> (UVVIS)**

Isabelle.Desmedt@oma.be

As part of the DUP-2 and GSE programmes BIRA-IASB develops advanced satellite data products for the global monitoring of the tropospheric composition, based on observations from the GOME, SCIAMACHY, OMI and GOME-2 instruments. This work is performed in collaboration with scientists from KNMI (The Netherlands) and DLR (Germany).

*Activities in 2007:*

- Update and maintenance of the NRT SCIAMACHY NO<sub>2</sub> slant column service.
- Improvement of the GOME and SCIAMACHY formaldehyde products:
  - Optimization of HCHO retrieval settings in order to optimize the consistency of slant columns from both GOME and SCIAMACHY instruments.
  - Update of HCHO AMFs, using profiles from the IMAGES v2 model (J-F. Muller and J. Stavrakou, 2006). This model includes advanced treatment of VOC chemistry and emissions, adequate for accurate HCHO profile estimations.
- The GOME HCHO product has been used successfully in the inverse modeling work (using the IMAGES model) to constrain VOCs emissions (J-F Müller, T. Stavrakou).
- GOME HCHO columns generated for the 1997-2005 period + one year of SCIAMACHY HCHO data. Work in progress with KNMI to put these data on the TEMIS/PROMOTE web site.

## **TEMIS intercontinental transport (IR and UVVIS)**

**bart.dils@oma.be**

Within the framework of the TEMIS project a new NO<sub>2</sub> intercontinental transport service has been implemented. OMI satellite observations are provided by KNMI, while at BIRA-IASB the outflow of pollution plumes from Northern America across the Atlantic is simulated by FLEXPART. To this end the FLEXPART trajectory model has been improved by adding a temperature dependence on the (otherwise fixed) lifetime of the particle species. The IMAGES v2 model (J-F. Muller and J. Stavrakou, 2006) was used to work out the NO<sub>2</sub> lifetime vs. temperature relationship.

## **PROMOTE/ SACS (UVVIS)**

**Jos.VanGeffen@oma.be**

The Support to Aviation Control Service (SACS) is one of the services in the GSE Atmospheric project PROMOTE. The service is managed by BIRA-IASB, with contributions from CGS (Italy), DLR (Germany) and KNMI (The Netherlands). SACS comprises a near-real time (NRT) notification system of volcanic activity based on measurements of sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) concentrations from satellite instruments (SCIAMACHY, OMI, GOME-2). In addition there will be a volcanic ash indicator based on an analysis of MSG images, and a dispersion model will be used to monitor the extension and evolution of the volcanic plume.

For validation and case studies, the SO<sub>2</sub> data is also stored in an off-line archive. The main purpose of SACS is to support the European Volcanic Ash Advisory Centres (VAACs) in this official task of monitoring possible hazards posed by volcanic eruptions to aviation. Since SO<sub>2</sub> can also enter the atmosphere as a result of anthropogenic activities, the data is also input to other services (such as the Air Quality Record of PROMOTE) and projects (e.g. AMFIC). Regarding the validation task, there is also a clear link with the NOVAC project.

*Activities in 2007:*

- Coordination of SACS (service lead).
- SCIAMACHY data is being processed in near-real time since Sept. 2006, OMI data since Oct. 2007 and GOME-2 data since Feb. 2008. Notifications based on SCIAMACHY data are sent since Feb. 2007. Archive of SCIAMACHY data (starting with Sept. 2004) is available.
- SO<sub>2</sub> retrieval and near-real time (NRT) processing for SACS; associated web pages for showing results and product information.
- Preliminary validation undertaken in a few case studies.
- A second SACS workshop was held at Toulouse VAAC on 24-25 Nov. 2007.

## **PROMOTE-AQR (UVVIS)**

The Air Quality Records service is one of the services in the GSE Atmospheric project PROMOTE. Managed at RIU (University of Köln, Germany), the service combines novel satellite data sets with in situ data and model results through use of bias free state-of-the-art data assimilation methods. The service aims to provide multi year re-analyses of air quality on global and European scale with novel satellite data in tandem with EEA archived in situ measurements. In collaboration with DLR and KNMI, BIRA-IASB provides optimized satellite data sets for HCHO, SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub>. The distribution of the PROMOTE-AQR satellite data products makes use of the TEMIS internet infrastructure which has been linked to the PROMOTE web portal.

*Activities in 2007:*

- The complete dataset (1996-2006) of GOME and SCIAMACHY HCHO columns has been retrieved in a consolidated fitting window and made available on the TEMIS/PROMOTE website. The latest version of the algorithm includes a cloud correction and ingests a-priori profiles from the IMAGES model calculated at the local time of the satellite overpass (10h30).
- A comprehensive error budget of the GOME and SCIAMACHY total columns has been conducted where uncertainties on slant columns, air mass factors and soft-calibration corrections have been characterized. This work is the subject of a paper in preparation to be submitted to ACPD in early 2008.

- The resulting GOME and SCIAMACHY HCHO data sets have been used for the validation of the OMI HCHO product (in collaboration with T. Kurosu from SAO-Harvard).
- First tests have been conducted on the retrieval of NO<sub>2</sub> slant columns from the new GOME-2 instrument. Settings are based on available experienced with GOME and SCIAMACHY. Contribution to the verification and validation of GOME2 products, in collaboration with J.-C. Lambert.

## **PROMOTE – Quality Assessment/Validation Office (SYN)**

As PROMOTE services are to support informed decisions with societal and economical impact, it is crucial to establish and verify the “fitness for purpose” of each service and its sustainability through rigorous validation. This implies efficient cooperation with service developers and end-user organisations. GMES/GEOSS commitments also call for establishing general standards and working practices. To ensure appropriate, user-driven validation of PROMOTE services, compliant with GMES requirements of standardization and sustainability, we have established a dedicated office for the coordination of PROMOTE services validation and quality assessment.

A main task of the PROMOTE QA/Val Office is to manage the top-level definition of applicable standards and validation approaches for all constituents of the Service Portfolio, in order to generate the Service Validation Protocol that will be applied consistently across the services network. Where relevant, the office seeks for consistency with standards and best practices discussed at the international level in interagency groups like CEOS and its Working Group on Calibration and Validation (WGCV), and at the European level through the INSPIRE directive of the EU Environment policy, another contribution of Europe to GEOSS. Other tasks of importance are to coordinate validation carried out through a series of mechanisms within PROMOTE and external supporting projects, and to organise the validation against components of long service lines based on a variety of intermediate modules, a hierarchy of models and a wide panel of data sources.

Activities in 2007:

- Operation of the PROMOTE QA/Val Office
- Maintenance of the PROMOTE QA web pages
- Organisation of the PROMOTE Services Validation Report
- Development of the PROMOTE Services Validation Protocol in line with strategies being established by GEO and CEOS
- Contribution to the GEO-CEOS establishment of an Earth Observation data quality strategy for the GEOSS
- Review of draft implementation rules for the INSPIRE European Directive
- Development of QA/Val concepts for the future GMES Atmospheric Service



## **PROMOTE – BASCOE (MOD)**

In GSE-PROMOTE, BASCOE is involved in two extensions services: “3D Ozone Record Profiles” (Lead. F. Baier, DLR) and “Stratospheric Aerosols and Greenhouse Gases” (Lead. C. Bingen, BIRA-IASB). The first service has started in mid 2006 for a duration of three years while the second service has started in early 2007 for a duration of two years. In the first service, BASCOE will provide analyses of ozone and related gases from UARS/MLS (1992-1999) and MIPAS (July 2002 – March 2004). In the second service, BASCOE will provide two 3D record of water vapor and methane. The first record is based on MIPAS data while the second record is based on UARS/MLS H<sub>2</sub>O data (no observations of methane are available for this instrument) for the period 1992-Apr 1993 (MLS ceased to provide H<sub>2</sub>O data after that time).

### *Activities in 2007:*

- Assimilation of MIPAS (with latest BASCOE version) and UARS/MLS was done for the target period. UARS/MLS ozone has been evaluated against ozonesonde and HALOE. It is also planned to use ozone lidar data. Other species are evaluated against HALOE data.

## **UV index service (SOL)**

A special effort has been done to improve the accessibility and visibility of the BIRA-IASB UV data set to the general public by modifying the Web site UV items:

Real time UV index at the 3 Belgian stations are presently accessible directly and presented on an interactive display.

Each graph being a gate to more specific information on each station of the network; e.g. real-time UVB, UVB and solar irradiance measurements, yearly representations of different parameters as UV index, Erythemal doses, ozone,... Specific displays have also been developed for site purposes as the ‘Meteorological parameters’ display in Redu and Oostende and the ‘SPUV-10’ display in Brussels.

The improvement of the “UV INDEX” service will also be continued in parallel by initiating the prediction of UV INDEX in real conditions.

Contacts are taken with different organization (e.g., CELINE) to increase the diffusion of the UV data.

### III. Publications

#### **Publications in refereed international scientific journals**

#### **Publications in refereed national scientific journals**

#### **Publications in Conference Proceedings**

#### **Publications in “published” reports**

#### **Publications in refereed international scientific journals**

- Bertaux, J.-L., A.C. Vandaele, O. Korablev, E. Villard, A. Fedorova, D. Fussen, E. Quémerais, D. Beliaev, A. Mahieux, F. Montmessin, C. Müller, E. Neefs, D. Nevejans, V. Wilquet, J.P. Dubois, A. Hauchecorne, A. Stepanov, I. Vinogradov, A. Rodin and the SPICAV team. A warm layer in Venus' cryosphere and high altitude measurements of HF, HCl, H<sub>2</sub>O and HDO. *Nature*, 450, 646-649, doi:10.1038/nature05974, 2007.
- Clerbaux, C., M. George, S. Turquety, K. A. Walker, B. Barret, P. Bernath, C. Boone, T. Borsdorff, J. P. Cammas, V. Catoire, M. Coffey, P.-F. Coheur, M. Deeter, M. De Mazière, J. Drummond, P. Duchatelet, E. Dupuy, R. de Zafra, F. Eddounia, D. P. Edwards, L. Emmons, B. Funke, J. Gille, D. W. T Griffith, J. Hannigan, F. Hase, M. Höpfner, N. Jones, A. Kagawa, Y. Kasai, I. Kramer, E. Le Flochmoën, N. J. Livesey, M. López-Puertas, M. Luo, E. Mahieu, D. Murtagh, Ph. Nédélec, A. Pazmino, H. Pumphrey, P. Ricaud, C. P. Rinsland, C. Robert, M. Schneider, C. Senten, G. Stiller, A. Strandberg, K. Strong, R. Sussmann, V. Thouret, J. Urban, and A. Wiacek. CO measurements from the ACE-FTS satellite instrument: data analysis and validation using ground-based, airborne and spaceborne observations, Special Issue ‘Validation results for the Atmospheric Chemistry Experiment (ACE)’, *Atmos. Chem. Phys. Disc*, 7, 15277-15340, 2007.
- Cortesi, U., J.C. Lambert, C. De Clercq, G. Bianchini, T. Blumenstock, A. Bracher, E. Castelli, V. Catoire, K.V. Chance, M. De Mazière, P. Demoulin, S. Godin-Beekmann, N. Jones, K. Jucks, C. Keim, T. Kerzenmacher, H. Kuellmann, J. Kuttippurath, M. Iarlori, G.Y. Liu, Y. Liu, I.S. McDermid, Y.J. Meijer, F. Mencaraglia, S. Mikuteit, H. Oelhaf, C. Piccolo, M. Pirre, P. Raspollini, F. Ravegnani, W.J. Reburn, G. Redaelli, J.J. Remedios, H. Sembhi, D. Smale, T. Steck, A. Taddei, C. Varotsos, C. Vigouroux, A. Waterfall, G. Wetzell and S. Wood. Geophysical validation of MIPAS-ENVISAT operational ozone data, *ACP*, 7, 4807-4867, 2007.
- Daerden, F., N. Larsen, S. Chabrilat, Q. Errera, S. Bonjean, D. Fonteyn, K. Hoppel, M. Fromm. A 3D-CTM with detailed online PSC-microphysics: analysis of the Antarctic winter 2003 by comparison with satellite observations. *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 1755-1772, 2007.
- De Mazière, M., C. Vigouroux, P.F. Bernath, P. Baron, T. Blumenstock, C. Boone, C. Brogniez, V. Catoire, M. Coffey, P. Duchatelet, D. Griffith, J. Hannigan, Y. Kasai, I. Kramer, N. Jones, E. Mahieu, G.L. Manney, C.

- Piccolo, C. Randall, C. Robert, C. Senten, K. Strong, J. Taylor, C. Tétard, K.A. Walker and S. Wood. Validation of ACE-FTS v2.2 methane profiles from the upper troposphere to lower mesosphere, *ACPD*, 7, 17975-18014, 2007.
- Dodion, J., D. Fussen, F. Vanhellefont, C. Bingen, N. Matshvili, K. Gilbert, R. Skelton, D. Turnbull, S. D. McLeod, C. D. Boone, K. A. Walker, P. F. Bernath. Cloud detection in the upper troposphere – lower stratosphere region via ACE imagers: a qualitative study. *J. Geophys. Res.*, 112, D03208, doi:10.1029/2006JD007160, 2007.
  - Franssens, G. Functions with derivatives given by polynomials in the function itself or a related function, *Analysis Mathematica*, vol. 33, pp. 17-36, 2007.
  - Franssens, G. The Electromagnetic Radiation Problem in an Arbitrary Gravitational Background Vacuum, *WSEAS Transactions on Mathematics*, vol. 6, 10, pp. 838—851, 2007.
  - Gardiner, T., A. Forbes, P. Woods, M. De Mazière, C. Vigouroux, E. Mahieu, P. Demoulin, V. Velasco, J. Notholt, T. Blumenstock, F. Hase, I. Kramer, R. Sussman, W. Stremme, J. Mellqvist, A. Strandberg, K. Ellingsen and M. Gauss. Method for evaluating trends in greenhouse gases from ground-based remote FTIR measurements over Europe, *ACPD*, 7, 15781-15803, 2007.
  - Guimbaud, C., V. Catoire, A. Bergeat, E. Michel, N. Schoon, C. Amelynck, D. Labonnette, G. Poulet. Kinetics of the reactions of acetone and glyoxal with O<sub>2</sub><sup>+</sup> and NO<sup>+</sup> ions and application to the detection of oxygenated volatile organic compounds in the atmosphere by chemical ionization mass spectrometry. *International Journal of Mass Spectrometry*, 263, 2-3, 276-288, 2007.
  - Hauchecorne A., J.L. Bertaux, F. Dalaudier, J.M. Russell III, M.G. Mlynczak, E. Kyrolä, D. Fussen. Large increase of NO<sub>2</sub> in the north polar mesosphere in January–February 2004: Evidence of a dynamical origin from GOMOS/ENVISAT and SABER/TIMED data, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L03810, doi:10.1029/2006GL027628, 2007.
  - Hendrick, F., M. Van Roozendaal, M. P. Chipperfield, M. Dorf, F. Goutail, X. Yang, C. Fayt, C. Hermans, K. Pfeilsticker, J.-P. Pommereau, J. A. Pyle, N. Theys, and M. De Mazière, Retrieval of stratospheric and tropospheric BrO profiles and columns using ground-based zenith-sky DOAS observations at Harestua, 60°N, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 4869-4885, 2007.
  - Jenouvrier, A., L. Daumont, L. Régalia-Jarlot, V. Tyuterev, M. Carleer, A.C. Vandaele, S. Mikhailenko, and S. Fally. Fourier transform measurements of water vapor line parameters in the 4200 – 6600 cm<sup>-1</sup> region, *J. Mol. Spectrosc.*, 105(2), 326-355, 2007.
  - Lahoz, W.A., A. J. Geer, S. Bekki, N. Bormann, S. Ceccherini, Q. Errera, H.J. Eskes, D. Fonteyn, D.R. Jackson, B. Khattatov, S. Massart, V.-H. Peuch, S. Rharmili, M. Ridolfi, A. Segers, O. Talagrand, H. Thornton, A.F.

- Vik and T. von Clarmann. The Assimilation of Envisat data (ASSET) project. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, 1773-1796, 2007.
- Lahoz, W.A., Q. Errera, R. Swinbank and D. Fonteyn. Data assimilation of stratospheric constituents: a review. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, 5745-5773, 2007.
  - Matshvili N., D. Fussen, F. Vanhellefont, C. Bingen, J. Dodion, F. Montmessin, S. Perrier, E. Dimarellis, J-L. Bertaux. Martian ice cloud distribution obtained from SPICAM nadir UV measurements. *J. Geophys. Res.*, 112, E07004, doi:10.1029/2006JE002827, 2007.
  - Matshvili, N., D. Fussen, F. Vanhellefont, C. Bingen, J. Dodion, F. Montmessin, S. Perrier, J.L. Bertaux. Detection of martian dust clouds by SPICAM UV nadir measurements during of the October 2005 regional dust storm. *Advances in Space Research*, 40, 6, pp 869-880, 2007.
  - Müller, J.-F., T. Stavrakou, S. Wallens. I. De Smedt, M. Van Roozendaal, J. Rinne, B. Munger, A. Goldstein and A. Guenther. Global isoprene emissions estimated using MEGAN, ECMWF analyses and a detailed canopy environmental model, *Atmos. Chem. Phys. Disc*, 7, 15373-15407, 2007.
  - Neefs, E., M. De Mazière, F. Scolas, C. Hermans and T. Hawat, BARCOS an automation and remote control system for atmospheric observations with a Bruker interferometer, *Rev. Sc. Instrum.*, 78, 035109-1 to -8, 2007.
  - Payan, S., C. Camy-Peyret, H. Oelhaf, G. Wetzel, G. Maucher, C. Keim, M. Pirre, P. Huret, A. Engel, M.C. Volk, H. Kuellmann, J. Kuttippurath, U. Cortesi, G. Bianchini, F. Mencaraglia, P. Raspollini, G. Redaelli, C. Vigouroux, M. De Mazière, S. Mikuteit, T. Blumenstock, V. Velazco, J. Notholt, M. Mahieu, P. Duchatelet, D. Smale, S. Wood, N. Jones, C. Piccolo, V. Payne, A. Bracher, N. Glatthor, G. Stiller, K. Grunow, P. Jeseck, Y. Te, K. Pfeilsticker and A. Butz. Validation and data characteristics of methane and nitrous oxide profiles observed by MIPAS and processed with Version 4.61 algorithm, *ACPD*, 7, 18043-18111, 2007.
  - Schoon, N., C. Amelynck, E. Debie, P. Bultinck and E. Arijs. A selected ion flow tube study of the reactions of H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, NO<sup>+</sup> and O<sub>2</sub><sup>+</sup> with a series of C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> and C<sub>8</sub> unsaturated biogenic alcohols. *International Journal of Mass Spectrometry*, 263, 2-3, 127-136, 2007.
  - Sioris, C. E., S. Chabrilat, C. A. McLinden, C. S. Haley, Y. J. Rochon, R. Ménard, M. Charron, C. T. McElroy. OSIRIS observations of a tongue of NO<sub>x</sub> in the lower stratosphere at the Antarctic vortex edge: comparison with a high resolution simulation from the Global Environmental Multiscale (GEM) model. *Canadian Journal of Physics*, 85, 1195–1207, 2007.
  - Sofieva, V.F., E. Kyrölä, S. Hassinen, L. Backman, J. Tamminen, A. Seppälä, L. Thölix, A. Gurvich, V. Kan, F. Dalaudier, A. Hauchecorne, J.-L. Bertaux, D. Fussen, F. Vanhellefont, O. Fanton d'Andon, G. Barrot, A. Mangin, M. Guirlet, T. Fehr, P. Snoeij, L. Saavedra, R. Koopman, R. Fraise. Global analysis of scintillation variance: Indication of gravity wave breaking in the polar winter upper stratosphere. *Geophys. Res. Lett.*, 34, L03812, doi:10.1029/2006GL028132, 2007.

- Theys, N., M. Van Roozendael, F. Hendrick, C. Fayt, C. Hermans, J.-L. Baray, F. Goutail, J.-P. Pommereau, and M. De Mazière, Retrieval of stratospheric and tropospheric BrO columns from multi-axis DOAS measurements at Reunion Island (21°S, 56°E), *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 4733-4749, 2007.
- Vereecken, L., J.-F. Müller, J. Peeters. Low-volatility poly-oxygenates in the OH-initiated atmospheric oxidation of alpha-pinene: Impact of non-traditional peroxy radical chemistry. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, doi:10.1039/b708023a, 2007.
- Vigouroux, C., M. De Mazière, Q. Errera, S. Chabrilat, E. Mahieu, P. Duchatelet, S. Wood, D. Smale, S. Mikuteit, T. Blumenstock, F. Hase and N. Jones. Comparisons between ground-based FTIR and MIPAS N<sub>2</sub>O and HNO<sub>3</sub> profiles before and after assimilation in BASCOE, *ACP*, 7, 377-396, 2007.
- Wang, D. Y., M. Höpfner, C.E. Blom, W.E. Ward, H. Fischer, T. Blumenstock, F. Hase, C. Keim, G.Y. Liu, S. Mikuteit, H. Oelhaf, G. Wetzel, U. Cortesi, F. Mencaraglia, G. Bianchini, G. Redaelli, M. Pirre, V. Catoire, N. Huret, C. Vigouroux, M. De Mazière, E. Mahieu, P. Demoulin, S. Wood, D. Smale, N. Jones, H. Nakajima, T. Sugita, J. Urban, D. Murtagh, C. Boone, C.D. Bernath, P.F. Walker, K.A. Kuttippurath, J. Kleinböhl, G. Toon and C. Piccolo. Validation of MIPAS HNO<sub>3</sub> operational data, *ACP*, 7, 4905-4934, 2007.
- Wetzel, G., A. Bracher, B. Funke, F. Goutail, F. Hendrick, J.-C. Lambert, S. Mikuteit, C. Piccolo, M. Pirre, A. Bazureau, C. Belotti, T. Blumenstock, M. De Mazière, H. Fischer, N. Huret, D. Ionov, M. López-Puertas, G. Maucher, H. Oelhaf, J.-P. Pommereau, R. Ruhnke, M. Sinnhuber, G. Stiller, M. Van Roozendael and G. Zhang, Validation of MIPAS-ENVISAT NO<sub>2</sub> operational data, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 3261-3284, 2007.

### **Publications in refereed national scientific journals**

- Vandaele, A.C., La médecine spatiale, *Ciel et Terre*, 123, 69-78, 2007.
- Vandaele, A.C., S. Korolev. Architecte de la conquête de l'espace. *Ciel et Terre*, 123, 150-151, 2007.
- Vandaele, A.C., Venus Express et Messenger s'allient pour observer Vénus. *Ciel et Terre*, 123, 181-183, 2007.
- Vandaele, A.C., Venus Express, bilan de deux années fructueuses, *Ciel et Terre*, 123, 169-180, 2007.

### **Publications in Conference Proceedings**

- Amelynck, C., N. Schoon, E. Debie and P. Bultinck. Ion/molecule reaction studies in support of the detection of sesquiterpenes by CIMS. *Proceedings of the 3rd International Conference on Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry and its Applications (Oberurgl, Austria)*, pp. 127-131, Editors: A. Hansel, T.D. Märk, Innsbruck University Press, 2007.

- Bertaux, J-L., A.-C. Vandaele, O. Korablev, E. Villard, A. Fedorova, D. Fussen, E. Quémerais, D. Beliaev, A. Mahieux, F. Montmessin, C. Muller, E. Neefs, D. Nevejans, V. Wilquet, A. Hauchecorne, A. Rodin. Structure and composition of the Venus upper atmosphere from the SPICAV/SOIR Venus Express observations. XXIV IUGG, Perugia, JMS013: Aeronomy of planetary atmospheres, July 2007.
- Daerden, F., C. Verhoeven, N. Larsen, N. Mateshvili, D. Fussen, D. Akingunola, J.C. McConnell, J. Kaminski. Development of a detailed microphysical model for Martian dust and ice clouds. European Planetary Science Congress 2007, Potsdam, Germany, 19 – 24 August 2007.
- Daerden, F., N. Larsen, S. Chabrilat, Q. Errera, S. Bonjean, D. Fonteyn, K. Hoppel, and M. Fromm: A 3D-CTM with detailed online PSC-microphysics: analysis of the Antarctic winter 2003 by comparison with satellite observations, European Geosciences Union General Assembly 2007, Vienna (Austria), 15-20 April 2007
- Daerden, F., N. Mateshvili, A. Akingunola, J.C. McConnell, and J.W. Kaminski: A comparison of bulk water ice clouds in GM3 with measurements of ice clouds from SPICAM, European Mars Science and Exploration Conference: Mars Express & ExoMars, 12-16 November 2007, ESA-ESTEC, Noordwijk (The Netherlands)
- De Smedt, I., M. Van Roozendaal, J.-F. Müller, T. Stavrou, R. van der A, H. Eskes, Tropospheric CH<sub>2</sub>O observations from satellites: Characterization of 12 years of consistent retrieval from GOME and SCIAMACHY measurements, Proceedings of the 2nd ACCENT Symposium, Urbino, Jul. 2007.
- Erbertseder, T., F. Baier, Q. Errera, S. Viscardy, J. Schwinger and H. Elbern. The Promote Ozone Profile Service - Long-Term 3d Ozone Reanalysis Of Ers-2 And Envisat Data Sets. ESA Special Publication SP-636, 2007.
- Errera, Q., S. Bonjean, S. Chabrilat, F. Daerden and S. Viscardy. BASCOE assimilation of ozone and nitrogen dioxide observed by MIPAS and GOMOS: Comparison between the two sets of analyses. ESA SP-636, July 2007.
- Errera, Q., S. Bonjean, S. Chabrilat, F. Daerden, and S. Viscardy. BASCOE assimilation of ozone and nitrogen dioxide observed by MIPAS and GOMOS : Comparison between the two sets of analyses. ESA Special Publication SP-636. ENVISAT Symposium 2007.
- Fehr, T., L. Saavedra de Miguel, P. Snoeij. Assessment of GOMOS retrieval algorithms and quality of level 2 products, ENVISAT Symposium, Montreux, 2007, session 3E2.
- Fehr, T., R. Koopman, A. Dehn, L. Saavedra de Miguel, F. Niro, J. Frerick, A. Barbieri, P. Snoeij, H. Laur. The ENVISAT Atmospheric Chemistry Mission - Past, Present and Future; GOMOS Quality Working Group; MIPAS Quality Working Group; SCIAMACHY QWQ. Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007, Session 2P3)

- Franssens, G. Clifford Analysis Formulation of Electromagnetism. Proceedings of the 9th Int. Conf. on Math. and Comp. Methods in Science and Engineering, pp. 51–57, Univ. of the West Indies, Trinidad & Tobago, 2007.
- Guirlet, M., G. Barrot, O. Fanton d'Andon A. Mangin, V. Sofieva, E. Kyrölä, J. Tamminen, F. Dalaudier, A. Hauchecorne, J.L. Bertaux, D. Fussen, Y. Meijer, T. Fehr, L. Saavedra de Miguel, P. Snoeij. Assessment of GOMOS retrieval algorithms and quality of level 2 products. ENVISAT Symposium, Montreux, 2007, session 3E2
- Hauchecorne, A., J-L, Bertaux, F. Dalaudier, C.Cot, D.Fussen, F.Vanhellemont, O.Fanton d'Andon, M. Guirlet, G.Barrot, E.Kyrölä, J.Tamminen, V.Sofieva, Y. Meijer, T.Fehr, L.Saavedra de Miguel, P .Snoej. Interannual variability of stratospheric ozone in the equatorial region from GOMOS/ENVISAT. Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007, Session 2E2)
- Kyrola E., J. Tamminen, V. Sofieva, J.L. Bertaux, A. Hauchecorne, F. Dalaudier, D. Fussen, F. Vanhellemont, O.Fanton d'Andon, G. Barrot, A. Mangin, M. Guirlet, L. Saavedra, P. Snoeij, T. Fehr, Y. Meijer, and R. Fraisse. GLOBAL DISTRIBUTION OF OZONE VERTICAL PROFILES FROM GOMOS MEASUREMENTS 2002–2006. Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007, Session 2E1)
- Kyrölä, E., J. Tamminen, V. Sofieva, J. L. Bertaux , A. Hauchecorne ,F. Dalaudier , D. Fussen , F. Vanhellemont , O. Fanton d'Andon ,G. Barrot, M. Guirlet ,Y. Meijer ,T. Fehr , L. Saavedra de Miguel, P. Snoeij. GOMOS/ENVISAT overview. ENVISAT Symposium, Montreux, 2007, session 2E.1
- Mateshvili, N., D. Fussen, F. Vanhellemont, C. Bingen, J. Dodion, F. Daerden, C. Verhoeven, F. Montmessin, and J.-L. Bertaux: Ice and dust clouds in the Martian atmosphere: results from SPICAM UV channel nadir measurements, European Mars Science and Exploration Conference: Mars Express & ExoMars, 12-16 November 2007, ESA-ESTEC, Noordwijk (The Netherlands)
- Ménard, R., Y. Yang, S. Chabrilat and A. Robichaud. Comparision of MIPAS Observation Error Statistics using Data Assimilation Methodology. ESA Special Publication SP-636, 2007
- Montmessin, F., A.C. Vandaele, E. Neefs, J.-L. Bertaux, and F. Daerden. Detecting CH4 and other trace species on Mars with a SOIR instrument European Mars Science & Exploration Conference: Mars Express & Exomars, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 12-16 Nov. (2007)
- Sofieva, V. F., E. Kyrölä, S. Hassinen, L. Backman, J. Tamminen, A. Seppälä, L. Thölix, A. Gurvich, V. Kan, F. Dalaudier, A. Hauchecorne, J-L. Bertaux, D. Fussen, F. Vanhellemont, O. Fanton d'Andon, G. Barrot, A.Mangin, M. Guirlet, T. Fehr, P.Snoeij, L. Saavedra, R.Koopman, R. Fraisse. Global Analysis of Scintillation Variance: Indication of Gravity

- Wave Breaking in the Polar Winter Upper Stratosphere. Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007, Session 2P10)
- Sofieva, V., E. Kyrölä, F. Dalaudier, V. Kan, A.S. Gurvich. Influence of Scintillation on Quality of Ozone Monitoring by GOMOS, The GOMOS Team. Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007, Session 3E2)
  - Stavrou, T., J.-F. Müller, I. De Smedt, M. Van Roozendael, G. van der Werf, L. Giglio, One decade of pyrogenic NMVOC emissions deduced from HCHO satellite data, Proceedings of the 2nd ACCENT Symposium, Urbino, Jul. 2007.
  - Taha, G., G. Jaross, D. Fussen, F. Vanhellefont, R. McPeters. GOMOS Limb Scattering Ozone Profile Retrieval. Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007, Session 3E2)
  - Tamminen, F. Dalaudier, A. Hauchecorne, J.L. Bertaux, D. Fussen, Y. Meijer, T. Theys, N., M. Van Roozendael, Q. Errera, S. Chabrilat, F. Daerden, F. Hendrick, D. Loyola, P. Valks. A Stratospheric BrO Climatology Based on the BASCOE 3D Chemical Transport Model. Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007)
  - Tamminen, J., E. Kyrölä, V. Sofieva, J.-L. Bertaux, A. Hauchecorne, F. Dalaudier and D. Fussen. How to use GOMOS measurements? Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007, Session 2B3)
  - Theys, N., M. Van Roozendael, Q. Errera, S. Chabrilat, F. Daerden, F. Hendrick, D. Loyola, P. Valks: A Stratospheric BrO Climatology Based on the BASCOE 3D Chemical Transport Model. Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007)
  - Vandaele, A-C, E. Neefs, F. Daerden: TGE-SOIR, European Mars Science and Exploration Conference: Mars Express & ExoMars, 12-16 November 2007, ESA-ESTEC, Noordwijk (The Netherlands)
  - Vanhellefont, F., Fanton d'Andon, O., Guirlet, M., Barrot, G., Kyrölä, E., Tamminen, J., Sofieva, V., Meijer, Y., Fehr, T., Saavedra de Miguel, L., Snej, P.. Interannual variability of stratospheric ozone in the equatorial region from GOMOS/ENVISAT. Proceedings Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 23-27 April 2007 (ESA SP-636, July 2007, Session 2E2)

### **Publications in “published” reports**

- Dils, B., M. De Mazière, T. Blumenstock, F. Hase, I. Kramer, E. Mahieu, P. Demoulin, P. Duchatelet, J. Mellqvist, A. Strandberg, M. Buchwitz, I. Khlystova, O. Schneising, V. Velasco, J. Notholt, R. Sussmann and W. Stremme. Validation of WFM-DOAS CO and CH<sub>4</sub> Scientific Products



using Ground-based FTIR Measurements. Observing Tropospheric Trace Constituents from Space, ACCENT-TROPOSAT\_2 in 2006-7 (editors John Burrows & Peter Borrell).

- Ménard, R., S. Chabrilat, J. McConnell, P. Gauthier , D. Fonteyn, J. Kaminsky, A. Robichaud, Y. Rochon, J. de Grandpré, T. von Clarmann, P. Vaillancourt, A. Robichaud, Y. Yang , C. Charrette, M. Charron and A. Kallaur. Coupled chemical-dynamical data assimilation. Final Report of ESA/ESTEC Study Contract 18560/04, 4 December 2007.

## Annexe 2:

Milieu interplanétaire et plasma

- Résumé détaillé en anglais

- Publications

*Contributions from N. Crosby, F. Darrouzet, J. De Keyser, S. Delanoye, M. Echim, E. Gamby, H. Lamy, R. Maggiolo, V. Pierrard, M. Roth, and M. Voiculescu*

### 1. Space Physics: research activities

#### 1.1. Solar wind and interplanetary space

We studied the acceleration process of the solar wind and polar wind by the improvement of our kinetic models. The velocity distribution functions of the particles at different altitudes were obtained as a solution of the Vlasov equation in the regions where collisions are neglected and of the Fokker-Planck equation in the transition region between the collision-dominated and the collisionless regions. The Fokker-Planck and exospheric models that we have developed were presented in STIMM2 meeting in Romania as invited talks. Our kappa exospheric models were also the main topic of a student working team during the STIINTE (“Solar terrestrial interactions instrumentation and techniques”) summer school. The kappa polynomials that were developed to expand the solution of the Fokker-Planck equation were presented in a publication in Journal of Computational and Applied Mathematics in collaboration with Prof. Magnus.

The results of our kinetic models were compared to those obtained with Monte Carlo simulations. In such Monte Carlo simulations, we collaborated with Prof. Barghouthi to introduce the effects of wave-particle interactions in the simulations for the escape of the polar wind. Conics were obtained at high altitude for the positive ions in the polar wind when a velocity and altitude-dependent diffusion coefficient is introduced to simulate the effects of wave-particle interactions. This work led to a publication in JASTP.

Moreover, we studied the effects of the solar activity cycle of 11 years on the observed parameters of the solar wind like the number density, bulk velocity, pressure... and determine their influence on the geomagnetic activity level parametrized by indices like Kp and Dst. Observations between 1949 and 2007 were analyzed in view to determine the influence of the solar activity cycle.

#### 1.2. Magnetospheric physics

##### a) *Prodex/ Cluster*

###### A. Magnetopause studies

###### 1. Empirical reconstruction techniques of the MPBL structure and motion

We have been compiling a short list of interesting magnetospheric boundary layer crossings by Cluster. One of the goals is to identify periods with a quasi-

periodic nature, to which we can apply our two-dimensional reconstruction techniques in the future. Furthermore we have made some initial applications of empirical reconstruction techniques to data from the recent NASA Themis mission, in particular during the initial orbit insertion phase, when the five spacecraft passed through the subsolar magnetospheric boundary in a string-of-pearls configuration.

Using the electric drift (from electric field data) to obtain a proxy for MP/BL motion needed in reconstruction techniques rather than the plasma velocity based on CIS data has not been fully investigated. The plasma velocity appears to be the best proxy for reconstruction techniques of the 2-D MP/BL structure and motion.

We have further refined our new curlometer techniques. We are still evaluating these techniques, so we have not been able to apply them in a systematic way to the magnetopause yet.

## 2. Gradient computation methods

The basic method was published in *Annales Geophysicae* in 2007. It is possible with this method to include geometrical and physical constraints in the gradient calculation, such as the divergence of the magnetic field equal to zero. In the meantime, we have been looking for a more automatic and adaptive version of the algorithm, in which the errors due to non-constant nature of the gradient over the spacecraft configuration are determined automatically. Initial results have been reported at various conferences. We have been investigating several alternative heuristics. We are in the process of evaluating these heuristics, in part by using synthetically generated data for various types of scalar and vector fields, in part by using Cluster plasmasphere observations. Special emphasis is being paid to the incorporation of the divergence-free condition for the magnetic field, which has led to an improved curlometer technique. Some further work has been initiated on the use of geometrical constraints and on deriving calibration information from the gradient analysis.

### B. Plasmapause and plasmasphere studies:

The overall density and magnetic field gradients have been determined for several plasmasphere crossings. The density distribution obtained from Cluster has been compared with density models (empirical) and numerical simulations. This is still work in progress.

We have performed a statistical analysis of plasmaspheric plumes observed by Cluster during 5 years of data. Typical characteristics of the plumes have been reported and comparison between inbound and outbound plume crossings has been done.

A three dimensional physical dynamic model of the plasmasphere has been developed. The core of the plasmasphere is obtained from the kinetic exospheric approach assuming a kappa (or Lorentzian) velocity distribution function for the particles. The relative abundance of trapped particles is constrained in such way

that the equatorial density profiles correspond to Carpenter and Anderson (1992) ISEE observations. The position of the plasmapause is determined by the interchange instability mechanism for the formation of the plasmapause, which is a function of the level of geomagnetic activity. The deformation of the plasmasphere during quiet and disturbed geomagnetic periods has been compared with the results of other plasmaspheric models and observations of IMAGE/EUV and CLUSTER/WHISPER. The observations of CLUSTER were used to determine the position of the plasmapause as well as the number density inside and outside the plasmasphere at different dates. Effects of different electric field models (E5D, Volland-Stern, Weimer) and different mechanisms (interchange instability, last closed streamline) on the position of the plasmapause were studied and compared with observations. Study cases with double plasmapause observations in Cluster measurements were compared with the predictions of numerical modeling. The plasmaspheric wind and its links with polar wind were also analyzed and reviewed.

CLUSTER observations were also used to analyze spatial and temporal characteristics of poloidal waves in the terrestrial plasmasphere in collaboration with S. Schäfer from Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik.

### b) *Electrodynamic Coupling of the Auroral Ionosphere and Magnetosphere (Action 1 project)*

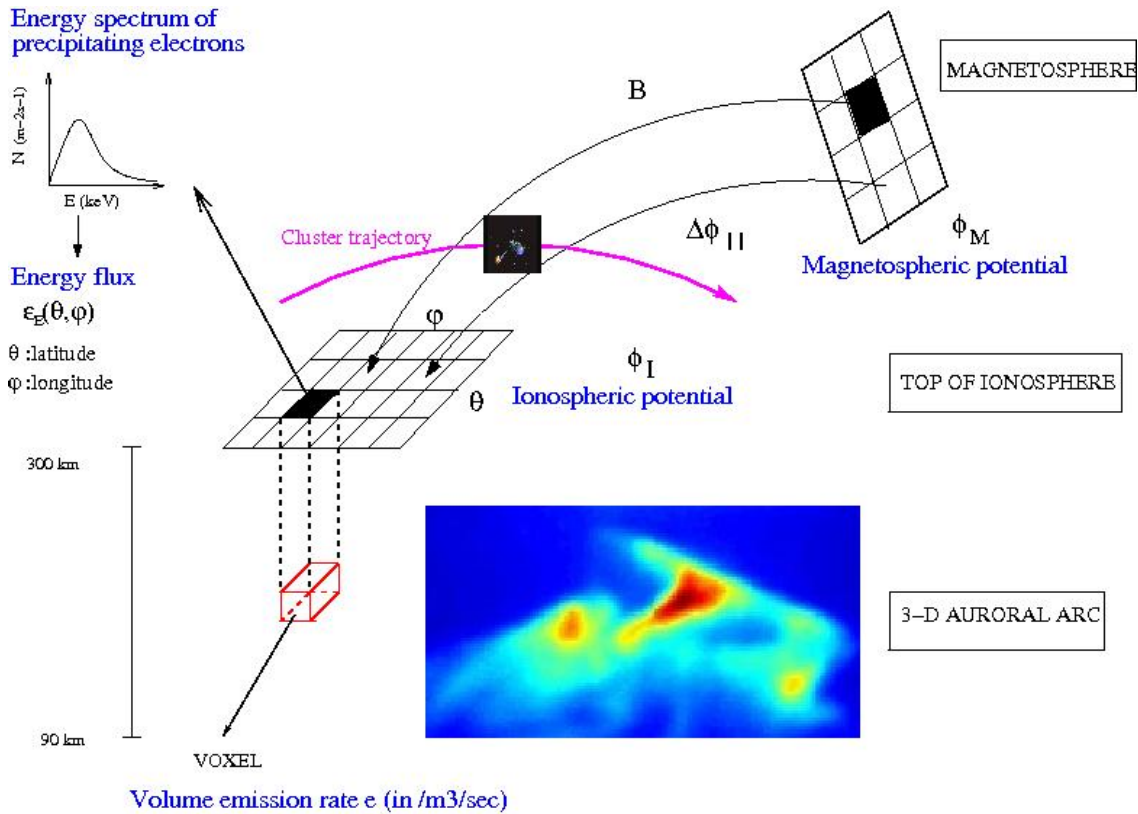
We discuss a model for the quasi-stationary coupling between magnetospheric sheared flows in the dusk sector and discrete auroral arcs, previously analyzed for the case of a uniform height-integrated Pedersen conductivity ( $\Sigma_P$ ). In 2007 we have introduced an ionospheric feedback as the variation of  $\Sigma_P$  with the energy flux of precipitating magnetospheric electrons ( $\epsilon_{em}$ ). One key-component of the model is the kinetic description of the interface between the duskward LLBL and the plasma sheet that gives the profile of  $\Phi_m$ , the magnetospheric electrostatic potential. The velocity shear in the dusk LLBL plays the role of a generator for the auroral circuit closing through Pedersen currents in the auroral ionosphere. The field-aligned current density,  $j_{\parallel}$ , and the energy flux of precipitating electrons are given by analytic functions of the field-aligned potential drop,  $\Delta\Phi$ , derived from standard kinetic models of the adiabatic motion of particles. The ionospheric electrostatic potential,  $\Phi_i$  (and implicitly  $\Delta\Phi$ ) is determined from the current continuity equation in the ionosphere. We obtain values of  $\Delta\Phi$  of the order of kilovolt and of  $j_{\parallel}$  of the order of tens of  $\mu\text{A}/\text{m}^2$  in thin regions of the order of several kilometers at 200 kilometers altitude. The spatial scale is significantly smaller and the peak values of  $\Delta\Phi$ ,  $j_{\parallel}$  and  $\epsilon_{em}$  are higher than in the case of a uniform  $\Sigma_P$ . Effects on the postnoon/evening auroral arc electrodynamics due to variations of dusk LLBL and solar wind dynamic and kinetic pressure are discussed. In thin regions (of the order of kilometer) embedding the maximum of  $\Delta\Phi$  we evidence a non-linear regime of the current-voltage relationship. The model predicts also that visible arcs form when the velocity shear in LLBL is above a threshold value depending on the generator and ionospheric plasma properties. Brighter arcs are obtained for increased

velocity shear in the LLBL; their spatial scale remains virtually unmodified. The field-aligned potential drop tends to decrease with increasing LLBL density. For higher values of the LLBL electron temperature the model gives negative field-aligned potential drops in regions adjacent to upward field-aligned currents.

*c) Inversion methods for ground-based and satellite observations of aurorae (Action 1 project)*

We have developed a very strong collaboration with the Swedish team of the Institute of Space Research in Kiruna. This team is led by Professor Ingrid Sandahl and also includes three experts in auroral tomography. This team is in charge of the Auroral Large Imaging System (ALIS) which is one of the rare systems all over the world able to reconstruct the three-dimensional structure of auroral emissions. ALIS consists of a network of six ground-based stations located near Kiruna and separated by about 50 km. This separation distance is small enough to allow the observation of a common volume of auroral emission located above 100 km altitude. Each station is equipped with a CCD camera of about one million pixels and a field of view of about 57 degrees.

With several inversion techniques, we are currently able to retrieve the energy spectrum of the precipitating electrons and the field-aligned potential distribution from a limited number of auroral arc images obtained simultaneously at different ground-based stations with ALIS. From 2007, we intend to continue our efforts by 1) inverting future data obtained with ALIS during the next three years including data for ALIS/Cluster conjunctions 2) mapping the two-dimensional distribution of the magnetospheric potential 3) using incoherent scatter radar data to determine the ionospheric electrostatic potential 4) implementing a tomography module in the MIM MIM (Manager of Interactive Modules) software. The following figure summarizes the objectives of the project



The 3-D tomographic reconstruction gives the volume emission rate of the blue, green and red lines in each voxel inside the volume of an auroral arc. From that information the inverse model used by Janhunen (2001) retrieves the energy spectrum of precipitating electrons at the top of the ionosphere, and the corresponding energy flux (the integral of the energy spectrum). As this can be done for each voxel, we obtain the energy flux of precipitating electrons in 2-D at the top of the ionosphere as a function of the geographic latitude and longitude. To retrieve a 2-D map of the field-aligned potential drop  $\Delta\phi_{||}$ , we use a non-linear relation between the total energy flux and the field-aligned potential drop (Lundin & Sandahl 1978). By inverting this relation we obtain a 2-D map of the field-aligned potential drop, at least if realistic values for the densities and temperatures of the electrons in the magnetosphere are assumed. Finally it is possible to compute the 2-D distribution of the magnetospheric potential  $\phi_M$  above the acceleration region from the 2-D distribution of the field-aligned potential drop  $\Delta\phi_{||}$ . This can be obtained by solving the 1-D current continuity equation along each latitudinal direction to find the ionospheric potential  $\phi_I$  giving an a priori 1-D distribution of  $\phi_M$ . Because we already know the potential difference,  $\Delta\phi_{||} = \phi_I - \phi_M$ , the a priori distribution of  $\phi_M$  can be improved until the distribution of  $\phi_I$  is optimized. Therefore with this method we obtain both the 2-D distributions of  $\phi_I$  and  $\phi_M$ .

#### d) Study of the F region trough (International S & T cooperation)

From satellite data sampling the top ionosphere in the Northern hemisphere we have identified strong eastward ion drifts, with speeds larger than 1 km/s, widths of  $1^\circ$ – $2^\circ$  occurring at similar temporal and spatial locations as the rapid westward ion drifts known as sub-auroral ion drifts (SAID). We have called these events “abnormal sub-auroral ion drifts” (ASAI). Two events observed in the 20–22

MLT interval are discussed: the first occurring 5 on 21 September 2003 and the other on 12 October 2003. Tomographic reconstructions of the electron density in the F region,

based on satellite data, provided by the Scandinavian tomography chain, were also available. We have observed that ASAlD are accompanied by upward flows with speed of the same order as that of the zonal ion drift. They coincide with deep, narrow troughs in the total ion density both at the altitude of the F15 DMSP satellite (850 km) and in the F region of the ionosphere, but do not seem to be a feature of the convective transport. During the entire duration of ASAlD the electron temperature is very high while, contrary to SAID, the ion temperature has no clear variation. Both events described end up by turning into classical SAID. Satellite data indicate that the generator of ASAlD could be located inside the plasmasphere close to the plasmopause and we suggest a possible mechanism for their formation.

### *e) Prodex/Solar Drivers of Space Weather*

The contribution of the Belgian Institute for Space Aeronomy (BIRA-IASB) group in the overall project (together with ROB and CPA/KULeuven) was focused on the development of software for combined visualization of spacecraft data and model output, and post-processing that information for comparative analysis. The MIM software (Manager of Interactive Modules) at the core of the BIRA-IASB contribution to the project is written in Matlab and creates an interactive and user-friendly environment for the visualization of spacecraft data, for applying data interpretation algorithms, and for performing simulations and comparing their output against observed data.

This year's work included extending the set of reference frames available (you can now transform between GSE, GSM, GEO, SM, ...), improving the graphics substantially (especially allowing the user to interactively modify graphics properties), adding scripts (programs for the MIM programming language), and adding documentation. We have also implemented the concept of "channels" through which MIM accesses local or remote data sources. MIM uses a local cache; if information is not found there, MIM relies on an FTP or HTTP-based protocol to access the relevant data repository on-line (e.g. the Cluster Active Archive). MIM can automatically convert the raw data files to its own preferred format, which is then stored in cache. This establishes a pipeline that allows us to import in a flexible manner the output from spacecraft or from various types of simulation.

Although the Solar Drivers of Space Weather program ended in December 2007, it is our intention to distribute and maintain the MIM software in an organized and efficient way in the future. To this end, we have established MIM software description and software download pages on the European Space Weather portal (<http://www.spaceweather.eu/en/software/mim>). Keeping the software and its documentation up to date will be done within the context of the Solar-

Terrestrial Center of Excellence. The system is set up such that users can post contributed material through the MIM website.

### 1.3. Planetary Science

#### a) *Prodex-Rosina DFMS*

BIRA-IASB has participated in building the DFMS detector, which is an essential element of the ROSINA instrument on Rosetta, now on its way to comet Churyumov-Gerasimenko. During the cruise phase, we try to build up some cometary know-how, although this work is not funded.

From the point of view of the data interpretation tools – which will be necessary once Rosetta arrives near the comet – we have made significant developments. We have improved the numerical techniques used in computing coma chemistry, created software to incorporate spatial information and to compare that with measurements, and we have implemented techniques to estimate the sensitivity of the obtained results relative to the uncertainty in the data and the reaction rates. We are now also able to solve the reverse problem: Given the measured concentrations at some point in the coma, what were the gaz production rates at the source? We have further expanded our chemical reaction databases. In particular, we have completed the set of reactions needed for modeling  $C_2N_2$  and  $HC_3N$  in the coma of comet Halley.

From the scientific point of view, we have focused on the study of the possible relation of  $C_2N_2$  and other molecules with the CN radical in the coma of comet Halley, for which we have Giotto measurements available. We have examined the possible influence of the electron temperature and of a distributed source of CO (which required extensions to the software). In spite of the uncertainties intrinsic in the Giotto data (low count statistics), we have been able to draw some definite conclusions, and we have started writing a paper discussing a possible  $C_2N_2$  source in the nucleus of P/Halley based on Giotto measurements of mass 52 and 53.

#### b) *BepiColombo mission*

At the beginning of 2007, the prospects looked pretty well for our participation in ESA's BepiColombo MPO and JAXA's MMO missions to Mercury. We had started a study of the environment of Mercury in support of the PICAM (on MPO) and MSA (on MMO) mass spectrometers in which we were involved. We were also examining how we could maximize the synergy between Rosetta and BepiColombo work, since in both cases we would be using composition measurements in a tenuous atmosphere to try to infer something about the source surface.



It therefore came as a surprise that Belgium wanted to withdraw from BepiColombo. Our activities in this field abruptly have come to an end, although we hope to revive our involvement in this mission in the future.

#### 1.4. Atmospheric electricity

The CAL (*Coupling of Atmospheric Layers*) EU FP5 Research Training Project, ending in Oct. 2006, concerned the effects of thunderstorms, electrical and space radiation effects in the stratosphere, mesosphere and lower thermosphere. It studied the relation between sprites, jets and elves, also referred to as Transient Luminous Events (TLEs), to various aspects of the atmospheric system and the overall dynamic response of the atmospheric layers to forcing of the mesosphere and lower thermosphere regions by thunderstorm and solar activity. Norma Crosby was involved in this project and, in 2007, has in parallel become involved in two new activities related to CAL:

- Participating in the creation of the European research network (GDRE) entitled “Electromagnetic Coupling of the Atmosphere with near-Earth Space (E-CANES)”.
- “Atmosphere-Space Interactions Monitor” (ASIM) Science Team Member. ASIM is a monitor to be flown on the external pallet of the Columbus module, which is one of the European Space Agency contributions to the International Space Station. ASIM was approved by the Human Spaceflight Programme Board in 2003 and selected by ESA for phase B study in December 2006. *Interactions of sprites and thunderstorms with Earth’s radiation belts* are the BISA science theme interests.

#### 1.5. Inputs to “Space Weather Science” service

Many of the currently used standard models of the solar energetic particle environment were developed based on results published more than 15 years ago. Modern user requirements, as well as recent observational data and scientific advances mean that these standards are currently in need of review and updating. Incorporating recent scientific results and a complete set of well calibrated data the ESA Solar Energetic Particle Environment Modelling (SEPTEM) project is working towards creating new engineering models and tools to address current and future needs. The objectives of the SEPTEM project are to move beyond a model generating only mission integrated fluence statistics to include peak flux statistics, durations of high flux periods and other outputs suitable for SEU rate and radiation background calculations. Databases of ion species and their fluxes will also be integrated into tools for SEU (Single Event Upset) and background calculation so that past events and future scenarios can be simulated. This study is also working to improve existing physics-based shock-acceleration models to predict the expected event-time profiles at non-Earth locations (near-Sun, Mercury, Venus, Mars,...) with a view to obtaining a

new model of helio-radial dependence of events. A further output of SEPEM for the user community will be a user-friendly webserver with access to the models being developed under this project.

The aim of the Martian Radiation Environment Models (MarsREM) project is to provide detailed, extendible and easy-to-use radiation models and engineering tools to predict the Martian radiation environment. BISA has specifically been responsible for 1.) Review existing data and models of galactic cosmic rays, solar energetic particles, solar UV and X-rays, and solar and Jovian electrons for the vicinity of Mars and Martian moons, 2.) Extension of SAPRE to Mars orbits, 3.) Create database of radiation data, and an interface to the database, 4.) Derivation of “standard” spectra or models for use in the radiation transport codes, 5.) Comparison of example spectra with flight data results

## 2. Space Physics: organizational/ educational and outreach

- Activities for the International Heliospheric Year 2007 (Johan De Keyser and Viviane Pierrard are members of the steering committee):
  - Planning the Open Doors Day held in Uccle 6-7 October 2007.
  - Review of & contribution to a planetarium show.
  - Organization of a special session at the Belgian Physical Society (BPS) meeting.
  - Norma Crosby is the Belgian IHY2007 National Coordinator for Education and Public Outreach.
  - Planning Belgian activities, <http://gauss.oma.be/ihy2007>
- Viviane Pierrard, Johan De Keyser and Fabien Darrouzet organized in Brussels on 19-21 September 2007 a workshop about the plasmasphere, with 21 worldwide specialists in the field. The goal was to summarize the main new results obtained with IMAGE, CLUSTER and models. A summary report of this workshop, entitled “The Earth’s plasmasphere. A Cluster, Image and Modelling perspective”, was written and published in EOS (>50000 readers).
- Hervé Lamy organized a meeting at BISA for developing methods and instruments to detect meteors with radio techniques (11 September 2007).
- M.M. Echim was an active member of the organization committee of the COSPAR Capacity Building workshop, STIINTE (“Solar terrestrial interactions instrumentation and techniques”) held in Sinaia, Romania, June 4-13, 2007.
- M.M. Echim was an active member of the organization committee of the second international workshop ‘Solar terrestrial interactions

from microscale to global models', held in Sinaia, Romania, June 14-16 2007.

- Norma Crosby was convener of the Session “ES4 Sharing Education and Outreach Experiences in the Earth- and Space Sciences”, European Geosciences Union, General Assembly 2007, Vienna, Austria, 15-20 April 2007.
- Norma Crosby was co-convener of the session “ES3 Integrating Activities in Environmental Science Education - Approaches and Perspectives”, European Geosciences Union, General Assembly 2007, Vienna, Austria, 15-20 April 2007.
- Norma Crosby was co-convener of the session “ST13 Solar, heliospheric and atmospheric coupling with near-Earth space”, European Geosciences Union, General Assembly 2007, Vienna, Austria, 15-20 April 2007.
- M.M. Echim has become PI of an ESA PECS project (the equivalent of an ESA PRODEX project, but for countries recently members of the EU). This project is made in collaboration with BISA and is devoted to planetary plasma boundary layers.
- Successful introduction of a Trans-National Access (TNA) proposal to use EISCAT facilities to determine the ionospheric potential through drift ion velocities measurements.
- N. Crosby is team member in a an Expression of Interest for Networking Activities within EUROPLANET project in FP7 [ Title: Planetary space weather ].
- N. Crosby was member of the International Advisory Committee of the “Solar Extreme Events 2007 - Fundamental Science and Applied Aspects International Symposium”, Athens, Greece, 24-27 September 2007.
- N. Crosby was convener of the Session “M3 Hazards in Interplanetary Space and on Other Planets: Science, Engineering and Health”, European Planetary Science Congress 2007, Potsdam, Germany, 19 – 24 August 2007.
- N. Crosby is the Belgian representative in the Network of Technical Competences for Space Environments and their Effects (SEENoTC) both in the Steering Board and in the Working Group.
- N. Crosby is the spokesperson for the “Education, Outreach and Defining Users” ESA Space Weather Topical Group, Nov. 2003 - present.
- N. Crosby organized the workshop “Comparing Earth and Venus” given by U.S. colleagues (Ms. Rosalyn Pertzborn and Dr. Sanjay Limaye from the University of Wisconsin–Madison, U.S.A.). The workshop was aimed at Belgian school teachers and held at the Planetarium of the Royal Observatory of Belgium, 25 April 2007.
- N. Crosby organized and gave computer exercise regarding the Sun-Earth. in collaboration with U.S. colleagues (Ms. Rosalyn Pertzborn and Dr. Sanjay Limaye from the University of Wisconsin–

- Madison, U.S.A.) to several classes (middle school children) at the International School of Brussels, 23 April 2007.
- BISA Exhibit (N. Crosby and J. Wera) "BISA in General and BISA Space Weather Services" at RADECS 2007 conference, 10-14 September 2007, Deauville, France.
  - We have written a full Prodex proposal for the space plasma group that was submitted the first week of August (title: Interpretation of magnetospheric data). This proposal was approved end 2007.
  - Solar Terrestrial Center of Excellence (STCE):
    - Refining the work plan and building the budget for 2008
    - Defining the informatics requirements for the space plasma group relative to the resources that will be offered by the STCE guaranteed-service data center and BISA's ICT infrastructure.
  - Johan De Keyser has become vice-president of the Belgium National Committee of Geophysics and Geodesy of the Royal Academy of Sciences (CNBGG)
  - Viviane Pierrard has become member of CNBGG and representative IAGA at IUGG 2007 (Perugia).
  - Viviane Pierrard was Guest editor for a special issue on the polar wind of Journ. Atmosph. Solar-Terr. Phys., 2007.
  - Norma Crosby is member of the editorial board for the journal "Sun and Geospace – the International Journal of research and Applications".
  - Norma Crosby is member of the editorial advisory board for the journal "Space Weather: The International Journal of Research and Applications".
  - Viviane Pierrard was member of jury for the awards of the Société Française de Physique, Paris, 8-6-2007.
  - Viviane Pierrard was also member of jury for the awards of the Belgian Physical Society and convener of the session Astro, geo and plasma physics at the General Scientific meeting of the BPS, University Antwerp, 30-5-2007
  - Viviane Pierrard is member of the steering committee for IYA2009 (International Year of Astronomy), Planetarium, Brussels, 18-6-2007.
  - V. Pierrard was officially designed by rector of UCL as new director of Center for Space Radiations since October 2007.
  - V. Pierrard is assistant Prof. in UCL for the lecture: Physics of the high atmosphere and space.
  - V. Pierrard was member of the jury for the PhD theses of:
    - Valérie Coumans (Promoter : J. C. Gérard, Université de Liège, Belgium, 1-10-2007).
    - Philippe Garnier (Promoter : I. Dandouras, Université Paul Sabatier de Toulouse, France, 3-10-2007, rapporteur).
  - Michel Roth is President of the FNRS board "Astrophysique, Géophysique et dynamique du Climat"

- Participation in ESA Cosmic Vision 2015-2025:
  - Preparatory activities for participation in Cross-Scale in a consortium led by Steve Schwartz (Imperial College, London). Cross-Scale is a mission concept to study the nonlinear coupling of electron, ion and fluid scale processes which control the key plasma phenomena of shocks, reconnection and turbulence. Cross-Scale would comprise up to 12 spacecraft flying in formation in Earth orbit, with separations from 10's of km to more than an Earth radius. Cross-Scale has been selected by ESA's Space Science Advisory Panel to proceed to the Assessment Phase on 18 October 2007.
  - Preparatory activities for participation in WARP (Waves and acceleration of relativistic particles) mission in a consortium led by T. Pulkkinen (FMI, Finland). WARP was not selected by the Solar System Working Group of ESA.
  - Preparatory activities for participation in PHOIBOS M-class mission (Probing Heliospheric Origins with an Inner Boundary Observing Spacecraft) in a consortium led by M. Maksimovic (LEISA, Meudon, France) and Marco Velli (University of Firenze, Italy and JPL, USA). PHOIBOS was not selected by the Solar System Working Group of ESA but has received a special recommendation from SSWG that noted the excellent science of PHOIBOS and recommended that ESA 'identifies potential European contributions to a solar probe (PHOBOIS type mission), including the study of sub-systems'.
- We have hired Dr. Romain Maggiolo to work on Cluster project (from 1 September 2007).
- Dr. M. Voiculescu, Department of Physics, University of Galati, Romania, terminated her first 6-months period (1 May- 31 October 2007) on the project "Study of the F-region trough". A first report was finalized and a paper was submitted to Annales Geophysicae. This project is funded by the Belgian Federal Science Policy Office in the framework of the International S & T cooperation.
- The team has been active in presenting several oral invited talks in various international meetings and conferences. Numerous oral talks and posters were also presented during these events.
- Various people of the space plasma group were active as referees for Annales Geophysicae, JGR-Space Physics, Geophysical Research Letters,....
- The team invited several internationally recognized scientists:
  - Prof. Walter Heikkila, University of Texas, Dallas, USA. Discussions concerning the physics of the magnetopause, January 2007.

- Prof. Leila Akhmadeeva from the Department of Neurology, Bashkir State Medical University, Ufa, Russia who gave the talk "Headaches in Space and on Earth", Thursday 30 August 2007.
- Dr. Romain Maggiolo, Monday 25 June 2007 who gave the talk "Ionospheric ion outflows above the polar caps: CLUSTER results."
- Mr. Gabriel Voitcu, Institute for Space Sciences, Bucharest, Romania spent 3 weeks (19 November – 7 December) to develop numerical simulations with test-particles for the investigation of non-gyrotropic distribution functions.
- Ms. Natasha Romanova, Institute of the Physics of the Earth, Moscow, Russia, spent two months (4 Oct.-4 Dec. 2007) visiting BISA as part of her INTAS Ph.D. fellowship. On 29 Nov. 2007 she gave the seminar "Partial Least Squares Model for the Prediction of Magnetospheric Relativistic Electron Dynamics".
- Dr. Isabel Braun, Max-Planck-Institut fuer Kernphysik, Heidelberg, Germany, gave the seminar "Probing the first and the last steps of a Cosmic Ray's journey", 5 Oct. 2007.

### 3. Publications

#### *a. In international refereed journals/books*

- Published

1. Barghouthi I. A., N. M. Doudin, A. A. Saleh and V. Pierrard, High-altitude and high latitude O<sup>+</sup> and H<sup>+</sup> outflows: The effect of finite electromagnetic turbulence wavelength, *Annales Geophysicae*, 25, 2195-2202, 2007. ([www.ann-geophys.net/25/2195/2007/](http://www.ann-geophys.net/25/2195/2007/)).
2. Chanrion O., Crosby N.B., Arnone E., Boberg F., Van der Velde O., Odzimek A., Mika A., Enell C.-F., Berg P., Ignaccolo M., Steiner R., Laursen S. and Neubert T., "The EuroSprite2005 Observational Campaign: an example of training and outreach opportunities for CAL young scientists", *Advances in Geosciences*, 13, 3-9, 2007.
3. Crosby N.B. and Rycroft M., "Solar, heliospheric and external geophysical effects on the Earth's environment: scientific and educational initiatives", *Advances in Geosciences*, 13, 1-1, 2007.
4. Crosby N., Krasotkin S., Haubold H., "University Satellites and Space Science Education Symposium", *Eos Trans., AGU*, 88(15), 172, 2007.
5. Darrouzet, F., Study of the terrestrial magnetosphere by multipoint data analysis with the CLUSTER mission. Contributions to the characterization of boundary layers and of the inner

- magnetosphere, *Planet. and Space Sci.*, 55(4), 528-529, doi:10.1016/j.pss.2006.11.002, 2007.
6. De Keyser, J., Darrouzet, F., Dunlop, M. W., and Décréau, P. M. E., Least-squares gradient calculation from multi-point observations of scalar and vector fields: Methodology and applications with Cluster in the plasmasphere, *Ann. Geophys.*, **25**, 971-987, 2007.
  7. De Keyser, J., Darrouzet, F., and Pierrard, V., A new perspective on the Earth's plasmasphere, *EOS Transactions of the AGU*, 88(48), 524, 2007.
  8. Delanoye, S.N. and J. De Keyser, Comets and chemical composition. *Space Science Reviews*, 130(1-4):73-78, doi:10.1007/s11214-007-9210-6, 2007.
  9. Echim, M.M., Roth, M., and J. De Keyser, Sheared magnetospheric plasma flow and discrete auroral arcs: a quasi-static coupling model, *Annales Geophysicae* 25, 317-330, 2007.
  10. Echim, M.M. and H. Lamy, Energy transfer in the solar wind-magnetosphere: Long-term fluctuations and intermittency, *Advances in Space Research*, Volume 40, Issue 7, p. 1095-1104, September 2007.
  11. Echim, M.M., H. Lamy, H, and T. Chang, Multi-point observations of intermittency in the cusp regions, *Nonlinear Processes in Geophysics*, Volume 14, Issue 4, 2007, pp.525-534, August 2007.
  12. Grimald, S., Décréau, P. M. E., Canu, P., Suraud, X., Vallières, X., Darrouzet, F., and Harvey, C. C., A quantitative test of Jones NTC beaming theory using Cluster constellation, *Ann. Geophys.*, **25**, 823-831, 2007.
  13. Magnus A. P. and V. Pierrard, Formulas for recurrence coefficients of orthogonal polynomials related to Lorentzian-like weights, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, doi: 10.1016/j.cam.2007.05.011, 2007.
  14. Pierrard V., G. V. Khazanov, and J. F. Lemaire, Current-voltage relationship, *J. Atmosph. Sol. Terr. Phys.*, Special issue on the polar wind, 2048-2057, doi: 10.1016/j.jastp.2007.08.005, 2007.
  15. Schäfer S., K. H. Glassmeier, P. T. I. Eriksson, V. Pierrard, K. H. Fornacon, and L. G. Blomberg, Spatial and temporal characteristics of poloidal waves in the terrestrial plasmasphere: A CLUSTER case study, *Annales Geophys.*, 25, 1011-1024, 2007.
  16. Tam S. W. Y., T. Chang, and V. Pierrard, Kinetic modeling of the polar wind, *J. Atmosph. Sol. Terr. Phys.*, Special issue on the polar wind, 1984-2027, doi: 10.1016/j.jastp.2007.08.006, 2007.

- Accepted/in press

1. Crosby N.B. and E.S. Babayev, "Balkan, Black Sea and Caspian Sea Regional Network on Space Weather Studies and "Sun and

Geosphere" - the International Journal of Research and Applications", Eos Trans., AGU.

2. Crosby N.B. and Babayev E.S., "Promoting Space Weather Studies in Eastern Europe and Western Europe" Eos Trans., AGU, Vol. 89, Nr. 15.
3. Crosby N.B., V. Bothmer, R. Facius, J.-M. Griessmeier, X. Moussas, M. Panasyuk, N. Romanova, and P. Withers, "Interplanetary Space Weather and its Planetary Connection" meeting report, AGU Space Weather Journal, Vol. 6, No. 1, S01003
4. De Keyser, J., Empirical Reconstruction, in: Analysis Methods for Multi-spacecraft data, an Update (ed. G. Paschmann), chapter 9, Space Science Series of ISSI, ISSI, Bern.
5. Echim, M.M., M. Roth, and J. De Keyser, Ionospheric feedback effects on the quasi-static coupling between LLBL and post noon/evening discrete auroral arcs, *Annales Geophysicae*.
6. Pierrard V., G. Khazanov, J. Cabrera and J. Lemaire, Influence of the convection electric field models on predicted plasmopause positions during the magnetic storms, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2007JA012612, 2007.
7. Voiculescu, M. and M. Roth, Eastward subauroral ion drifts or ASAD, *Annales Geophysicae*.

- Submitted

1. Barghouthi I. A., N. M. Doudin, A. A. Saleh and V. Pierrard, The effect of altitude and velocity dependent wave-particle interactions on the H<sup>+</sup> and O<sup>+</sup> outflows in the auroral region, *Journal of Atmospheric and Solar - Terrestrial Physics*, submitted, 2007.
2. Crosby N.B. and E.S. Babayev, "Balkan, Black Sea and Caspian Sea Regional Network on Space Weather Studies and "Sun and Geosphere" - the International Journal of Research and Applications", Eos Trans. AGU Journal, submitted, 2007.
3. El-Lemdani Mazouz, F., Rauch, J. L., Décréau, P. M. E., Vallières, X., Canu, P., Darrouzet, F., and Suraud, X., Wave emissions at half electron gyroharmonics in the plasmasphere region: CLUSTER observations and statistics, *Adv. Space Res.*, submitted, 2007.
4. Lemaire J. and Pierrard V., Comparison between two mechanisms for the formation of the plasmopause and relevant observations, *Annales Geophysicae*, submitted, 2007.
5. Maggiolo, R., J.-A. Sauvaud, I. Dandouras, R. Lucek and H. Rème, A case study of dayside reconnection under extremely low solar wind density", *Annales Geophysicae*, submitted, 2007.
6. Romanova N., V. Pilipenko, N. Crosby, and O. Khabarova, "ULF wave index and its possible applications in space physics", *Bulgarian Journal of Physics*, submitted, 2007,



## *b. In non refereed journals*

- International: published

1. Darrouzet, F., Magnétosphère Terrestre et Mission CLUSTER, *Le Mensuel de l'Université*, <http://www.lemensuel.net/Magnetosphere-Terrestre-et-Mission.html>, Février 2007.
2. Pierrard V., Physique et société: la Belgique, Actes du congrès Nord-Sud sur la recherche et l'enseignement en physique, HAL-IN2P3, CNRS, p. 83-84, 194p., in2p3-00179517, [fr.arXiv.org/physics/arxiv:0711.0845](http://fr.arXiv.org/physics/arxiv:0711.0845), 2007.

- International: submitted

1. Crosby N., "Solar Extreme Events 2005-2006: Scientific, Technological and Biological Issues", "Solar Extreme Events 2007 - Fundamental Science and Applied Aspects International Symposium", Athens, Greece, 24-27 September 2007, submitted.
2. Delanoye, S.N. and J. De Keyser, 'Rosetta/ROSINA and chemistry in a cometary coma', ESO Astrophysics Symposia, submitted, 2007.

- National: published

1. De Keyser, J. and V. Pierrard, Wat heeft de heliosfeer te maken met de Aarde? – Le lien entre l'héliosphère et la Terre: Recherche magnétosphérique à l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique, *Space Connection*, 61:8-11, 2007.
2. Lamy H., Applications de la tomographie aux sciences spatiales, *Ciel et Terre*, 123/1, 9-23, 2007.
3. Pierrard, V. L'année Héliosphérique Internationale, *Ciel et Terre*, 123, 3, 79-81, 2007.

## *c. Others*

1. Bertrand D., Cyamukungu M. and V. Pierrard, EPT top-level requirement review, ESA Technical Note 1.1, Contract 20294/06/NL/JD, CSR and IASB, 35p., 2007.

### 4. Participation to international conferences and workshops

The team members participated to several international conferences and workshops where they contributed by giving a large number of presentations as invited talks, oral talks and posters.

## 5. Award

The poster that the young Romanian scientist Gabriel Voitcu presented at the 2008 EGU meeting won the prize for the Young Scientist Outstanding Poster Paper. G. Voitcu worked at BISA for one month in 2007 and the results he presented at EGU were obtained in close collaboration with Marius Mihai Echim from our Space plasma department (co-author of the poster).

Poster title: "Investigation of anisotropic velocity distribution functions using numerical solutions of the stationary Vlasov equation"  
[http://www.copernicus.org/EGU/awards/download/poster\\_voitcu.pdf](http://www.copernicus.org/EGU/awards/download/poster_voitcu.pdf)