


A vertical orange line is positioned to the left of the text. The background is a photograph of Earth from space, showing the blue atmosphere and white clouds against the blackness of space. A bright sun is in the upper left corner, creating a lens flare effect with several white and blue circular spots.

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

Activiteitenverslag 2007

Voorwoord	p. 4
Deel 1: Activiteiten	
1.1. Scheikunde en fysica van atmosferen	p. 7
1.2. Fysica van ruimteplasma's	p. 22
1.3. Engineering	p. 28
1.4. B.USOC	p. 32
Deel 2: Werking	
2.1. Personeel - Structuur	p. 35
2.2. Communicatie	p. 38
2.3. Budget	p. 42
2.4. ICT	p. 44
Publicaties	p. 46
Doelstellingen voor 2008	p. 47
Bijlagen	
Bijlage 1: Scheikunde en fysica van atmosferen	
- Uitvoerig verslag in het Engels	p. 50
- Publicaties	
Bijlage 2: Fysica van ruimteplasma's	
- Uitvoerig verslag in het Engels	p. 99
- Publicaties	

Voorwoord

Het BIRA mag voor het jaar 2007 terugkijken op een jaar van belangrijke realisaties, zowel op het vlak van onderzoek, als op het vlak van aanverwante wetenschappelijke diensten.

We zijn ons terdege bewust van de stijgende onrust die bestaat binnen onze maatschappij, ten gevolge van verontrustende natuurverschijnselen, zoals de opwarming van de Aarde, de steeds toenemende vervuiling en het ozongat. Deze verschijnselen hebben zowel de publieke opinie, als de beleidsmakers gesensibiliseerd tot het nemen van concrete maatregelen om deze trend onder controle te krijgen en onze toekomst veilig te kunnen stellen.

Het BIRA is zeker niet zomaar voorbijgegaan aan deze evolutie en heeft binnen zijn activiteiten in verband met de fysica van ruimte plasma's en in verband met de scheikunde en fysica van neutrale atmosferen de focus gericht op volgende thema's.

Ruimtefysica (Space Physics) bestudeert de verschillende plasma's die optreden binnen de heliosfeer: de zonnecorona als bron van de zonnewind, de verschillende gebieden van de Aardse magnetosfeer en de ionosfeer, de magnetosferen en ionosferen van de andere planeten in ons zonnestelsel en de komeet- en stofplasma omgevingen. Een essentieel aspect van deze studie richt zich op het begrijpen van de interactiemechanismen die bestaan tussen deze verschillende gebieden. Bijzondere aandacht wordt daarom geschonken aan de zonnewind en het interplanetaire magnetische veld, aangezien het vooral deze fenomenen zijn die de eigenschappen en de dynamiek van deze plasma gebieden bepalen.

Atmosferische bronnen en poelen (Atmospheric Sources and Sinks) legt de focus op het onderzoek naar de interactie tussen de Aardse atmosfeer en de naburige 'sferen' (hydrosfeer, biosfeer, antroposfeer). Het betreft hier allerhande antropogene emissies en hun bestemming in de Aardse atmosfeer. Belangrijke thema's zijn broeikasgassen, de link naar het klimaat en de interactie tussen oppervlak, biosfeer en atmosfeer. De focus ligt hierbij vooral op de troposferische scheikunde.

Atmosferische reactieve gassen (Atmospheric Reactive Gases) bestudeert de samenstelling van de atmosfeer als een gevolg van de scheikundige en dynamische processen die plaatsvinden in de atmosfeer. Stratosferisch ozon en ozonafbrekende substanties zijn belangrijke onderzoeksthema's, net zoals andere reactieve gassen die de luchtkwaliteit beïnvloeden.

Zonnestraling in planetaire atmosferen (Solar Radiation in Planetary Atmospheres) bestudeert het elektromagnetische zonnestralingsveld, hoe het zich voortplant door een atmosfeer en haar interactie met de Aardse en andere

planetaire atmosferen. Hieronder valt ook het principe van de 'remote sounding', een door alle groepen gebruikte waarnemingstechniek. Deze afdeling omvat verder ook het algemeen onderzoek naar de scheikunde en dynamica van planetaire atmosferen.

Wetenschappelijke diensten (Scientific Services) houdt zich bezig met de ontwikkeling van naar gebruikers georiënteerde onderzoekstoepassingen. Het omvat ook operationele activiteiten, zoals ondersteuning voor ruimtemissies. Deze afdeling moet onophoudelijk terugkoppelen naar gebruikers en naar de 4 andere onderzoeksafdelingen, om zo ononderbroken diensten te ontwikkelen, te valideren en te verbeteren.

Het instituut richt zich binnen deze domeinen op de ontwikkeling van globale modellen, ook ter ondersteuning van lokale noden. Deze modellen zijn, door hun steeds toenemend interdisciplinair karakter, vaak gekoppeld aan dynamische en meteorologische modellen.

De voornaamste realisaties voor 2007 vatten we als volgt samen.



- Consolidatie van de strategische doelstellingen van het BIRA.

- Opstarten van het 'Solar-Terrestrial Center of Excellence'-project, in samenwerking met het Koninklijk Meteorologisch Instituut en de Koninklijke Sterrenwacht van België, voor het onderzoek van de Zon en haar invloed op de Aarde.

- Samenwerkingsakkoord met China binnen het domein van het atmosferisch onderzoek, meer specifiek voor de luchtkwaliteit. Hierbij zal het BIRA zijn wetenschappelijke kennis en grondinfrastructuur ter beschikking stellen, terwijl China zijn lokale metingen en Chinese satellietresultaten zal overmaken aan het BIRA. Dankzij deze aanvulling kunnen we onze modellen sterk verbeteren. De hoogste vertegenwoordigers van de betrokken partijen ondertekenden dit akkoord naar aanleiding van de Prinselijke Missie in november 2007.

- Voorbereidende activiteiten voor de lancering van COLUMBUS naar het Internationaal Ruimtestation, met aan boord 2 experimenten waarvoor het BIRA de verantwoordelijkheid draagt (SOLAR en PCDF).

- Management van het 'PICARD Mission Control Center'.

- Opzetten van een gestructureerde 'productportfolio' voor het leveren van wetenschappelijke diensten naar de verschillende gebruikers toe.
- Belangstelling van NASA voor het SOIR-instrument aan boord van hun SCOUT-missie naar Mars, als gevolg van het succes van het Belgische experiment aan boord van de 'Venus Express'-ruimtemissie. Voorbereidende ontwikkelingsactiviteiten moeten de risico's naar realisatie miniseren.
- Verdere positionering van het BIRA binnen het Europese GMES- programma via de eerste oproep tot voorstellen van het FP7-'Space Call'-programma.
- Een stevige groei van het instituut als gevolg van al deze activiteiten binnen het wetenschappelijk onderzoek en de wetenschappelijke dienstverlening.

Naast dit alles konden de ondersteunende diensten zoals engineering, program management, externe communicatie, ICT, administratie en HRM, hun taak - dankzij de reorganisatie - verder optimaliseren naar de nieuwe noden van het instituut.

Verder organiseerde het BIRA nog meer opleidingen voor wetenschappers en wonnen deze aan professionaliteit. Bijgevolg zagen nog meer interdisciplinaire projecten het licht, breidden partnerschappen en netwerken zich uit, zodat onze mensen verder konden werken aan de verbetering van de kwaliteit, de relevantie en de competitiviteit van het onderzoek.

Al deze wetenschappelijke dienst- en onderzoeksactiviteiten, evenals educatieve, culturele, administratieve, economische programma's en resultaten, maken van het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie een gerenommeerd internationaal centrum. Dit is enkel realiseerbaar dankzij het enthousiasme en de inzet van de bijna 150 personeelsleden, de niet aflatende steun van het Federaal Wetenschapsbeleid, de Nationale Loterij en de betrokken ministers en administraties.

Noël PARMENTIER

Deel 1: Activiteiten

1.1 Scheikunde en Fysica van atmosferen

Een groot deel van de wetenschappelijke activiteiten van het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA) hebben betrekking op het uitvoeren van onderzoek naar de chemie en fysica van planetaire atmosferen en van de aardatmosfeer in het bijzonder. Drie belangrijke aspecten van dit onderzoek zijn: (a) het doen van waarnemingen, (b) de verwerking en analyse van de verkregen meetgegevens met behulp van wiskundige methoden en (c) het bouwen van numerieke modellen voor de aard- en planeetatmosferen. Om dit te realiseren investeert het instituut enorm in de ontwikkeling van nieuwe instrumenten en analysetechnieken. Daarbij wordt ook de expertise in laboratoriumexperimenten verder ontwikkeld, enerzijds ter ondersteuning van de atmosferische waarnemingen en anderzijds ter verbetering van de computermodellen. Ten slotte werkt ons instituut actief aan de uitbouw van een aantal dienstverlenende activiteiten, met als doel haar resultaten ter beschikking te stellen van externe gebruikers.

1.1.1 Atmosferisch onderzoek

Meetplatformen

Het BIRA heeft, in het kader van het **NDACC** (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change), toegang tot vier grondobservatoria. Dit netwerk bestaat uit 70 teledetectiestations uitgerust voor het waarnemen van de stratosfeer en de hogere troposfeer. Met dit netwerk wil men het inzicht in de fysica en de scheikunde van de aardatmosfeer bevorderen en de impact ervan op het wereldklimaat evalueren.

Het BIRA speelt een actieve rol in dit netwerk en doet metingen vanaf vier Europese stations: Harestua (60°N) in Noorwegen, Jungfrauoch (46°N) in de Zwitserse Alpen, Observatoire de Haute Provence in Zuid-Frankrijk (44°N) en Ile de La Réunion (21°S) in de Indische Oceaan. Tegelijkertijd is het BIRA medevoorzitter van de UV-Vis-, Infrarood- en Satelliet-werkgroepen en lid van de stuurgroep.

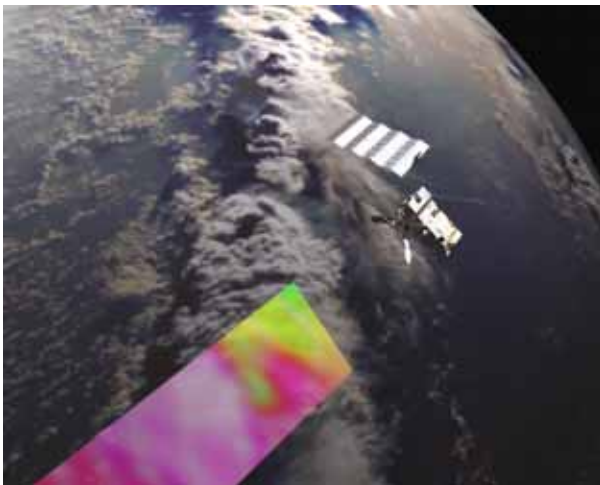
Het BIRA is eveneens een actieve partner op het gebied van de analyse van meetgegevens afkomstig van de ruimte-instrumenten **GOME**, **GOMOS**, **SCIAMACHY**, **MIPAS**, **OMI** en **IASI**. Het GOME-instrument is een onderdeel van de European Space Agency (ESA) ERS-2 satelliet, gelanceerd in 1995. De GOMOS, MIPAS en SCIAMACHY-instrumenten bevinden zich aan boord van de grote ESA satelliet ENVISAT, gelanceerd in maart 2002. OMI is een naar het nadir gerichte beeldvorming spectrograaf aan boord van de ESA AURA satelliet en IASI is een infrarood spectrometer aan boord van METOP.

SCIAMACHY is een Duits-Nederlands-Belgisch instrument, waarvan het BIRA alle aspecten van de opvolging verzekert, gaande van het wetenschappelijke programma tot het volgen van het instrument in haar baan.

GOME en SCIAMACHY zijn beide spectrometers, gericht naar het nadir, die het door de atmosfeer verstrooide zonlicht meten, binnen een golflengtegebied dat zich uitstrekt van het ultraviolet (UV) tot het nabije infrarood (IR). BIRA wetenschappers zijn lid van de GOMOS- en SCIAMACHY-Quality-Working-Groups.

De GOMOS spectrometer is ontworpen voor het meten van verticale ozonprofielen, via de techniek van sterbedekkingen door de aarde. MIPAS ten slotte brengt een hele reeks spoorgassen, zoals industriële vervuilers en broeikasgassen, in kaart.

Spoorgassen



Ozon. Het ozongas, dat van nature gevormd wordt in de stratosfeer, absorbeert een groot deel van de gevaarlijke ultraviolette straling (UV) van de Zon en biedt hierdoor een belangrijke bescherming aan het leven op Aarde. De ozon in de troposfeer daarentegen is een zogeheten secundaire vervuilende stof, die wordt gevormd dicht bij het aardoppervlak door inwerking van de zonnestralen op primair vervuilende precursoren. Troposferisch ozon heeft een giftig effect op mensen,

dieren en planten.

Het onderzoek naar stratosferisch ozon op het BIRA gaat terug tot de jaren 1970. Het instituut slaagde er toen als eerste in om waterstofchloride in de stratosfeer te meten met behulp van stratosferische ballonnen. Tot op de dag van vandaag blijft het BIRA sterk betrokken bij het onderzoek naar de evolutie van de ozonlaag. Belangrijke activiteiten in dit verband zijn: (a) langetermijnmetingen van zowel troposferische en stratosferische ozon, (b) modellering van de stratosferische ozonlaag en (c) het maken van, op dit model gebaseerde, kortetermijnvoorspelling over het gedrag van de ozonlaag.

Als voorbeeld hiervan vermelden we het op het instituut ontwikkeld GODFIT-algoritme dat door ESA zal worden geïmplementeerd in haar operationele dataprocessor voor GOME (GDP5).

Verschillende BIRA-teams zetten de reeds lang lopende waarnemingen verder van **UV-Vis-observaties** in de drie eerstgenoemde grondstations, met behulp

van **DOAS- en MAXDOAS**-instrumenten. De DOAS-techniek (Differential Optical Absorption Spectroscopy), een internationaal erkende specialiteit van het instituut, laat toe om de totale-kolom-hoeveelheden van sporgassen in de atmosfeer te bepalen. Dit gebeurt op basis van metingen van de intensiteit van elektromagnetische straling in verschillende spectrale intervallen. Voor de analyses van die spectrale gegevens wordt het WinDOAS-algoritme gebruikt, dat werd ontwikkeld binnen het BIRA en nu wordt gebruikt door een groot aantal NDACC partners. Dit algoritme werd geïmplementeerd in een software product (QDOAS) dat draait onder verschillende computersystemen (Linux, Windows, enz.). Het WinDOAS-algoritme wordt continu verder verfijnd en aangepast aan de recente wetenschappelijke ontwikkelingen.

Tijdreeksen van de totale-kolom-hoeveelheden van **BrO**, gemeten boven Harestua en boven Lauder (45°S, Nieuw-Zeeland) sinds 1995, hebben voor het eerst de experimentele bevestiging geleverd voor de **afname van inorganisch broom in de stratosfeer**, een gevolg van de inwerking treding van het Protocol van Montréal. Er is ook aangetoond dat verticale profielen van BrO in de stratosfeer en van **NO₂** in de troposfeer kunnen afgeleid worden uit respectievelijk de NDACC DOAS en MAXDOAS-metingen.

In 2007 analyseerde het BIRA eveneens de gegevens voor ozon afkomstig van alle NDACC-FTIR-stations in Europa, in het kader van het EU-project **UFTIR**. Er is aangetoond dat de tijdsreeksen van verticale ozonprofielen, gemeten binnen dit project, wel degelijk informatie leveren over **ozontrends** in de troposfeer, de lage en middenstratosfeer en de hogere stratosfeer tot 40 km hoogte.

Wetenschappers van het BIRA blijven nauw betrokken bij de verbetering van de algoritmes om geofysische parameters zoals de concentraties van sporgassen zoals **ozon, stikstofdioxide, formaldehyde, broomoxide**, enz., evenals van **aerosolen**, af te leiden uit de spectrale data, hun validering en interpretatie.

De gegevensreeks afgeleid uit GOME en SCIAMACHY bestrijkt nu meer dan 10 jaar en heeft toegelaten om de inventarissen van emissies van **NO_x** en vluchtige organische stoffen, afkomstig van **biogene emissies** zoals verbranding van biomassa, te verbeteren en hun evolutie te beschrijven. Spectrale gegevens van de satellietinstrumenten **GOME-2** (in het UV en zichtbare licht) en **IASI** (in het infrarood) aan boord van METOP, en **OMI** aan boord van Aura zetten deze gegevensreeksen verder.

Binnen het instituut worden voornoemde satellietgegevens ook gebruikt voor de opvolging van **vulkanische emissies (SO₂)**. SO₂ is de voornaamste bron van stratosferische aerosols, nu al jaren een ander expertisedomein van het BIRA. Deze fijne zwevende druppeltjes spelen een cruciale rol in de stralingsbalans van de Aarde, al naargelang de stratosferische aerosollaag de straling absorbeert of weerkaatst.

Projecten

De Volcanic Ash Advisory Centres (VAAC) gebruiken het op het BIRA ontwikkelde waarschuwingssysteem om luchtvaartmaatschappijen te informeren over mogelijke gevarenczones. Dit kadert binnen **GLOBVOLCANO**, een aardobservatieproject via satelliet voor de ondersteuning van vulkaanwaarnemingen en andere diensten voor de bescherming van de lokale bevolking. Het voornaamste doel van dit toezichtnetwerk is vooral preventief, met als bedoeling het snel waarschuwen van de bevolking voor de gevaren verbonden aan een opflakking van vulkanische activiteit of van een dreigende uitbarsting.

Aansluitend hierbij zetten de medewerkers van het project **NOVAC** een netwerk van grondwaarnemingen op om vulkanische activiteit te bestuderen. Voor de afleiding van concentratieprofielen van atmosferische chemische componenten uit de IASI-nadir-spectra werd het, aan het BIRA ontwikkelde, ASIMUT-algoritme geoptimaliseerd en gevalideerd. De eerste succesvolle toepassing ervan was de bepaling van methaanconcentraties uit IASI-spectra boven Ile de La Réunion.

SCISAT is een Canadese satelliet voor de observatie van de Aardse atmosfeer, met aan boord de instrumenten **ACE-FTS** en **ACE-MAESTRO**. ACE-FTS is een Fourier Transform Spectrometer, waarnemend in het infrarood spectrum, en waarbij de atmosfeer wordt gescand via de techniek van zonbedekking door de aarde (zonne occultatietechniek). ACE-MAESTRO meet de aerosol extinctie in de stratosfeer en troposfeer. Op deze manier bekomt men verticale profielen met hoge spatiale resolutie, gaande van de mesosfeer over de stratosfeer tot aan de hogere troposfeer. Uit de opgemeten extinctieprofielen kunnen de temperatuur en concentraties van **spoorgassen** en **aerosolen** worden afgeleid.

Het BIRA leverde een belangrijke bijdrage tot de **validering van de ACE**-gegevens. Dit gebeurde door vergelijking met andere onafhankelijke gegevens, afkomstig van grondwaarnemingen en van satellietobservaties (o.a., GOMOS). Daarnaast wordt in het instituut verder gewerkt aan een algoritme om verticale temperatuurprofielen af te leiden uit de gegevens van de ACE-instrumenten.

Verder was er in 2007, van mei tot en met oktober, een campagne van waarnemingen met **FTIR-spectrometrie** (Fourier Transformatie in het Infrarood) in **St. Denis, Ile de La Réunion**. Deze campagne heeft interessante resultaten opgeleverd betreffende een groot aantal troposferische en stratosferische moleculen waaronder ozon, HCl, HF, HNO₃, methaan (CH₄) en zijn isotoop CH₃D, formaldehyde, koolstofmonoxide en ethaan. De analyses van CH₃D en formaldehyde zijn niet triviaal. Deze laatste gebeuren in het kader van het nationaal project **AGACC** dat streeft naar een meer geavanceerde exploitatie van de spectrale grondwaarnemingen die gebeuren binnen NDACC. In diezelfde context zijn BIRA-wetenschappers er in geslaagd formaldehyde ook af te leiden uit MAXDOAS-spectra genomen in Brussel in 2006 en in St. Denis in 2004

tijdens campagnes met gelijktijdige FTIR- en MAXDOAS-waarnemingen. Er is een goede overeenkomst gevonden tussen de FTIR- en MAXDOAS-resultaten enerzijds, en overeenkomstige gegevens voor formaldehyde afgeleid door BIRA met de DOAS-techniek uit SCIAMACHY- spectra anderzijds. In het AGACC-project is ook een aanvang gemaakt met de ontwikkeling van een MAXDOAS-instrument en bijhorend algoritme voor de meting van optische eigenschappen van **aerosolen in de troposfeer**.

Vanaf februari 2007 ondersteunde het Europees Integrated Project **GEOmon** de NDACC-waarnemingen van het BIRA. De waarnemingsresultaten, evenals de hiervoor genoemde QDOAS-software, werden opgeleverd aan het GEOmon-consortium. Het project levert een belangrijke bijdrage tot de voorbereiding van de operationele **GMES** (Global Monitoring voor Environment and Security) in die zin dat het de snelle oplevering van in-situ data en het beheer ervan vorm geeft. Naast zijn taken als partner heeft het BIRA in dit project belangrijke verantwoordelijkheden opgenomen, als leider van de activiteiten rond 'Stratosferisch ozon en klimaat', maar ook als lid van het Databeheerscomité en van het Uitvoerend Comité. Het BIRA was verantwoordelijk voor een werkpakket dat de integratie van grond-, en satellietwaarnemingen bestudeert (zie verder: 'Synergie tussen waarnemingen en modellering') en nam deel aan de tweede **SAUNA**-campagne in Sodankyla (67°N, Finland) met verschillende MAXDOAS-instrumenten. Het instituut leverde in dit kader ozondata afkomstig van SCIAMACHY. De bedoeling van deze campagnes is de beste waarnemingstechniek en het optimale algoritme te bepalen voor de meting van ozon op hoge breedtegraad en bij lage zonnestand. De evaluatie van de resultaten van dit onderzoek is nog aan de gang.

Bovendien is het BIRA partner in het EU-project **AMFIC** dat eind 2007 startte en dat streeft naar de ontwikkeling van een geïntegreerd systeem voor observatie en voorspelling van troposferische vervuilers in China. Het BIRA levert satellietdata voor SO₂, formaldehyde en NO₂ gemeten boven China en bereidt grondwaarnemingen voor van dezelfde species met een MAXDOAS-instrument dat in 2008 in Peking zal geïnstalleerd worden.

Begin 2007 ging ook het **IMPECVOC**-project van start waarbij onderzoek wordt verricht naar de emissies van vluchtige organische stoffen uit bladeren van typische boomsoorten die voorkomen in België. Dit project is een samenwerking met de Universiteit Gent en met de Landbouwfaculteit van Gembloux.

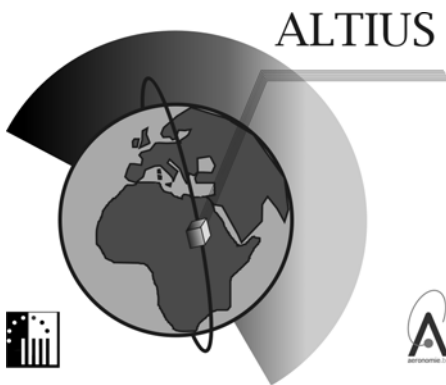
Om tot een kwantitatieve bepaling van de geëmitteerde biogene vluchtige organische stoffen te komen maakt het BIRA gebruik van een Proton-Transfer-Reactie-Massa-Spectrometer en van dynamische takcuvettesystemen. Een eerste stap in het project bestond uit het meten van deze emissies onder gecontroleerde omstandigheden van licht en temperatuur in groeikamers, op de boomsoort *Fagus Sylvatica* L. (Europese beuk).

De teamleden voerden deze metingen met succes uit aan jonge beuken tussen juni en november 2007. De volgende stap, voorzien voor 2008, zal erin bestaan om gelijkaardige metingen te verrichten op een volwassen beuk vanaf een meetoren in een experimenteel bos (Aalmoeseneie bos, Gontrode, België) en dit gedurende een volledig groeiseizoen.

Dit onderzoek is van belang voor de detectie van een belangrijke klasse van biogene vluchtige organische verbindingen met behulp van chemische ionisatie massaspectrometrische technieken (CIMS).

1.1.2 Ontwikkeling van nieuwe meetinstrumenten

Het instituut is begonnen met de ontwikkeling van een compact DOAS-instrument dat moet toelaten om metingen uit te voeren vanaf vliegtuigen: **ALSDOAS**. In eerste instantie is het de bedoeling het in te bouwen in klassieke onderzoeksvliegtuigen, op langere termijn in onbemande vliegtuigen. Via het EUFAR-infrastructuurprogramma van de EU is de weg geopend om een DOAS-instrument te integreren in een ATR-42-vliegtuig, met de bedoeling een vlucht te maken tijdens de **POLARCAT**-campagne in Kiruna in de lente 2008. Het experiment beoogt spectrale metingen, in het UV-zichtbaar-lichtgebied, van verstrooid zonlicht aan de horizon, om hieruit verticale profielen in de troposfeer af te leiden voor BrO, formaldehyde (H₂CO), NO₂ en ozon.



Daarnaast stelde het BIRA in de zomer van 2005 het nieuwe satellietexperiment **ALTIUS** voor, aan boord van de microsatteliet PROBA.

Een microsatteliet vervoert een erg bescheiden nuttige lading en biedt verschillende voordelen. Het is een kleine drager, die dus weinig plaats inneemt op de draagraket, wat zorgt voor lagere kosten om het geheel in een baan om de Aarde te brengen. Bovendien is het gebruik van de instrumenten aan boord veel flexibeler, omdat

de sensoren veel sneller in de gewenste waarnemingsrichting kunnen gebracht worden, in vergelijking met grote platformen zoals ENVISAT, waar verschillende projecten de instrumenten delen. Daarenboven vereisen grote platformen een activiteitenplanning met vertragende elementen zoals het opstellen van reservatieverzoeken.

ALTIUS moet de lacune opvullen die wordt verwacht in de periode 2010-2020 in de vloot van satellietexperimenten voor het meten van verticale profielen van minderheidsgassen in de stratosfeer. ALTIUS zal nieuwe technologieën demonstreren: metingen van verstrooid zonlicht aan de horizon, akoestisch-optische filters, beeldverwerking, enz. In 2007 kreeg ALTIUS van ESA een

positieve beoordeling zodat de A-fase van de experimentele ontwikkeling werde begonnen, in samenwerking met de industriële partners Verhaert Space, OIP en Conserd. Het is de bedoeling om de A-fase af te sluiten in de lente van 2008.

Het ALTIUS-team zal gebruik maken van de zonne-occultatietechniek, waarbij waarnemingen worden gedaan tijdens het opkomen en het ondergaan van de Zon (een dertigtal keer in totaal per dag). Op dat ogenblik gaan de lichtstralen van de Zon tangentieel door de atmosfeer en zorgt de beweging van de satelliet dat dit continu gebeurt op verschillende hoogten. Deze techniek kan ook gebruik maken van andere lichtbronnen zoals sterren of planeten. Aldus kan de lichtextinctie gemeten worden, als functie van de hoogte boven het aardoppervlak en als functie van de golflengte. Uit de analyse van deze lichtspectra kan de scheikundige samenstelling van de atmosfeer bepaald worden, als functie van de hoogte boven het punt op Aarde waar de satelliet de zonsopgang of -ondergang ziet.

1.1.3 Laboratorium ondersteuning

Vooraleer een experiment uit te werken, worden spectroradiometrische en fotochemische ijkmetingen uitgevoerd in het laboratorium. Met optische opstellingen voor onderzoek aan neutrale en geïoniseerde gassen, bepaalt men die parameters die een rol spelen in de fysische en scheikundige interacties tussen de spoorgassen in de atmosfeer en de zonnestraling.

Het BIRA voerde, in samenwerking met de Université Libre de Bruxelles en de Université de Grenoble, experimenten uit om de **spectroscopische parameters** van atmosferische moleculen te bepalen. De onderzochte moleculen zijn **isotopen van NO₂, benzeen, toluen, xylenen, en SO₂**. De belangrijkste parameters zijn hun werkzame doorsneden voor absorptie in het UV- en zichtbaar-licht-gebied. Het instituut is ook lid van de **IUPAC Task Group** met als taak het aanleggen van een gegevensbank van spectroscopische parameters voor **waterdamp**.

In het laboratorium voor massaspectrometrie van het BIRA wordt met een **Selected Ion Flow Tube (SIFT)**-instrument onderzoek gedaan naar de ion-molecule reacties van **H₃O⁺, NO⁺ en O₂⁺** met **sesquiterpenen (C₁₅H₂₄)**. De hier bekomen resultaten zijn van belang voor de detectie van deze belangrijke klasse van biogene vluchtige organische verbindingen met behulp van chemische ionisatie massaspectrometrische technieken (CIMS).

Bovendien ontwierp en construeerde dit team de nodige hardwareonderdelen om de bestaande SIFT-opstelling uit te breiden tot een meer performant Flowing Afterglow-SIFT (FA-SIFT) instrument. Dit moet de productie van een groot aantal positieve en negatieve ionen en hun injectie in de reactor van de SIFT mogelijk maken. Deze laboratoriummetingen ondersteunen de bovengenoemde activiteiten in het veld voor de meting van biogene emissies met PTR-MS.

1.1.4 Invloed van het zonnenspectrum op de aardatmosfeer

De ultraviolette straling van de Zon is de voornaamste energiebron van de atmosfeer van de Aarde. Het instrument **SOLSPEC** (SOLar SPECtrum) is een spectrograaf die de intensiteit van de zonnestraling meet vanaf het UV tot in het IR (van 180 nm tot 3200 nm). Het BIRA is van nabij betrokken geweest bij de uitbouw en vervolgens het in gebruik nemen van dit meetinstrument.

Het ruimte-instrument SOLSPEC meet hoe de zonne-energie verdeeld wordt als functie van de golflengte en hoe dit varieert in de loop van de 11-jarige zonnecyclus. Op basis van deze metingen kan ook een verband worden gelegd tussen de variaties in zonne-energie en waargenomen atmosferische veranderingen.

Het instrument vloog voor het eerst in 1983 aan boord van het ruimteveer Columbia en leverde het eerste volledige zonnenspectrum op, tussen 200 nanometer en 1,5 micrometer met een nooit eerder verkregen precisie.

Het ruimte-experiment **SOLSPEC**, dat de spectrale verdeling van het **zonnenspectrum** zal meten buiten de atmosfeer aan boord van het Internationaal Ruimtestation (ISS), onderging in 2007 zijn laatste tests en kalibraties vóór lancering (uitgesteld tot februari 2008). SOLSPEC heeft al 5 maal gevlogen sinds 1983, en is nu één van de referentie-instrumenten voor de bepaling van een standaard (buiten-atmosfeer) zonnenspectrum.

In 2007 zette het BIRA een nieuw station op voor de waarneming van het **UV-spectrum aan de grond**, in Virton. Hiermee is het aantal door het BIRA beheerde stations in België gestegen tot vier: Ukkel (sinds 1993), Transinne (sinds 2004), Oostende (sinds 2006) en Virton. Een analyse van de tijdsseriemetingen gedurende 19 jaar in Ukkel heeft de positieve trend in UV-B en negatieve trend in ozon bevestigd over de periode 2005-2006. Het UV-team karakteriseerde daarnaast de impact van wolken op de UV-straling op de grond. Dit laat nu ook toe de UV-index te bepalen in niet wolkenvrije omstandigheden. Aan de hand van de pyranometer-data evalueerde het BIRA ook de verzwakking van het zonlicht door verschillende wolkentypes.

Het instituut verricht ook theoretisch onderzoek met betrekking tot het oplossing van het inversieprobleem dat optreedt bij optische teledetectie van aerosolen. Hierbij is het de bedoeling uit de spectrale extinctiemetingen, eigenschappen af te leiden over de aerosolen (bvb. de deeltjesgrootteverdeling). Bij de wiskundige formulering van dit probleem speelt de oplossing van het Mie-probleem (electromagnetische verstrooiing door een bol) een centrale rol. Dit onderzoek beoogt een herformulering van dit probleem met behulp van moderne mathematische methoden zoals de Clifford Analyse. Op deze manier wordt een

alternatieve en eenvoudiger vorm bekomen voor de oplossing van het Mie-probleem. Het is dan te verwachten dat deze nieuwe vorm ook nieuwe inzichten zal verschaffen voor het oplossen van het aerosol inversieprobleem.

1.1.5 Numerieke modellering van de aardatmosfeer

Tijdens voorgaande jaren zijn er binnen het BIRA 2-, 3- en zelfs 4-dimensionale atmosfeermodellen ontwikkeld. Deze modellen lieten toe om de verdeling van minderheidsbestanddelen in de atmosfeer te berekenen, rekening houdende met laboratoriumgegevens over de chemische reactieconstanten en de werkzame absorptiedoorsneden in het zichtbare en het ultraviolette gedeelte van het spectrum. Binnen deze simulaties is de studie van het gedrag van stratosferisch ozon altijd al een "hot topic" geweest van het instituut. De analyse van de verschillende chemische reacties die een rol spelen in de vorming en/of de vernietiging van ozon is het onderwerp geweest van talloze studies. Dankzij de modellen is het mogelijk om bepaalde van deze fenomenen te visualiseren. Zij laten toe om voorspellingen te doen over, en simulaties uit te voeren van, eventuele veranderingen in de samenstelling van de atmosfeer en van de ozonlaag in het bijzonder.

Het BIRA is actief in de ontwikkeling en exploitatie van numerieke modellen van de aard- en planeetatmosferen. Zoals eerder vermeld werd het **IMAGES**-model voor de aardse troposfeer gebruikt voor de inversiemodellering van emissies van NO_x en vluchtige organische stoffen op basis van respectievelijk de GOME- en SCIAMACHY-metingen van NO_2 en formaldehyde. Op basis van het **MEGAN**-model is een nieuwe gedetailleerde inventaris van emissies van isoprenen ontwikkeld. Tevens is een module ontwikkeld voor de berekening van de vorming van **secondaire organische aerosolen** tijdens het oxidatieproces van monoterpenen. Hierbij werden de aanverwante chemische processen opnieuw geëvalueerd.

Er werd in 2007 verder gewerkt aan de ontwikkeling van het **MOSTRA**-model, dat het transport en de microfysische processen die aerosolen ondergaan in de stratosfeer simuleert.

Voorts is het 4D-variationeel-chemisch-data-assimilatie-systeem **BASCOE** voor de stratosfeer verder verbeterd en gebruikt bvb. in de validatie van door MIPAS gemeten HNO_3 - en N_2O -profielen. Het BASCOE-team analyseerde verder de assimilaties van MIPAS-, UARS/MLS- en GOMOS-data (O_3 en NO_2).

In het **ACHEDYRE**-project, ontwikkelt het BIRA in samenwerking met de Meteorological Service van Canada, een systeem dat chemische en dynamische observaties van de stratosfeer bijeenbrengt in één enkel data-assimilatiesysteem, het eerste zogenaamde **Global Chemistry – Climate Model – Data Assimilation System (GCCM-DAS)** gebaseerd op een operationeel

numeriek weersvoorspellingsmodel. Er is aangetoond dat dit systeem verschillende pluspunten biedt. Zo levert het bvb. een verbeterde voorspelling op van de temperatuur in de lage stratosfeer. De resultaten van dit project werden reeds voorgesteld binnen ESA en een publicatie hierover is in voorbereiding.

Gebaseerd op het succes van ACHEDYRE is het BIRA, in samenwerking met Environment Canada, het KMI en het VITO gestart met de ontwikkeling van een infrastructuur voor de opvolging – in reële tijd – en voorspelling van scheikundig weer. Het systeem – **BACCHUS** gedoopt - zal focussen op luchtkwaliteit en ozon, op globale schaal. Eens ontwikkeld zal het systeem een waardevolle dienst leveren in het kader van GMES.

1.1.6 Synergie tussen waarnemingen en modellering

Zoals blijkt uit voorgaande paragrafen, steunt de studie van de aardatmosfeer op verschillende complementaire componenten: observaties vanaf de grond, vanaf vliegtuigen of ballons en satellieten, en numerieke modelstudies, alles ondersteund door laboratoriumexperimenten. Het is onontbeerlijk de synergie tussen deze componenten te karakteriseren en te exploiteren. Het BIRA heeft hierin internationaal erkende ervaring.

Er is in 2007 verder gewerkt aan de **validering van meetgegevens van verschillende satellietexperimenten**, door gebruik te maken van grondnetwerkdata, en aan de **validering van de inversiealgoritmes** die op deze satellietdata worden toegepast. In het bijzonder evalueerde het BIRA, via het **CHEOPS-GOME**-project, de algoritmes die ozonprofielen afleiden uit GOME-waarnemingen. Een gelijkaardige activiteit is in voorbereiding voor SCIAMACHY. Het BIRA heeft een coördinatietak voor de validering van Envisat gegevens, via het **TASTE**-project, en is consultant in het ESA-project 'Generic Environment for Calibration/validation Analysis (**GECA**)' dat van start ging in de herfst van 2007.

Er is ook vooruitgang geboekt in de **karakterisering van de informatie-inhoud in teledetectiemetingen** vanaf de grond of vanaf satellieten, in het bijzonder van de MIPAS-metingen van de emissie aan de horizon in het infrarood. Dit is noodzakelijk om observaties van verschillende systemen met elkaar te vergelijken en/of te combineren. De overeenkomstige observatie-operatoren moeten toelaten de teledetectiegegevens op correctere manier te integreren in assimilatiemodellen.

De synergie tussen grond-, ballon- en satellietwaarnemingen en numerieke modelleringsresultaten is terdege geëxploiteerd in een studie van de NO_y- en Br_y-families. Hierin zijn onder andere klimatologische datasets ontwikkeld voor NO₂- en BrO-vertikale-profielen.

1.1.7 Wetenschappelijke dienstverlening

Naast de hierboven reeds vermelde rol van het BIRA in GEOmon die een voorbereidende rol speelt in de **GMES Atmospheric Service (GAS)**, is het BIRA ook een belangrijke partner in andere ESA- en EU-projecten die de operationele GAS voorbereiden, namelijk in **TEMIS** en **PROMOTE** (DUE en GMES Service Element/ESA, respectievelijk) en **GEMS** (EU). In deze projecten ontwikkelen BIRA-medewerkers wetenschappelijke diensten voor welbepaalde gebruikers, met het oog op een operationele dienst in de nabije toekomst.

In het kader van de zogenaamde dienst '**Gegevens over Luchtkwaliteit**', levert het BIRA, in samenwerking met de DLR en het KNMI, geoptimaliseerde satellietproducten voor formaldehyde, SO₂ en NO₂, afkomstig van de instrumenten GOME, SCIAMACHY en GOME-2.

Het eerder vermelde alertsysteem voor SO₂ van vulkanische oorsprong maakt deel uit van de '**Support to Aviation Control**'-dienst (**SACS**) in PROMOTE. Het BIRA is tevens verantwoordelijk voor de implementatie van een dienst (via het web) die historische tijdsreeksen van **stratosferische aerosoleigenschappen** levert. Deze zijn afgeleid van verschillende satellietwaarnemingen (SAMI, SAGE II en III, POAM 2 en 3, HALOE). Een andere belangrijke taak van het BIRA, binnen PROMOTE, is de ontwikkeling en implementatie van een **Quality Assessment/Validation Office**. Dit is een 'bureau' dat de coördinatie op zich neemt van de kwaliteitsvaststelling en de validering van PROMOTE-diensten. Het bureau staat ook in voor de bepaling van standaarden en de zogenaamde 'beste praktijken' bij de levering en het gebruik van atmosferische gegevens. Ten slotte is het BIRA ook betrokken bij de ontwikkeling van twee extra diensten, één voor de levering van **3D-ozonreeksen**, en één in verband met **stratosferische aerosolen en broeikasgassen**. Tot de taken van het BIRA in dit verband behoren de levering van ozonanalyses en met ozon reagerende gassen, alsook van methaan en waterdamp, met behulp van het 4D-Var-assimilatiemodel **BASCOE**.

In het kader van het **GEMS**-project, dat een **pre-operationeel systeem** ontwikkelt voor **scheikundig weer**, gebruikte het BIRA het BASCOE-assimilatiemodel voor de verificatie van het GEMS-systeem. Wetenschappers van het BIRA zullen ook meewerken aan **MACC** (Monitoring Atmospheric Composition and Climate), het EU-project dat een vervolg biedt aan GEMS, onder andere als verantwoordelijke voor het werkpakket 'Reactieve gassen'.

In het **TEMIS**-project levert het BIRA niet alleen de al eerder vermelde satellietproducten, maar ook een dienst die **intercontinentaal transport van NO₂** tussen de Verenigde Staten en Europa analyseert. Deze dienst is ontwikkeld in samenwerking met het KNMI, dat de OMI-gegevens voor NO₂ boven de Atlantische Oceaan aanlevert. Het BIRA levert de bijhorende simulaties

met het FLEXPART-model, geoptimaliseerd voor deze toepassing. Het is de bedoeling in de toekomst hiervoor voorspellingen aan te kunnen bieden.

Het BIRA is ook partner in het ESA-project **CAMELOT** (coördinatie KNMI) dat bijdraagt tot de voorbereiding van de opvolging van luchtkwaliteit en klimaatparameters door **Sentinels 4 en 5** voor de periode 2010-2020 in het kader van GMES.

Verder is het BIRA lid van twee werkgroepen die de implementatie van GAS adviseren: de werkgroep met betrekking tot de in-situ data en die in verband met de GAS-architectuur. Bovendien is het instituut vice-chair van de **CEOS-werkgroep** (Committee for Earth Observation Satellites) voor kalibratie en validering met betrekking tot de atmosferische samenstelling. CEOS is de ruimtecomponent van **GEOS**, het Global Earth Observation System of Systems, waartoe GMES de Europese bijdrage is. De genoemde werkgroep stelt een strategie op om de kwaliteit en de traceerbaarheid van de kwaliteit van atmosferische data te verzekeren.

Het BIRA heeft nu ook een website waar het publiek toegang krijgt tot de **UV-index** – in reële tijd – in de drie Belgische stations: Ukkel, Transinne (Redu) en Oostende. Deze website is verder ook een toegangspoort tot meer uitgebreide informatie over waargenomen en afgeleide grootheden zoals ozon concentraties, de erythemale dosis, etc.

1.1.8 De atmosferen van Mars en Venus.

De studie van de atmosfeer van andere hemellichamen van het zonnestelsel is een belangrijk instrument om inzicht te verwerven over de evolutie van de aardse atmosfeer.

Sinds de jaren zestig is het tot een grote doorbraak gekomen in onze kennis van Mars dankzij de exploratie vanuit de ruimte. Het BIRA was in het verleden betrokken bij al dan niet succesvolle missies als Kepler, Phobos, Mars 96, ISO en waarnemingscampagnes vanuit de Kaukasus. Momenteel neemt het BIRA deel aan Mars Express en treft het voorbereidingen voor toekomstige zendingen als Exomars.

De activiteiten rond planetaire atmosferen bestaan voornamelijk uit de wetenschappelijke interpretatie van waarnemingen afkomstig van verschillende instrumenten aan boord van ruimtesondes in een baan rond Mars en Venus, alsook de modellering van deze atmosferen.

De team-leden van deze missies gebruikten de ultravioletmetingen van **SPICAM**, aan boord van de ruimtesonde Mars Express (ESA), om kaarten van de totale ozonkolom te maken. Dit gebeurde met behulp van een simpel model, zonder

rekening te houden met de veelvuldige diffusie van het licht, noch met de aerosolen die aanwezig zijn in de atmosfeer. Een complexer model is in ontwikkeling.

Anderzijds ontwikkelde deze teams een specifiek **microfysisch model van ijs- en stofwolken op Mars, MARSBOX** genaamd. Het beschrijft de evolutie van twee types deeltjes, samengesteld uit water en stof, waarbij deze laatste als condensatiekernen dienen voor de vorming van ijsdeeltjes. Collega's gebruikten MARSBOX voor de uitvoering van simulaties van de Tropische Wolkengordel (Tropical Cloud Belt) op Mars. Het model baseerde zich hierbij op de gegevens van temperatuur, druk, winden, enz. gegenereerd door een model van algemene circulatie, GM3, aangepast aan de omstandigheden op Mars. De resultaten van deze simulaties, in het bijzonder de totale optische dichtheid afkomstig van de ijswolken, werden vergeleken met de SPICAM-waarnemingen en vertoonden goede overeenkomsten. De volgende stap is de integratie van MARSBOX in het algemene circulatiemodel GM3.

Via de ESA **Venus-Express**-zending bestudeert het BIRA ook Venus. Het is de eerste Europese zending naar deze planeet. De sonde werd gelanceerd op 9 november 2005 en kwam aan in de atmosfeer van Venus op 11 april 2006. Het doel van deze missie is het bestuderen van de atmosfeer, de plasmaomgeving en het oppervlak van Venus.

Met veel aandacht volgden BIRA-wetenschappers het instrument **SPICAV/SOIR**, één van de instrumenten aan boord van Venus Express, die sinds 11 april 2006 in een baan rond Venus draait. SOIR, een hoge-resolutie-infraroodspectrometer, is volledig ontwikkeld aan het BIRA. Het instituut is bovendien verantwoordelijk voor de interpretatie van de waarnemingen. Na een fase van ijking en specifieke metingen om het instrument en zijn prestaties in vlucht beter te bepalen, heeft het instrument in 2007 meer dan 150 zonne-occultaties geobserveerd. Dit komt neer op meer dan 50 000 geregistreerde individuele spectra, gestructureerd in verticale profielen. Met deze schat aan gegevens zullen de onderzoekers de atmosfeer van Venus beter kunnen karakteriseren.

Voor de streken rond de noordpool van Venus heeft het BIRA al resultaten voor volgende bestanddelen: CO, CO₂, H₂O en HDO, HCl alsook HF. Hierbij werd een onbekende absorptieband waargenomen afkomstig van één van de isotopen van koolstofdioxide. Deze band was nog niet geïnterpreteerd in de spectroscopische gegevensbanken. Een gedetailleerde analyse van de spectra heeft eveneens het effect van de aerosolen aangetoond, die aanwezig zijn in de atmosfeer van Venus. Het team kon hun concentratie, en in sommige gevallen de grootte van deze deeltjes afleiden. De teamleden zullen binnenkort hun analyses uitbreiden naar de andere breedtegraden waarboven het instrument meet.

1.1.9 ESA-missie: ExoMars



ExoMars is de naam van een ruimtemissie van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA met lancering voorzien tegen 2013 in het kader van het Aurora Programma. Het plan is om een geautomatiseerde rover uitgerust met wetenschappelijke meetinstrumenten naar het oppervlak van Mars te sturen. Het doel is om 'in situ' exobiologische experimenten uit te voeren via het nemen van grondstalen, en te bepalen of de planeet biologische leven heeft, of in het verleden heeft gehad.



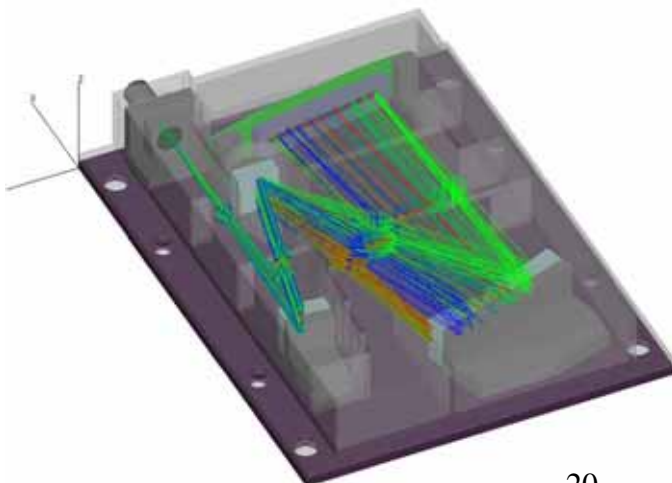
De wetenschappelijke doelstellingen van ExoMars in prioritaire volgorde zijn de volgende.

1. Het zoeken van tekens van leven op Mars.
2. Het karakteriseren van de geochemische omgeving in de diepte en het opsporen van water in onderaardse holten.
3. Het bestuderen van het oppervlak en de omgeving om potentiële gevaren voor toekomstige bemande missies te inventariseren.
4. Het bestuderen van de structuur van de diepe grondlagen om de evolutie en de bewoonbaarheid van de planeet Mars beter te begrijpen.

De missie zal bestaan uit een afdalingsmodule van 1200 kg (EDL), die de atmosfeer zal binnenkomen, afdalen, en landen om daarna een voertuig van 250 kg en een vast station zachtjes neer te zetten. Het oppervlaktevoertuig zal zich kunnen verplaatsen over een afstand van enkele kilometers. Met behulp van een boorsysteem zal het bodemstalen nemen tot op 2 meter diepte.

De instrumenten op het vaste station en het voertuig zijn afkomstig van Europese en andere internationale weten-schappelijke consortia. Een van de onderdelen

van het voertuig is de nuttige lading **PASTEUR** met een gewicht van 16,5 kg met 12 instrumenten. De bijdrage van het BIRA, UVIS (Ultraviolet and Visible Spectrometer), is bijzonder vernieuwend.



UVIS is een UV- en zichtbaar-licht-spectrometer die de intensiteit van het UV en

zichtbaar licht op Mars meet. Een te grote hoeveelheid UV kan leiden tot oxidatie van organische bestanddelen en bijgevolg aanzienlijke schade toebrengen aan alle levensvormen en een eventuele menselijke expeditie in gevaar brengen. UVIS meet verder ook variaties in de dichtheid van de atmosfeer van Mars, veroorzaakt door de aanwezigheid van stofdeeltjes. Dit experiment is ontwikkeld in nauwe samenwerking met de Open University (GB).

1.1.10 Activiteiten ten dienste van het grote publiek

BIRA-wetenschappers nemen ook vaak deel aan media-evenementen voor het grote publiek ter gelegenheid van tentoonstellingen of historische evenementen met betrekking tot de atmosfeer en het milieu. Waar nodig geven ze interviews voor radio, televisie en geschreven pers. Als voorbeeld kunnen we een interview citeren met De Standaard in september 2007 ter gelegenheid van de 20ste verjaardag van het Montreal Protocol. Het BIRA speelt ook een leidersrol in de implementatie van GMES (Global Monitoring for Environment and Security) en de bijhorende GMES Atmospheric Service.

1.2 Fysica van ruimteplasma's

1.2.1 De Zonnewind en de Aardse poolwind

De Zon stoot voortdurend een plasma uit dat samengesteld is voornamelijk elektronen, protonen en ionen He^{2+} , dit is de zonnewind. Deze stroom deeltjes kan worden opgevat als de radiale expansie van de zonnecorona, een zone rond de zon waar de temperatuur miljoenen graden Kelvin kan bereiken, in het interplanetaire milieu. Afhankelijk van de snelheid, onderscheiden we 2 soorten zonnewind: de trage zonnewind, die op 1 AE gemiddeld 300 à 400 km/s bedraagt, en de snelle zonnewind, die geregeld 700 à 800 km/s haalt.

De Aardse poolwind is eveneens een plasma dat hoofdzakelijk bestaat uit elektronen, protonen en O^+ ionen, die ontsnappen aan de Aardse atmosfeer ter hoogte van de polen en hierbij de lijnen van het Aardse magnetische veld volgen. Deze beide ruimteplasma's vertonen gemeenschappelijke eigenschappen. Aan de ene kant, ontstaan beide in gebieden met grote dichtheid en temperatuur, waar het effect van botsingen tussen de deeltjes belangrijk is. Aan de andere kant, worden beide plasma's versneld tot supersonische snelheden en bereiken gebieden waar het effect van botsingen tussen deeltjes verwaarloosbaar is.

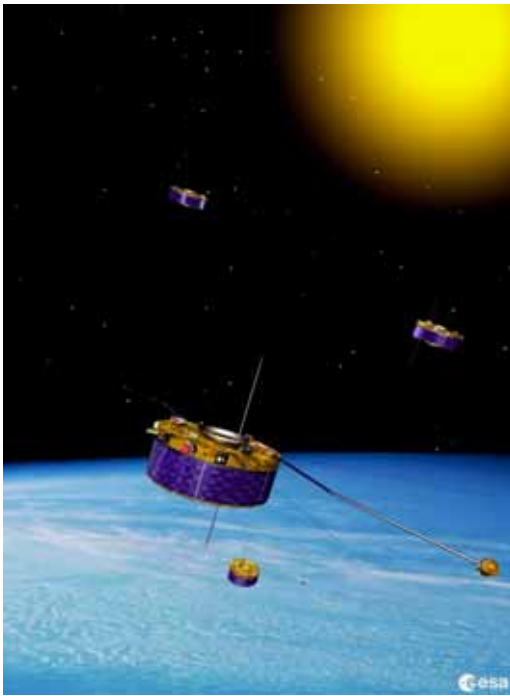
Om deze redenen gebruikt de plasma onderzoeksgroep binnen het BIRA een kinetisch model voor de beschrijving van plasmas, in plaats van het hydrodynamische model. De kinetische aanpak komt overeen met een microscopische beschrijving van het plasmamilieu, waarbij men de evolutie van de snelheidsverdeling van de deeltjes bestudeert. De hydrodynamische aanpak is gebaseerd op de veronderstelling dat de geladen deeltjes zich globaal gedragen als een vloeistof. De resultaten, verkregen in 2007, hebben toegelaten om een realistischer beschrijving te geven voor het versnellingsproces van de zonnewind en van de polaire wind. Deze resultaten werden voorgesteld op het internationale STIMM-symposium (Solar Terrestrial Interactions from Microscales to global Models), georganiseerd door COSPAR, in Sinaia in Roemenië.

Vertrekkende van waarnemingen, uitgevoerd tussen 1949 en 2007, werden de effecten van de zonne-activiteitscyclus (met 11 jarige periodiciteit) op de parameters van de zonnewind geanalyseerd. Afgeleide resultaten hiervan zijn de invloed van de zonneactiviteit op de geomagnetische activiteit en het ruimteweer.

1.2.2 Studie van de magnetosfeer en haar interactie met de zonnewind

Tijdens zijn expansie botst de zonnewind tegen het Aardse magnetische veld en wordt hierbij bijna volledig rond de Aarde geleid. Daarenboven wordt het magnetische veld van de Aarde sterk verstoord en ontstaat een gebied rond de Aarde dat de magnetosfeer wordt genoemd. De magnetosfeer is een soort magnetische caviteit, sterk uitgerokken in de richting weg van de Zon, waarin het

magnetische veld van de Aarde domineert. De grens van dit gebied met de zonnwind heet de magnetopause.



De 'Space Plasma'-groep van het BIRA blijft sterk betrokken bij de analyse en de interpretatie van de multipuntsgegevens van de ESA **CLUSTER**-missie. De 4 satellieten van deze missie, die in hun baan in een soort 'tetraëder-configuratie' bewegen, laten toe om ruimtelijke resultaten te onderscheiden van zuivere tijdseffecten. Dankzij het op punt stellen van reconstructiemethoden eigen aan de analyse van multi-satelliet gegevens, kan het BIRA de beweging en de structuur van de grenslagen tussen de verschillende plasma's reconstrueren. Doordat de satellieten de lagen doorkruisen, kan het gedrag van de Aardse magnetopause gedetailleerd worden bestudeerd. Deze studie is heel belangrijk, daar ze toelaat om de 'poreusheidsgraad' van dit magnetische schild te bepalen met betrekking tot de

deeltjes in de zonnwind; dit zowel voor de magnetische activiteit als voor het ruimteweer. De plasmagroep van het BIRA paste deze reconstructiemethoden eveneens toe op de eerste gegevens van de 5 **THEMIS**-satellieten (Time History of Events and Macroscale Interactions during Substorms), met banen in "parelsnoerconfiguratie". De groep ontwikkelde ook met succes enkele andere numerieke methoden, bijvoorbeeld voor de berekening van de gradiënt van scalaire velden (zoals de plasmadichtheid) en vectoriële velden (zoals het magnetische veld). Deze technieken zijn bijzonder nuttig, omdat ze vertrekkende van de fundamentele wetten van de fysica (in het bijzonder van het electromagnetisme), toelaten om indirect fysische grootheden, zoals de elektrische stromen in de magnetosfeer, te bepalen.

De interne magnetosfeer bestaat uit de plasmasfeer, in de vorm van een torus (ringoppervlak) rondom de Aarde, met koud plasma (nauwelijks enkele eV) van voornamelijk ionosferische oorsprong. Het BIRA bestudeert de protuberansen van de plasmasfeer, de zogenaamde plasmasferische pluimen, vertrekkende van in situ metingen afkomstig van de CLUSTER-missie. Dankzij een statistische analyse van de waarnemingen van deze structuren, over een periode van 5 jaar, toonde het team de typische eigenschappen aan van deze plasmasferische pluimen. Daarbij werd bovendien een drie-dimensionaal dynamisch model van de plasmasfeer ontwikkeld, dat rekening houdt met de variaties in geomagnetische activiteit. Dankzij dit laatste is het nu mogelijk om de deformatie van de plasmasfeer te simuleren in functie van de magnetische activiteit van de

Zon. De voorspellende kracht van dit model werd verder verbeterd door het te vergelijken met meetgegevens afkomstig van CLUSTER en **IMAGE**.

Van 19 tot 21 september 2007 organiseerde het 'space plasma'-team in de Koninklijke Sterrenwacht van België de workshop: "THE EARTH'S PLASMASPHERE. A CLUSTER, IMAGE AND MODELLING PERSPECTIVE", dewelke werd bijgewoond door de grootste specialisten uit de wereld op dit domein.

1.2.3 Studie van de ionosfeer en haar interactie met de magnetosfeer

De koppeling van de hete en ijle magnetosfeer met de koude en dichte ionosfeer vormt een belangrijk onderzoeksthema aan het BIRA, omdat het allerhande gevolgen heeft voor het geïoniseerde milieu rondom de Aarde en voor haar bovenste atmosferelagen. Deze koppeling wordt veroorzaakt door de veldlijnen van het Aards magnetische veld. Eén van de meest spectaculaire effecten van deze interactie tussen de ionosfeer en de magnetosfeer is de vorming van aurora's, en in het bijzonder van discrete poollichtbogen. De aurorale plasmafysica blijft een continu evoluerend domein met zowel theoretische als observationele aspecten. Op waarnemingsgebied levert de combinatie van in situ metingen in de magnetosfeer, met behulp van satellieten, en waarnemingen van de optische verschijnselen in de aurora, bvb. met grondradars, een constante stroom van nieuwe informatie op over deze ingewikkelde interactie.

Sleutelgebieden van de magnetosfeer, zoals de magnetopause en de plasmalaag die ertegen ligt, "de grenslaag van de lage breedtegraden", zijn gebieden waar energie, massa en hoeveelheid van beweging worden getransfereerd van de Zon via de zonnwind naar de Aardse magnetosfeer. De ionosfeer en de magnetosfeer reageren dynamisch op de variërende zonnwind. Stroom circuleren langs de lijnen van het magnetische veld en transporteren energie vanuit "hete" punten in de magnetosfeer, zoals het "plasmabladd" (Plasmashet) naar zijn "grenslaag" (Plasmashet Boundary Layer).

De magnetosferische "hete" punten slingeren zich doorheen gebieden van de ionosfeer met hoge breedtegraden, volgens de lijnen van het magnetische veld. Als gevolg van het dipolaire karakter van het geomagnetische veld, zijn deze aurorale gebieden, niet groter dan ongeveer 10 breedtegraden, gekoppeld aan uitgebreide gebieden van de verre magnetosfeer.

Vanop de grond detecteren camera's met breed zichtsveld, radars, ionosondes en magnetometers de hevige activiteit in het magnetosfeer-ionosfeer-systeem. De dynamica van de aurorale vormen, de fases van de magnetische onderonweren, de fluctuaties van het elektrische veld en de ionosferische geleiding zijn de meest spectaculaire karakteristieken van de magnetosfeer-ionosfeer-koppeling.

De aurorale ionosfeer is niet alleen een passief element van het aurorale circuit. Belangrijke stromen van ionosferische deeltjes ontsnappen, ofwel naar de externe magnetosfeer, ofwel naar de interplanetaire ruimte. De geleidbaarheid van de ionosfeer varieert met de energieflex van de verplaatste deeltjes. Deze variaties veranderen het algemene globale evenwicht van de elektrische stromen verbonden met de discrete poollichtbogen. Bijgevolg is het fundamenteel belangrijk om de fysische wetten en de processen te begrijpen die de dynamica van deze ingewikkelde koppeling tussen de aurorale ionosfeer en externe magnetosfeer regelen.

De studies die het BIRA in 2007 heeft uitgevoerd hebben geleid tot verschillende publicaties die het belang van de feedback-verschijnselen op de ionosfeer aantonen. Deze feedback is een gevolg van de verhoogde ionosferische geleiding, veroorzaakt door de neerslag van de aurorale elektronen.

Waarnemingen van poollichtbogen, verricht vanop de grond en via satelliet, gecombineerd met verschillende inversiemethoden laten toe om het energiespectrum van de neerslaande elektronen in de ionosfeer af te leiden. Ook de verdeling van het potentiaalverschil langs de lijnen van het magnetische veld wordt uit de meetresultaten geextraheerd. Voor deze studies werkte het BIRA samen met het **ALIS**-team (Auroral Large Imaging System) in Kiruna, Zweden, wat ons heeft toegelaten een zekere expertise te verwerven in aurorale tomografische inversiemethodes.

In 2007 leverde het werk van Mirela Voiculescu een belangrijke bijdrage op het gebied van de ionosferische jets. Op basis van een combinatie van satellietgegevens en van radarwaarnemingen op hoge breedtegraden van het **EISCAT**-netwerk kon ze voor het eerst een ionenjet identificeren, die zich oostwaarts verplaatst in het gebied nabij de aurorale zone. Tot op heden toonden de waarnemingen in de subaurorale ionosfeer altijd ionenjets, die zich westwaarts verplaatsten. Deze stroom, waarvan de snelheid hoger is dan 1km/s, wordt SAID, 'Sub-Auroral Ion Drifts', genoemd. De BIRA-studie toont aan dat de zich naar het oosten verplaatsende stroom veel zeldzamer is dan deze die zich naar het westen verplaatst. De nieuw ontdekte oostwaartse jet werd door het BIRA-team ASID, 'Abnormal Sub-Auroral Ion Drifts', genoemd.

1.2.4 Ruimteweer

De bijdrage van het BIRA tot het domein van het ruimteweer is toegespitst op de ontwikkeling van bijzonder krachtige software, genaamd MIM (Manager of Interactive Modules). De MIM-software is een gebruiksvriendelijke interactieve omgeving voor het visualiseren van satellietgegevens, de toepassing van algoritmes voor de analyse van gegevens, het uitvoeren van numerieke

simulaties (gebaseerd op theoretische modellen) en de vergelijking van deze simulatieresultaten met experimentgegevens.

In 2007 bracht het BIRA verschillende vernieuwingen aan in de MIM-software. Zo voegden de programmeurs modules toe om satellietgegevens te converteren, zodat ze toegankelijk zijn voor eender welk referentiesysteem binnen de ruimtefysica. De modules laten eveneens toe dat de gebruiker de eigenschappen van een grafiek zelf kan wijzigen.

Een regelmatig geactualiseerde documentatie en een versie van de software staan on line en zijn toegankelijk via het “European Space Weather Portal” op het adres <http://www.spaceweather.eu/en/software/mim>. Deze activiteiten kaderen binnen het “Solar-Terrestrial Center of Excellence”.

In het kader van de projecten **SEPEM** (Solar Energetic Particle Environment Modelling) en **MarsREM** (Martian Radiation Environment Models) werkt het BIRA mee aan het up to date houden van de standaardmodellen voor de energetische deeltjesstromen die de atmosfeer van de Aarde en Mars kunnen beïnvloeden. Dankzij de interactie tussen verschillende BIRA-onderzoeksgroepen beschikt het SEPEM-project nu over nieuwe tools, die ingenieurs uit de industrie en de ruimtevaartorganisaties kunnen gebruiken om, onder andere, de SEU (Single Event Upset) preciezer te berekenen. Een SEU is een voorbijgaande wisselvalligheid teweeggebracht op ingebouwde elektronische circuits, als gevolg van de doorgang van een ioniserend ruimtedeelje. Een “upset” is bvb. het logisch omslaan van een geheugen bit. Een andere realisatie van het SEPEM-project is het in werking stellen van een webserver die een gebruiksvriendelijke toegang geeft tot de geïmplementeerde modellen. In het kader van het MarsREM-project werd SAPRE uitgebreid naar de Mars-omgeving. SAPRE voorspelt de baan van een satelliet voor een bepaalde periode. Het zorgt ervoor dat MarsREM-gebruikers de voorspellingen van de aanwezige straling in het Mars-milieu langsheen het traject van de baan kunnen gebruiken. SAPRE is ook een onderdeel van **SPENVIS** (Space Environment Information System), de aan het BIRA ontwikkelde webinterface voor het beschrijven en gebruiken van stralingsmodellen in de aardse omgeving.

1.2.5 Plasma's van kometen

De op 2 maart 2004 gelanceerde **ROSETTA**-missie, van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA, heeft als doel om de komeet Churyumov-Gerasimenko te bestuderen. De sonde zal zijn doel bereiken in 2014, waarna het instrument ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis) de uit de komeetkern ontsnappende gassen kan beginnen te analyseren. Het instrument bestaat uit 4 toestellen, waaronder de DFMS (Double Focusing Mass Spectrometer), bestemd voor de analyse van de gas- en ionensamenstelling. Het BIRA werkte de DFMS uit samen met andere partners, en is daarbij

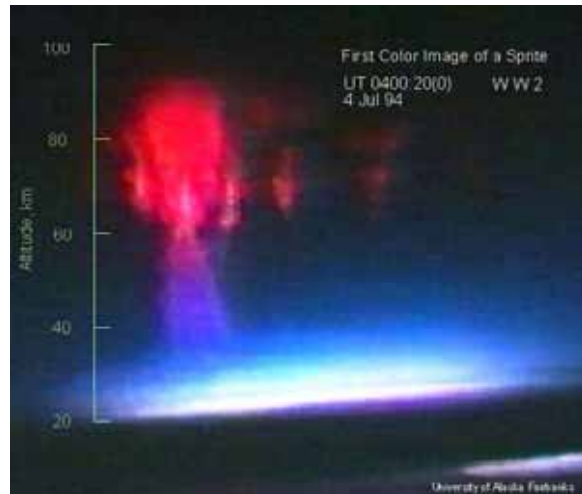
verantwoordelijk voor de ontwikkeling van het detectiesysteem (lineaire elektronendetector) en de elektronica.

Ondanks het feit dat België de deelname van het BIRA tijdens de cruise fase niet financiert, is het BIRA verder gegaan met het uitbouwen van haar know-how op het vlak van de fysica en scheikunde van kometen. Nieuwe tools voor het interpreteren van de toekomstige gegevens werden op punt gesteld. Ook verbeterde het BIRA de numerieke technieken voor het berekenen van de hoeveelheid chemische reacties in de coma. Het inversieprobleem, dat er uit bestaat om de hoeveelheid gas- en ionenproductie te bepalen aan de bron, vertrekkende van de gemeten concentraties in de coma, werd ook opgelost. Verder bouwde het team de databank met chemische reacties in de atmosfeer van kometen verder uit. Vertrekkende van metingen van de Giotto-sonde werden deze tools gebruikt om een mogelijke bron van C_2N_2 te bepalen in de kern van komeet Halley. De verkregen resultaten zijn samengebracht in een wetenschappelijk artikel.

1.2.6 Andere activiteiten

Atmosferische elektriciteit is een relatief nieuw onderzoeksdomein in volle uitbreiding. Daarom begint het BIRA met een studie van de kortstondige lichtverschijnselen (sprites, blue jets en elves) boven onweer, in de mesosfeer.

"Sprites" zijn lichtflitsen die enkele milliseconden tot honderden milliseconden zichtbaar zijn. Ze zijn meestal rood. Het helderste gebied, dat overeenkomt met de meest intense stralingen, ligt op een hoogte van 65-75 km. Een "blue jet" is zeldzaam. Het is een smalle blauwe kegelvormige lichtflits, afkomstig van de top van de onweerswolk. "Elves" worden veroorzaakt door bliksem en verschijnen soms samen met "sprites". Op een hoogte van ongeveer 90 km ontstaan uitdijende lichtgevende ringen - als golfjes veroorzaakt door een in het water geworpen kiezelsteen - met de snelheid van het licht. Ze duren minder dan een milliseconde.



Het BIRA bestudeert de relaties tussen deze kortstondige lichtverschijnselen boven onweer en de verschillende aspecten van het atmosferische systeem, waaronder ook het klimaat. De modellering van de occasionele, door sprites veroorzaakte, verstoringen in het mondiale elektrische circuit van de atmosfeer, van de concentratie van spoorstoffen en van de atmosferedynamiek suggereren

belangrijke verstoringen op kleine schaal, mogelijks ook effecten op intermediaire schaal, doch geen belangrijke verstoringen op mondiale schaal.

1.2.7 Dienstverlening aan de wetenschappelijke gemeenschap en het grote publiek

Wetenschappers van de groep ‘Fysica van ruimteplasma’s’ waren in 2007 sterk betrokken bij de activiteiten rond het Internationaal Heliofysisch Jaar.

Ze organiseerden van 19 to 21 september op het BIRA een internationale workshop over de plasmasfeer. Op 11 september werd een vergadering over radio-elektrische detectiemethoden voor meteoren gehouden.

Het instituut was ook sterk betrokken bij het opstarten van het “Solar Terrestrial Center of Excellence”, niet alleen op organisatorisch vlak, maar ook op het vlak van een aantal toegewezen taken. Een van deze taken was de ontwikkeling van de MIM-software. Daarnaast werd een haalbaarheidsstudie gestart naar een miniaturmagnetometer, in samenwerking met het Centre Spatial van de Université de Liège (CSL) en de Laboratoire de Techniques Aéronautiques et Spatiales van dezelfde universiteit (LTAS). Deze magnetometer is gebaseerd op de MEMS-technologie (Micro Electro Mechanical Systems). Twee opties werden weerhouden: een MEMS-weerstandsmagneto en een MEMS XBM (Xylophone Bar Magnetometer).

Ook in het kader van de “ESA Cosmic Vision 2015-2025”, in het bijzonder voor Cross-Scale en Phoibos, werden door het BIRA verschillende “letters of intent” ingestuurd.

1.3 Engineering

1.3.1 Venus Express – SOIR

In november 2005 werd de Venus Express satelliet gelanceerd naar Venus en waar ze aankwam in april 2006. In oktober 2007 eindigde de nominale duur van de missie en werd overgegaan tot een eerste verlenging. Het, op het BIRA ontwikkelde, **SOIR**-instrument (Solar Occultation in the Infrared) is een onderdeel van het grotere SPICAV (Spectroscopy for the Investigation of the Atmosphere of Venus) instrument aan boord van de satelliet. SOIR maakt gebruik van de zonsverduisteringstechniek voor het opmeten van verticale atmosfeer profielen.

De operationele taken van het BIRA voor het SOIR-instrument bestaan uit: (a) het plannen van de observaties, in samenwerking met de partners in het SPICAV-team, (b) het bepalen van de correcte richting van de satelliet, rekening houdend met lichtbreking in de Venusatmosfeer (op basis van in huis

ontwikkelde software routines), (c) het samenstellen en uittesten van de telecommando's op het reservemodel van SOIR in de testruimte van het BIRA, (d) het uitwisselen van gegevens (observatieplanningen, telecommando-sequenties en telemeting data) met het Venus Express Science Operations Team (VSOC in ESTEC) en het Venus Express Mission Operations Team (VMOC in ESOC), en (e) deelnemen aan wekelijkse teleconferenties voor planning en operationele aspecten.

De meetresultaten van het SOIR-instrument worden verzameld in het Data Dispositioning System (DDS) in ESOC en opgeslagen op een BIRA-server. Een gebruikersvriendelijk softwarepakket werd in samenwerking met het wetenschappelijke team verder verfijnd zodat het nu optimaal de eerstelijns kalibratiestappen kan uitvoeren.

BIRA bouwde een volledig PSA (Planetary Science Archive) archief op en houdt het up-to-date telkens er nieuwe data van SOIR worden geregistreerd. Het is geformatteerd in de PDS- standaard (Planetary Data Standard) en onderverdeeld in data sets die op vastgelegde tijdstippen worden doorgeleverd aan het ESA-archief.

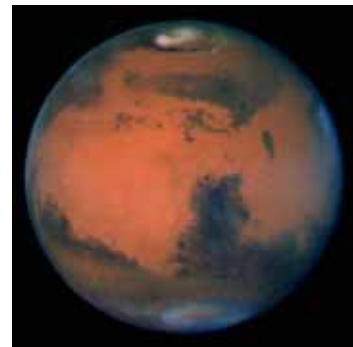
Het ESA-PRODEX contract met het BIRA, dat zorgde voor de financiële ondersteuning tijdens de ontwikkeling van het SOIR-instrument, werd verlengd zodat ook na de nominale fase ons instituut ondersteuning kan blijven bieden.

Het BIRA heeft in 2007 deelgenomen aan technische en wetenschappelijke vergaderingen met de verschillende partners in het project, Venus Science Operations Center in ESTEC (Noordwijk, Nederland), Venus Mission Operations Center in ESOC (Darmstadt, Duitsland), SA-CNRS (Verrières-le-Buisson, Frankrijk) en de PI-instituten van de andere instrumenten aan boord van Venus Express.

1.3.2 Mars-Scout

Gedurende de eerste helft van 2007 legde het BIRA de laatste hand aan het voorstel voor **TGE**, The Great Escape, waarin de engineering-groep het SOIR-instrument, in een licht verbeterde en aangepaste versie van SOIR-VEX, als één van de basisinstrumenten voorstelt. TGE kadert in NASA's Mars-Scout programma. De beslissing over dit voorstel was voorzien in december 2007 maar werd uitgesteld tot augustus-september 2008.

De bijdragen van het BIRA bestonden voornamelijk uit het opstellen en aanleveren van de nodige documenten voor de CSR (Concept Study Report) waarop NASA



zich baseert tijdens de selectieprocedure. Daarnaast leverde het team voorbereidend technisch werk op de vlakken waar SOIR aanpassingen of veranderingen dient te ondergaan. Daarbij besteedde het BIRA in eerste instantie aandacht aan het ontwerp en het bouwen van een prototype van een afsluitsysteem met geïntegreerde vouwspiegel.

De BIRA-ingenieurs namen in 2007 deel aan technische vergaderingen met het TGE-team en de andere partners in het project in Boulder en San-Antonio (USA) en in Parijs en Brussel.

1.3.3 Ondersteuning bij het ALTIUS-project

Het ingenieursteam van het BIRA heeft actief meegewerkt aan het opstellen van de (fase-A) documentatie van het **ALTIUS**-project. Dit geldt vooral voor het Mission Requirements Document, de Ground Segment documenten en de Critical Items List. Het BIRA werkte mee aan het algemeen mechanisch concept en de integratie van een ALTIUS-instrument aan boord van een PROBA-achtige satelliet. Ook evalueerden en volgden de BIRA-ingenieurs de voorstellen op gedaan door de commerciële partners in het project. Ondermeer over het S/C-design van de firma Verhaert en over de optische lay-out en detectorkeuze van het instrument door de firma OIP.

1.3.4 Ondersteuning bij het IMPECVOC-project

In 2007 zette het BIRA een op LabView gebaseerd softwarepakket, dat het PTMRS massaspectrometer instrument zal besturen, verder op punt. Na uitgebreide testen werd het pakket in gebruik genomen. Dit pakket is opgebouwd rond een datalogger en een schakeleenheid die in staat is een groot aantal omgevingsparameters te monitoren, verschillende meetapparaten aan en af te schakelen en in te stellen op bepaalde werkingswaarden. Ook de script-softwarelaag die de gebruiker toelaat het instrument in een volledig onafhankelijke mode aan te sturen en de voorzieningen om het geheel van op afstand via internet te controleren werden verder afgewerkt en opgestart in de reële opstelling.

Het BIRA ontwierp alle onderdelen, tekende ze uit, en fabriceerde ze in de mechanische werkplaats voor het opbouwen van de opstelling. Een belangrijke opdracht voor de werkplaats was het realiseren van zogenaamde “cuvettes”, containers waarin de eigenlijke metingen gebeuren.

1.3.5 Ondersteuning bij het BRUKER-project

Het BIRA werkte verder aan het - in 2006 gestarte - ontwerp en de constructie van een volledig nieuwe compacte zonnevolger. Het team ontwierp en bouwde alle mechanische onderdelen, ontwierp en realiseerde de elektronische sturing, en schreef een op LabView gebaseerde aansturingsoftware. Het geheel bevond zich eind 2007 in een eerste testfase. Voor 2008 staan testen met de echte zon gepland.

1.3.6 Ondersteuning bij het EPT-project

EPT, de Energetic Particle Telescope, is een instrument dat fluxen van deeltjes met hoge energie kan meten in de ruimte. Het opzet is een uiterst flexibel instrument te ontwikkelen, compact en met een laag gewicht, bruikbaar voor verschillende ruimtemissies. Dit instrument moet toelaten om verschillende soorten straling te meten met een hoge energie-, hoek-, en massaresolutie. Een consortium onder leiding van CSR (Center for Space Radiations) in Louvain-la-Neuve ontwikkelt het instrument. De andere leden van het consortium zijn Verhaert Space, ASRO in Finland en het BIRA. Ons instituut staat o.a. in voor het mechanische design en de ontwikkeling van het instrument. In 2007 werd het mechanische ontwerp gedefinieerd en verder uitgewerkt. Met succes afgeronde kritische triltesten op een absorber-module (aluminiumhouder plus wolframabsorber) toonden de haalbaarheid van het ontwerp aan.

1.4 Het B.USOC

1.4.1 Context



Dankzij de activiteiten van het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA) beschikt België over een uitgebreide kennis in verband met ruimte-onderzoeksmethoden. De publicatie en verspreiding van deze methoden zorgt ervoor dat wetenschappers en ingenieurs kennis kunnen nemen van de technische aspecten van dit soort onderzoek, dat voortdurend in ontwikkeling is.

In deze context ontwikkelt het BIRA een afdeling voor de valorisatie van wetenschappelijke diensten en producten. De infrastructuur en de dienst die deze afdeling momenteel verschaft, is een operationeel dienstencentrum: het B.USOC (Belgian User Support and Operation Centre).

Het B.USOC werd opgericht door het Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO) in het kader van de Belgische deelname aan het exploitatieprogramma van het Internationaal Ruimtestation (ISS) van de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA. Dit programma heeft het commerciële gebruik van het ISS als doelstelling. De hoofdrol van dit centrum bestaat uit het promoten van ruimte-onderzoeksprogramma's en het bekendmaken van ruimtevluchtmogelijkheden voor de Belgische wetenschappelijke gemeenschap (universiteiten en federale instellingen). Het centrum verschaft aan de wetenschappers of aan de eindgebruikers een reeks diensten gericht op de voorbereiding, de uitvoering, de controle en de analyse van experimenten aan boord van het ISS of aan boord van andere satellietplatformen.

Overeenkomstig de conventie tussen het Federaal Wetenschapsbeleid en het BIRA zijn de activiteiten van het B.USOC verbonden aan de afdeling wetenschappelijke diensten van het BIRA.

Het operationele centrum omvat twee hoofdsystemen:

1. Een infrastructuursysteem met operatiecontrole-ruimtes, vergaderzalen, modellen en laboratoriumuitrustingen, evenals kantoren voor het team. Dit systeem biedt dus de materiële inrichting van het centrum en zijn technische infrastructuur aan.
2. Een informatiesysteem met al de hardware en software noodzakelijk voor het beheer en de behandeling van gegevens, een lokaal netwerk en interfaces voor externe communicatie.

1.4.2 Harmonisering van de management- en contractstructuur

Het jaar 2007 was een beslissend jaar voor de afronding van de implementatie van de operationele infrastructuren, evenals voor de evolutie van de managementstructuur.

Op louter organisatorisch vlak heeft de Human Space flight, Microgravity and Exploration Division van ESA (HME) het B.USOC Steering Committee aangeduid als beslissingscentrum, zodat het B.USOC formeel gezien met een organisatorisch schema zou kunnen werken, dat vergelijkbaar is met de andere USOC's van het netwerk. Om de managementverantwoordelijkheid mogelijk te maken, werd in deze context besloten dat de industriële operator (Space Applications Services) die aan de implementatie van het B.USOC heeft deelgenomen, de onderaannemer van het B.USOC zal worden voor de operationele fase van de exploitatie van het ISS.

1.4.3 Voorbereiding van de COLUMBUS-operaties

In het kader van het ISS-programma en van de gedecentraliseerde visie van ESA kreeg België de verantwoordelijkheid toegewezen van het missiecentrum voor het zonnelaboratorium (SOLAR) en de 'Protein Crystallization Diagnostic Facility' (PCDF).



Het jaar 2007 werd verder gekenmerkt door volgende acties.

- De voltooiing van de implementatie van het ISS-grondsegment in het kader van het FRC SOLAR en het FSC EDR/PCDF.
- De uitvoering van de proceduretesten voor het ISS-grondsegment.
- De voltooiing van de certificatie van het personeel (B.USOC en SAS) voor het uitvoeren van de Increment-1E-operaties en volgende.
- De invulling en afwerking van de door ESA gevraagde contractuele documentatie.
- De voltooiing van de implementatie van de verschillende PCDF-EM-, PCDF-SRM-, SOLAR-laboratoria.
- De voltooiing van de ontwikkeling van de nodige software ter ondersteuning van de wetenschappers in het kader van de voorbereiding van het experiment EDR/PCDF en zijn implementatie in een micro-zwaartekrachtomgeving.

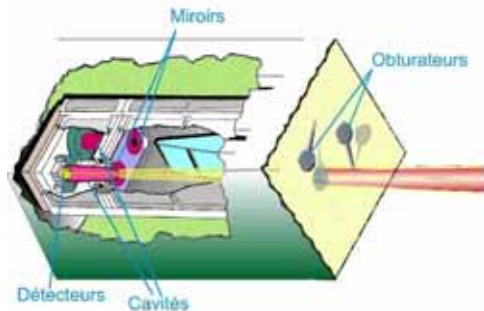
- De implementatie van al de nodige aansluitingen tussen de wetenschappelijke teams (UHB, User Home Base) om de operaties van hun experiment in reële tijd te kunnen volgen.



1.4.4 Voorbereiding van de PICARD-satelliet operaties

De **PICARD**-missie past in het kader van de MYRIADE-reeks van de Franse ruimtevaartorganisatie CNES. Het gaat om een wetenschappelijke microsatteliet met 3 instrumenten aan boord om de Zon te beschrijven (diameter, buitenrand, activiteit). De betrokken laboratoria zijn Frans (Service d'Aéronomie du CNRS, voor het SODISM-instrument), Belgisch (Koninklijk Meteorologisch Instituut, voor het SOVAP-instrument) en Zwitsers (World Radiation Center, voor het instrument PREMOS). De lancering is gepland voor juni 2009 en de missie is voorzien voor een nominale duur van 3 jaar.

Het CNES is verantwoordelijk voor het globaal technisch en financieel beheer van de PICARD-missie, en de dienst DCT/PS/CMI is bevoegd voor de ontwikkeling van het wetenschappelijke missiecentrum van PICARD (CMS-P). De Belgische staat verzekert de financiering van het CMS-P via het PRODEX-programma van de ESA.



Tijdens het jaar 2007 richtten de betrokkenen de eerste versie van het wetenschappelijke missiecentrum van PICARD in. Na een openbare aanbesteding bij 4 Belgische bedrijven in juni 2006 kreeg het bedrijf SPACEBEL de uitvoering van dit missiecentrum toevertrouwd.

In november 2007 hebben het CNES en het B.USOC een werkvergadering van twee dagen gehouden in de lokalen van de Koninklijke Sterrenwacht van België. Deze vergadering toonde alle toekomstige gebruikers van het CMS-P het potentieel qua diensten en producten van het missiecentrum.

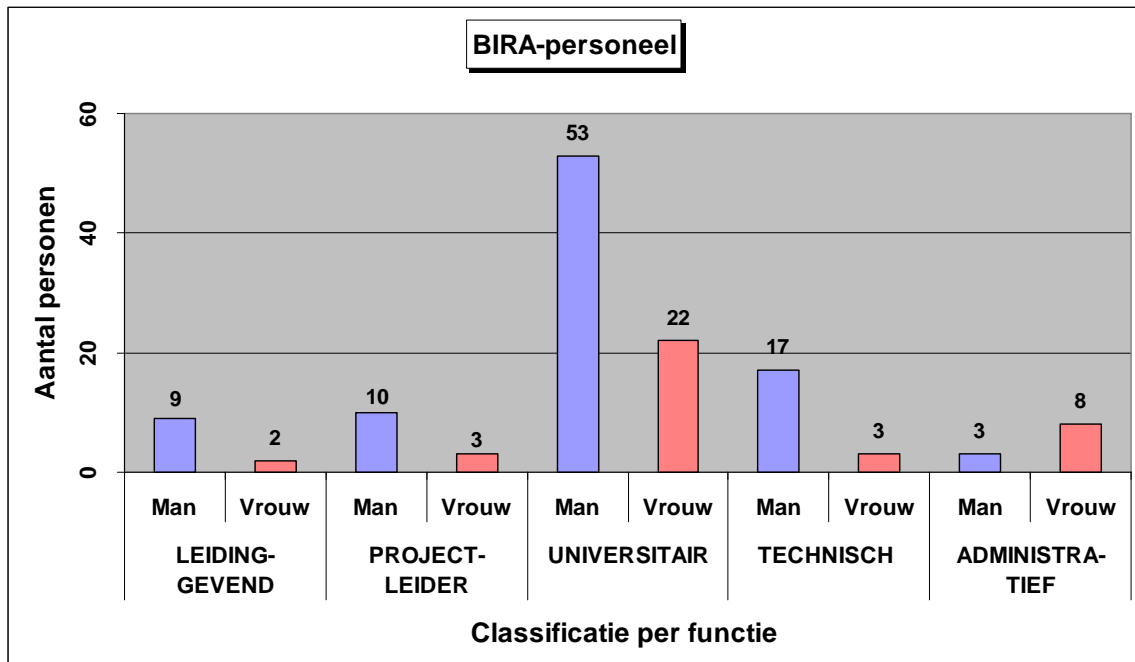
Deel 2: Werking

2.1 Personeel – Structuur

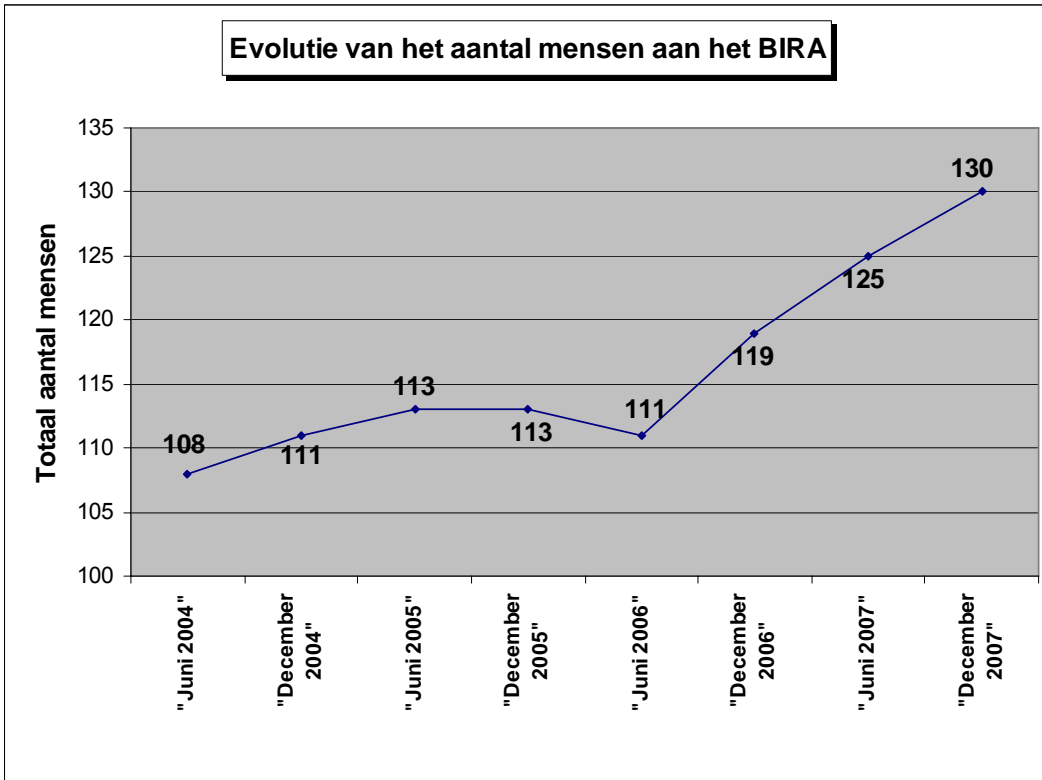
2.1.1 Personeelsbestand in cijfers (referentiedatum: 31/12/2007)

	Statutair personeel	Contractueel personeel	Totaal	VTE
Wetenschappelijk personeel	20	53	73	71,45
Administratief personeel	32	25	57	53
Totaal	52	78	130	
VTE	49,4	75,05		124,45

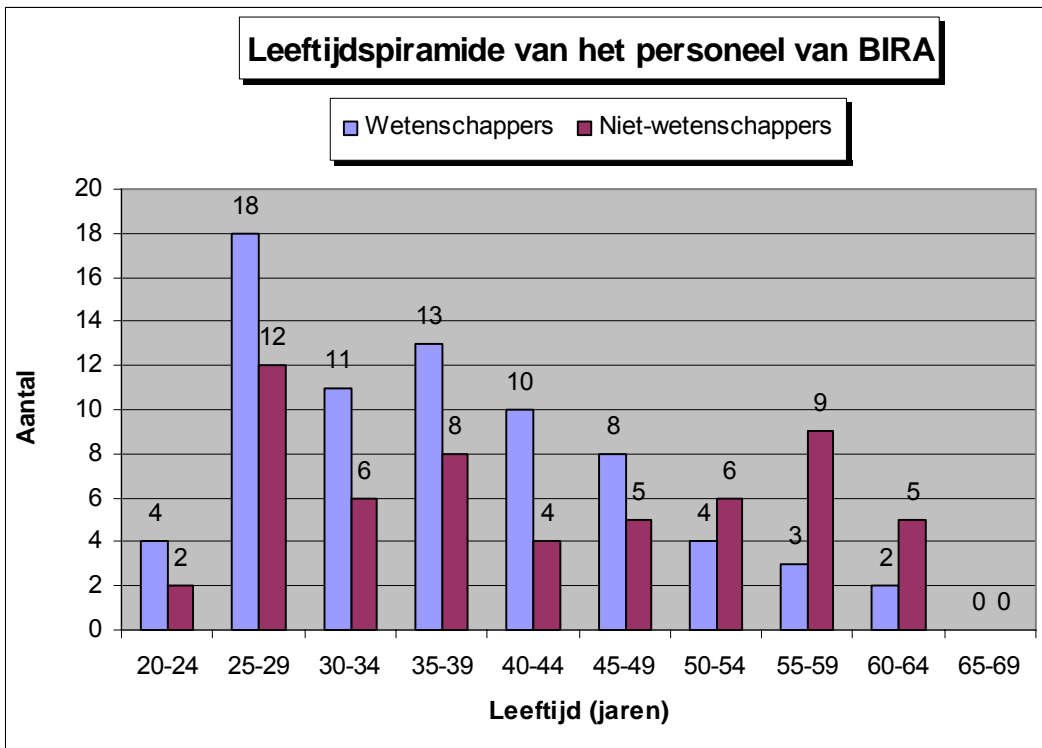
2.1.2 Verhouding man – vrouw volgens functieclassificatie



2.1.3 Recente personeelsevolutie



2.1.4 Leeftijden wetenschappelijk en niet-wetenschappelijk personeel



2.1.5 Wetenschappelijk personeel

Volgende leidinggevende functies werden via een mandaat van 'tijdelijke hogere functies' waargenomen gedurende 2007.

- Hoofd van departement II: Theoretische Aëronomie.
- Hoofd van afdeling 3: Atmosferische en interplanetaire natuurkunde en scheikunde.
- Hoofd van departement III: Experimentele Aëronomie.
- Hoofd van afdeling 5: Fotochemie.

Er vond 1 bevordering tot de graad van geaggregeerd werkleider plaats.

Er werden geen bevorderingen naar een hoger niveau gerealiseerd voor het personeel van de administratieve loopbaan.

2.2 Communicatie

2.2.1 Inleiding

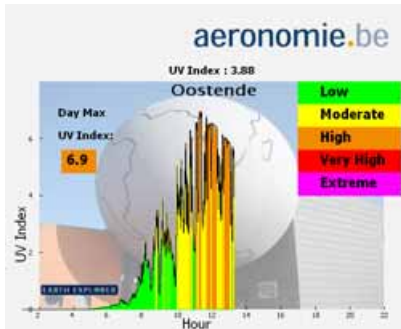
Het BIRA heeft de opdracht wetenschappelijke en technologische expertise te verwerven op het gebied van de ruimte-aeronomie en deze informatie te verspreiden.

2.2.2 Didactisch materiaal: websites, spacequiz, posters

De algemene **website van het BIRA** (<http://www.aeronomie.be>) bestaat in het Frans, het Nederlands en bijna volledig in het Engels. De communicatiecel zorgt voor het 'dagelijks onderhoud'. De site volgt ook de internationale wetenschappelijke actualiteit rond de ruimte-aëronomie nauwgezet op. Voor bepaalde projecten levert de communicatiecel nieuwe pagina's of minisites. Een voorbeeld hiervan is te vinden op www.aeronomie.be/spectrolab.



Hetzelfde geldt voor het B.USOC-centrum, dat hoewel het deel uitmaakt van het BIRA, ook over een eigen website beschikt. De site is autonoom, maar behoort toch tot dezelfde familie dankzij de bijna identieke lay-out, zie <http://www.busoc.be>.



Het BIRA zorgde verder voor vernieuwde pagina's over de UV-waarnemingen op lange-termijn, en ook de UV-index gemeten in Ukkel, Oostende en Redu is nog steeds live (om de minuut!) te volgen via de website. In 2007 is er ook een directe link met de webpagina's van URANIA tot stand gebracht, zodat onze live UV-index nu ook op <http://www.uranias.be> is af te lezen.

Eind 2007 startte een externe firma met het opzetten van een aparte site over de Columbus-missie op <http://www.busoc.be/columbus>. Deadline voor deze site was de lancering van het ruimteveer begin 2008. Daarnaast was 2007 boven alles het Internationaal Heliofysisch Jaar. Om onze ster te eren, creëerden webontwikkelaars van het BIRA de Belgische portaalsite op volgend adres: <http://www.oma.be/ihy2007>.

De communicatiecel actualiseert verder ook regelmatig de quizvragen van de **interactieve quizcomputers**. De BIRA-medewerkers vertaalden dit jaar alle vragen in het Engels om nog een groter aantal spelers te kunnen bereiken.

Gebaseerd op de “SpaceQuiz” van het BIRA werd, in het kader van het Internationaal Heliofysisch Jaar, een tweede quiz met de naam “Helioquiz” gecreëerd.

2.2.3 Evenementen en tentoonstellingen

Het BIRA zette een tentoonstelling op over de **UV-index** in de grote inkomhal van het Euro Space Center van Redu. Het instituut presenteert er de eigenschappen van UV-straling, de UV-stations, het tot stand komen van de live UV-index en de gevaren voor de mens (*februari 2007*). Ook voor het evenement “Dimanche des sciences” in het Centre de Culture Scientifique van Parentville legde het BIRA het accent op de UV-index (*mei tot december 2007*).

In het kader van de tentoonstelling **matière et matériaux** aan de Université du Travail in Charleroi leverde het BIRA posters, een interactieve quizcomputer en standhouders (*maart 2007*).

Het BIRA droeg verder bij aan de opendeurdagen van Volkssterrenwacht URANIA, met als centraal thema **50 jaar Spoetnik** (*september*). Een maand later (*oktober*) gebeurde dit opnieuw voor een tentoonstelling rond hetzelfde thema in het planetarium van de Koninklijke Sterrenwacht te Brussel.



Tijdens de **opendeurdagen** van de 3 instituten van het Plateau in Ukkel presenteerde het BIRA haar activiteiten. Het centrale thema van deze editie was de 50^{ste} verjaardag van het International Geofysisch Jaar (IGJ). Dit is het jaar waarin de eerste kunstmatige satelliet in een baan rond de Aarde kwam (*oktober 1957*).

Tijdens de opendeurdagen stonden ook andere actuele thema's centraal, zoals het **Internationaal Heliofysisch Jaar (2007-**

2008) en het Internationaal Pooljaar (2007-2009). Via verschillende activiteiten maakte de bezoeker kennis met bijdragen van het BIRA in dit verband. De bezoekers konden satellieten op schaal bewonderen, hun kennis testen met de Space Quiz, enz. Het BIRA verzorgde ook een historische hoek, beginnend met de lancering van Spoetnik tot aan de vele Belgische bijdragen, waaronder de vluchten van Dirk Frimout (1992) en Frank De Winne (2002). De benedenverdieping en de “B.USOC-operation-room” van het BIRA waren toegankelijk voor het publiek. Bovendien kwamen monitoren van het Euro Space Center in Redu het BIRA vervoegen om een aantal buitenactiviteiten (waterraket, springkasteel, enz.) te verzorgen (*oktober 2007*).

In de Bibliotheek van Woluwe heeft het BIRA een tijdelijke tentoonstelling over **Mars Express** opgezet (*oktober tot november*) en over datzelfde thema presenteerde het BIRA samen met Bruspace een stand op het Salon Du Bourget in Frankrijk.

Voor een tentoonstelling van de Europese Commissie in het kader van **GMES** (Global Monitoring for Environment and Security) in Munchen leverde het BIRA tentoonstellingsmateriaal rond het thema “observeren van op land en van uit de ruimte”.

2.2.4 Persrelaties

In 2007 verstuurde het BIRA persberichten over volgende onderwerpen:

- Publicatie van een BIRA-artikel over het Venus-onderzoek in het prestigieuze “Nature”-magazine (*november*).
- Samenwerking België-China in het kader van een project rond atmosferische vervuiling (*juni*).
- Bijdrage van het BIRA in het klimaatonderzoek naar aanleiding van de door Wetenschapsbeleid georganiseerde persconferentie over de IPCC-subgroep in Brussel (*maart*).
- Opendeurdagen van het BIRA en het plateau van Ukkel (*oktober*).
- UV-index (*juni*).
- Lancering van de Columbus-module naar het ISS (*december*).

Media als VRT, VTM, RTBF, RTL, Knack, Le Soir, De Standaard, de ESA-website, de Urania-website, Fedra, Het Laatste Nieuws, Gazet van Antwerpen, De Tijd, L’Echo, Skynetnieuws, enz. pikten onze thema’s meermaals op. Twee voorbeelden:

- “*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 broeikas-effect*”, Kim De Rijck, De Standaard.

2.2.5 Science Connection van het Federaal Wetenschapsbeleid

De communicatiecel ondersteunde wetenschappers van het BIRA bij het schrijven van (en/of schreef zelf) vulgariserende artikels voor het tijdschrift van het Federaal Wetenschapsbeleid 'Science Connection' over de volgende thema's:

- Heliofysisch onderzoek in België – De Zon en haar invloed op de Aarde (in het kader van het Internationaal Heliofysisch Jaar) (*speciaal nummer*).

“Wat heeft de heliosfeer te maken met de Aarde? Wetenschappelijk onderzoek op het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie“, door Johan De Keyser en Viviane Pierrard.

- "ATV en Columbus, een ruimte cargo en ruimtelabo voor het ISS" in Space Connection nr. 62, (*december*).

2.2.6 Interne communicatie

De communicatiecel houdt zich ook bezig met interne communicatie via het dagelijks beheer van een groot deel van het intranet. De cel ondersteunt ook ten volle andere activiteiten die gezelligheid en teamgeest binnen het BIRA kunnen bevorderen. Een voorbeeld van zulke evenementen is de deelname van de BIRA-ploeg aan de 20 km door Brussel. Ook worden op pensioen vertrekkende collega's gevierd zoals het hoort. Powerpointpresentaties geven daarbij een mooi beeld van de vaak lange carrière aan het BIRA.

2.2.7 Wetenschappelijke communicatie

Een vorm van communicatie waar de cel communicatie niet echt bij betrokken dient te worden, is de wetenschappelijke communicatie. Met deze term verwijzen we naar één van de basiselementen van het wetenschappelijk onderzoek: de communicatie tussen wetenschappers onderling. De onderzoekers van het BIRA publiceerden in 2007 een 80-tal publicaties (zie bijlage) en zijn betrokken bij iets minder dan 40 nationale en internationale projecten, vaak met belangrijke verantwoordelijkheden als activiteitenleider of coördinator.

Voor de organisatie van de workshops « plasmasphere » (*september*) en « Picard » (*oktober*) bood de communicatiecel evenwel toch ondersteuning. Om specialisten in ruimteweer te informeren over het Spenvis-project nam het BIRA deel aan de RADECS-conferentie in Deauville, Frankrijk (*september 2007*). Voor deze gelegenheid bracht het BIRA een leaflet uit, voor een wetenschappelijk publiek in het Engels, het Nederlands en het Frans.

2.3 Budget

De budgettaire middelen van het Instituut kunnen op de volgende manier worden onderverdeeld:

- Personeelsenveloppe
- Dotatie van de federale administratie (sectie 0)
- Eigen inkomsten (sectie 1)
- Lotto, ministeriële onderzoeksprogramma's (sectie 2)
- Inkomsten vanwege derden, onderzoekscontracten (sectie 3)
- Reservefonds (sectie 4)

De personeelsenveloppe

Dit omvat de salariskosten voor het statutair personeel (wetenschappelijk en administratief). Voor 2007 was hiervoor een budget van 3.466.014€. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de nieuwe statuten voor het wetenschappelijk personeel. Dit budget omvat het statutair personeelsverloop (o.a. aanwervingen en promoties).

Sectie 0 – dotatie van de federale administratie

Inkomsten: het totaal, overschot inbegrepen, bedroeg 1.319.000 €

Uitgaven:

Personeel: 81.700 €

Algemene werkingsmiddelen voor het Instituut: 251.000 €

Specifieke werkingsmiddelen, gekoppeld aan de projecten: 400.000 €

Algemene uitrusting: 128.000 €

Specifieke uitrusting: 215.000 €

Sectie 1 – eigen inkomsten

Personeel: 139.000 €

Werking: 40.000 €

Sectie 2 – inkomsten van Lotto, ministeriële onderzoeksprogramma's

Inkomsten (subsidies): 1.550.000 €, waarvan 1.037.450 € voor het Solar-Terrestrial Center of Excellence

Uitgaven:

Personeel: 558.500 €

Werking: 67.500 €

Uitrusting: 162.000 €

Sectie 3 – fondsen vanwege derden (ESA, EC, enz.)

Inkomsten: 3.449.500 €

Uitgaven:

Personeel: 2.065.000 €

Werking: 895.000 €

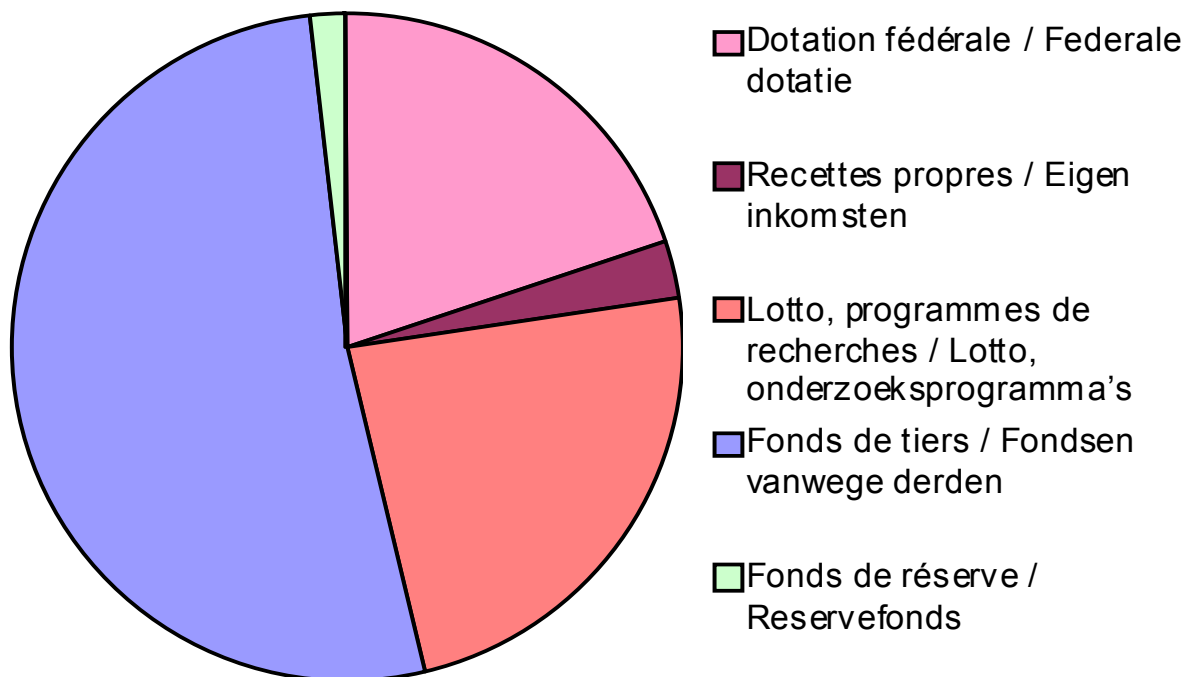
Uitrusting: 141.000 €

Het BIRA wil in het bijzonder de verschillende betrokkenen bij het Prodex-programma (PROgramme de Développement d'EXpériences scientifiques) en andere programma's van de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA bedanken voor hun samenwerking.

Meer dan 65% van de beschikbare middelen in het deel "Inkomsten vanwege derden" uit het budget 2007 zijn afkomstig van Prodex-financiering. Het blijkt dus van cruciaal belang voor ons Instituut om nauw samen te werken met de beheerders van dit programma, zowel binnen het Federaal Wetenschapsbeleid met de Dienst Ruimteonderzoek en –toepassingen, als met het Prodex-bureau van de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA.

Sectie 4 – reservefonds

Het huidige saldo van het reservefonds bedraagt 110.608 €



2.4 ICT

Het jaar 2007 was voor de afdeling ICT een jaar van consolidatie. De nadruk lag op een vereenvoudiging en uniformisering van de infrastructuur in combinatie met een uitbreiding van de opslag- en verwerkingscapaciteit. Wat betreft de ICT-samenwerking tussen de 3 instituten van de Pool Ruimte op het Plateau te Ukkel concentreerden de activiteiten zich rond 2 belangrijke projecten: de installatie van een nieuwe file server en de aanvang van fase 2 van het 'compute server project'.

2.4.1 ICT-infrastructuur van het BIRA

Op het niveau van de basis-ICT-infrastructuur van het instituut startte en/of realiseerde het BIRA verschillende projecten die hoofdzakelijk als doel hadden om de betrouwbaarheid en de beheersbaarheid van het geheel te verhogen. Bijkomend werd de bestaande infrastructuur uitgebreid om aan de steeds toenemende vraag naar capaciteit tegemoet te komen.

Een van de belangrijkste gerealiseerde projecten is dit van de uniformisering van het machinepark van het instituut, zowel van de werkposten als van de servers. In 2007 vervingen de informatici de laatste oudere servers door nieuwe systemen van het type Intel/Linux. Hierbij maken ze zo veel mogelijk gebruik van standaard-servers met het Linux-beheerssysteem en onderling uitwisselbare hardwarecomponenten. Dit vereenvoudigt de installatie en het beheer van de servers en verhoogt tegelijk de betrouwbaarheid van de ganse infrastructuur door het verminderen van mogelijke compatibiliteitsproblemen. Tevens laat het toe om flexibeler in te spelen op de vele nieuwe noden die zich ongepland aandienen.

Ook voor de werkposten van de gebruikers heeft de ICT-afdeling deze lijn doorgetrokken. Ze gebruiken daarbij waar mogelijk 'thin clients' die het BIRA-personeel toegang geven tot de Linux-servers en de meeste Windows-applicaties. Voor de mensen die een eigen PC nodig hebben gebruikt het BIRA standaardmodellen. Dit levert weer grote winst op bij installatie en onderhoud.

Een ander belangrijk project is de modernisering van de computerzaal. Zowel de airconditioning als de stroomvoorziening van de zaal was ontoereikend door de sterk toegenomen belasting van de groeiende infrastructuur. Het BIRA zette de nodige stappen voor de volledige vernieuwing van deze onderdelen. Hierbij koos het ICT-team voor een installatie die een maximale beschikbaarheid garandeert, zelfs in geval van panne.

Specialisten pasten bovendien de brandblusinstallatie van de zaal aan. Ze vervingen het bestaande CO2 blussysteem, dat een mogelijk gevaar opleverde voor het in de zaal aanwezige personeel, door een veiliger systeem op basis van Inergengas.

De steeds stijgende vraag naar opslagruimte voor wetenschappelijke data en de bijhorende nood aan verwerkingscapaciteit heeft ook geleid tot belangrijke investeringen op dit vlak. Om de opslag van grote hoeveelheden satellietgegevens mogelijk te maken, breidde het ICT-team de capaciteit van de bestaande BIRA-dataserver uit tot 30 Terabyte. In de toekomst is het de bedoeling om een hiërarchisch opslagsysteem te installeren, dat disk- en tape-opslag combineert om extreem hoge capaciteiten mogelijk te maken. Voor de verwerking van al deze gegevens is er ook steeds meer rekencapaciteit nodig. Daarom schafte het BIRA 4 bijkomende rekenservers aan om de bestaande cluster van machines te versterken.

2.4.2 ICT-infrastructuur Pool Ruimte

De gezamenlijke ICT-investeringen van de instituten van de Pool Ruimte dragen in belangrijke mate bij aan de dagelijks door iedereen gebruikte basisinfrastructuur. In 2007 realiseerden de ICT-verantwoordelijken 2 belangrijke projecten.

Eerst en vooral was er de installatie, configuratie en oplevering van de nieuwe file server. Deze machine legt belangrijke nieuwe accenten. Ten eerste is zeer veel aandacht besteed aan de beschikbaarheid van de server. Aangezien de meest belangrijke gebruikersgegevens (bijvoorbeeld e-mail) zich op deze server bevinden moet de beschikbaarheid extreem hoog zijn. Om deze maximaal te maken zijn alle belangrijke componenten ontubbelt en is er zelfs een 'disaster recovery'-systeem voorzien. Dit systeem bevindt zich samen met de back-up installatie in de computerzaal van het BIRA en neemt bij een catastrofale panne van de operationele server de activiteiten gewoon over. Het actieve systeem staat in de computerzaal van het KMI. Ten tweede ligt bij dit systeem de nadruk vooral op de toegevoegde waarde voor de gebruikers. Zo is er onder andere een ingenieus 'recovery-systeem' waarbij de gebruikers zelf toegang hebben tot frequent genomen back-ups van al hun gegevens.

De tweede belangrijke activiteit op het niveau van de Pool Ruimte was fase 2 van het 'compute server'-project. Dit omvat de toevoeging van een nieuwe server die een belangrijke capaciteitsverhoging zal opleveren voor het uitvoeren van zeer rekenintensieve parallele programma's, zoals atmosferische modellen. Wanneer de server operationeel is zullen er 192 bijkomende processoren beschikbaar zijn, met in totaal 576 Gigabyte aan werkgeheugen!

Publicaties

Statistieken voor de groep “Scheikunde en fysica van atmosferen” (60 medewerkers), voor het jaar 2007:

Het totale aantal artikels voor de groep komt op 62 in het jaar 2007, onderverdeeld als volgt.

- Publicaties in internationale tijdschriften met leescomité: 28.
- Publicaties in nationale tijdschriften met leescomité: 4.
- Publicaties in het kader van conferenties: 28.
- Andere: 2.

Statistieken voor de groep “Fysica van ruimteplasma’s” (10 medewerkers), voor het jaar 2007:

Het totale aantal artikels voor de groep komt op 21 in het jaar 2007, onderverdeeld als volgt.

- Publicaties in internationale tijdschriften met leescomité: 16.
- Publicaties in internationale tijdschriften zonder leescomité: 2.
- Publicaties in nationale tijdschriften zonder leescomité: 3.
- Andere: 1.

Opmerking: De volledige lijst is te vinden in de bijlagen.

Doelstellingen voor 2008

Nieuwe statuten voor het wetenschappelijk personeel.

In 2007 hebben de verschillende betrokken partijen hard gewerkt aan het in voege doen treden van de nieuwe statuten voor het wetenschappelijk statutair personeel.

Volgende Koninklijke Besluiten zijn in goedkeuring.

- Koninklijk Besluit van 20 april 1965 tot vaststelling van het organiek statuut van de Federale Wetenschappelijke Instellingen.
- Koninklijk besluit tot vaststelling van het statuut van het wetenschappelijk personeel van de federale wetenschappelijke instellingen.
- Koninklijk Besluit tot vaststelling van het geldelijke statuut van het Wetenschappelijk Personeel van de Federale Wetenschappelijke Instellingen.
- Koninklijk Besluit betreffende de aanduiding en uitoefening van de management-, staf- en leidinggevende functies in de Federale Wetenschappelijke Instellingen.

Het in goede banen leiden van deze verschillende veranderingen voor het wetenschappelijke personeel en het uitwerken van de verschillende implementatiedoelstellingen zijn de primaire doelen voor 2008. Voorbeelden hiervan zijn het uitwerken van functiefiches, het opmaken van een evaluatiematrix en het indelen van het personeel in de groep wetenschappelijk onderzoek of de groep wetenschappelijke dienstverlening.

Verder zal het BIRA als basis een nieuw organigram uitwerken dat in lijn is met de nieuwe managementfuncties van operationeel directeur. Bovendien moet het instituut nieuwe instrumenten uitwerken in verband met de perspectieven voor het contractueel personeel, met doorgroeimogelijkheden binnen een functionele organisatie.

Strategie

Er is nood aan een verfijning van de in 2005 vastgelegde strategie, die getoetst dient te worden aan de huidige noden en omstandigheden vanuit een wetenschappelijk en maatschappelijk perspectief.

Werkgroepen zullen deze uitdagingen uitdiepen, om in samenspraak met de Wetenschappelijke Raad, te komen tot een gezamenlijk perspectief en objectief voor de meer wetenschappelijk gerichte doelstellingen.

Consolidatie van het personeel

Om aan de vele uitdagingen tegemoet te komen, kende het Instituut in 2007 een belangrijke personeelsevolutie en -groei. Passend binnen de strategie is er een belangrijk accent gelegd naar wetenschappelijke dienstverlening.

De nieuwe opgestarte initiatieven en de nieuwe internationale samenwerkingen moeten allemaal bestendig worden. Op het gebied van personeel en toekomstperspectieven is 2008 voor het BIRA dus een consolidatiejaar.

Organisatie van dienstverlenende activiteiten

Het BIRA zal de dienstverlenende activiteiten verder uitbouwen en structureren. Waarschijnlijk zullen deze zich richten naar 3 verschillende deeldomeinen:

- Operationeel karakter van instrumenten aan boord van het Internationaal Ruimtestation en controle van wetenschappelijke Belgische missies.
- Activiteiten in het domein van het "Ruimteweer".
- Activiteiten in het domein van het "Scheikundig weer".

Ze zijn een verdere uitbouw van bestaande operationele activiteiten en het opstarten in een structurele basis gericht op de 2 thematische prioriteiten, zijnde "Scheikunde en fysica van atmosferen" en "Fysica van ruimteplasma's".

Regie der Gebouwen

In 2006 en 2007 heeft het BIRA heel wat voorbereidend werk verricht voor een significante verbetering van de infrastructuur.

De bestaande gebouwen vragen om renovatie en vereisen een aanpassing naar de huidige behoeften. Extensie is nodig om de personeelsgroei en de nieuwe dienstverlenende activiteiten op een goede manier, in overeenstemming met de internationale uitstraling van het Instituut, te realiseren. Het duidelijk vastleggen van de budgettaire middelen en het uitwerken van de nodige projecten, dient te gebeuren samen met de Regie der Gebouwen.

Bijlage 1: Scheikunde en fysica van atmosferen

- Uitvoerig verslag in het Engels

- Publicaties

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 O₃ 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 O₃ 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 O₃ 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 (α -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 α -pinene degradation has been updated and the role of hydroperoxides from α -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).

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 NO₂) 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 Roozendael) and it uses prior information on the vertical profiles from the IMAGES model. The long-term trends of anthropogenic NO_x 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_x emissions is found to influence the lifetime (and therefore the abundance) of NO_x 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 H_3O^+ , NO^+ and 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 gas 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 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 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 SO₂, HCHO and NO₂, 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 SO₂ 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 NO₂, HCHO, SO₂, CHOCHO, BrO, O₃, 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 SO₂ 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 SO₂ 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 (NO₂, O₃, BrO and H₂CO).

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 NO₂, HCHO and SO₂ 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 gases**

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 O₃ vertical profiles from FTIR ground-based measurements at the Jungfraujoch. The O₃ 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 (CH₄), nitrous oxide (N₂O) 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 CH₄ have been compared, and a first evaluation of the latest version of the SCIAMACHY IMAP-DOAS data for CH₄ 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 CH₄ 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 Jungfraujoch (46°N). BIRA-IASB also collaborates with the University of Liège for the operation and exploitation of FTIR measurements at the Jungfraujoch. 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, Jungfraujoch) and operational data retrieval of NO₂, O₃, BrO and OCIO columns. NO₂ and O₃ 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 gases methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O) and ozone (O₃), the gases carbon monoxide (CO) and ethane (C₂H₆) that are indirect greenhouse gases, as well as for hydrogen cyanide (HCN) and the stratospheric species hydrogen chloride (HCl), hydrogen fluoride (HF) and nitric acid (HNO₃). 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 O₃, CH₄, H₂CO, HNO₃ 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 NO₂, O₃ 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 NO₂ observations at Harestua (BrO) and Jungfraujoch (NO₂).
- 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 NO₂ 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 NO₂ 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-gas 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 CH₃D from FTIR spectra have been developed, in collaboration with the partner at the University of Liège.

NOVAC (UVVIS)

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 gas emissions by UV absorption spectroscopy. In addition data are exploited for global estimates of volcanic gas emissions, large scale volcanic correlations and satellite validation. Since instruments can also measure stratospheric NO₂, 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 as 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 NO₂. 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 (GAS)
- 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, N₂O, NO₂, CH₄, HNO₃, and O₃ 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 O₃ 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 O₃ profile, UV-visible spectrometers for O₃, NO₂ and BrO columns, Brewer and Dobson spectrophotometers for O₃ columns. In particular, SCIAMACHY limb NO₂ and BrO profiles have been confronted to the IASB UV-visible measurements of NO₂ 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 O₃, NO₂, BrO, CO, CH₄, and N₂O 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 O₃ and NO₂ 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 NO₂ 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 (O₃, NO₂, CH₄, N₂O, HNO₃, BrO, temperature)
- Study of line-of-sight issues during the second SAUNA campaign

Characterisation and maturation of O₃ 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 O₃ 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 O₃ and NO₂ 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 O₃ and NO₂ 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 O₃ and NO₂ long-term validation
- Study of new SCIAMACHY SGP 4.0 O₃, NO₂ and BrO column/profile data
- Validation of OMI O₃, NO₂ and BrO column data retrieved at NASA and at KNMI
- End-to-end GOME-2 NO₂ 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 O₃ 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 Jungfraujoeh
- Routine validation of several Envisat atmospheric chemistry data products (O₃, NO₂, CH₄, N₂O, HNO₃, 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 CH₄ data and associated publication
- Contribution to geophysical validation of temperature profile data from ACE-FTS, and of O₃ and NO₂ 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 NO₂ 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: NO₂ from Harestua, O₃, HCl, HF, HNO₃, N₂O, CH₄ from the FTIR campaign at Ile de La Reunion in 2004.

PRODEX NO_y-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_y 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 NO₂, 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 NO₂, 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 NO₂ 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. NO₂ 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 O₃ profile climatology, in comparison with the TOMS (version

8) of O₃ 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 O₃, NO₂, and BrO total columns.

Activities in 2007:

- Comparisons between the O₃ and NO₂ 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 O₃ operational product.
- Evaluation of the influence on total O₃ 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 O₃ columns, TOSOMI (KNMI) and also ground-based measurements. Evaluation of the long-term trend of the quality of the SCIAMACHY O₃ 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 (O₃, NO₂, HNO₃, N₂O, CH₄, and H₂O). 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 N₂O and HNO₃ (Vigouroux et al., 2007).

Started in 2006, the assimilation of GOMOS data (O₃ and NO₂) has continued in 2007. These analyses have been intercompared with MIPAS analyses and good agreement was found between the two sets of analyses for O₃ and NO₂.

A paper on BASCOE analyses of O₃ and NO₂ from MIPAS assimilation has been submitted in ACPD. Another study (to be published in 2008) on intercomparison of H₂O 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 SO₂ 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: F. Daerden, C. Verhoeven; Frank.daerden@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 gas-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. Mateshvili [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 CO₂, O₃ and dust. CO₂ absorb all the radiation under 180 nm but its distribution is quite homogeneous and has not been investigated here. O₃ 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,...). We successfully retrieved the total column of ozone on all the two years records of Mars-Express mission using the Beer-Lambert's law:

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

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_3), $[O_3]$ is the vertical integrated ozone column (molecules/cm²), σ_{O_3} is the ozone absorption cross section (cm²/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_3 concentration and compare these with the previous values already obtained. Using these O_3 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 CO₂. 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: CO₂, CO, HCl, HF, H₂O 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 CO₂ [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 gas 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 & NO2 (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 NO₂ 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 NO₂ 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 NO₂ 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 (SO₂) 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 SO₂ 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 SO₂ 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.
- SO₂ 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, SO₂ and NO₂. 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 NO₂ slant columns from the new GOME-2 instrument. Settings are based on available experience 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 H₂O data (no observations of methane are available for this instrument) for the period 1992-Apr 1993 (MLS ceased to provide H₂O 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, H₂O 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. Vanhellemont, 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 O₂⁺ and NO⁺ 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 NO₂ 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⁻¹ 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.
 - Mateshvili N., D. Fussen, F. Vanhellemont, 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.
 - Mateshvili, N., D. Fussen, F. Vanhellemont, 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 Roozendael, 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 H₃O⁺, NO⁺ and O₂⁺ with a series of C₅, C₆ and C₈ 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_x 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. Vanhellemont, 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 N₂O and HNO₃ 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 HNO₃ 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 NO₂ 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 CH₂O 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)
- Kyrölä 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. Comparison 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)
 - Stavrakou, 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., Snoej, 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 CH₄ 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.

Bijlage 2: Fysica van ruimteplasma's

- Uitvoerig verslag in het Engels

- Publicaties

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 plasmopause is determined by the interchange instability mechanism for the formation of the plasmopause, 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 plasmopause 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 plasmopause were studied and compared with observations. Study cases with double plasmopause 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)

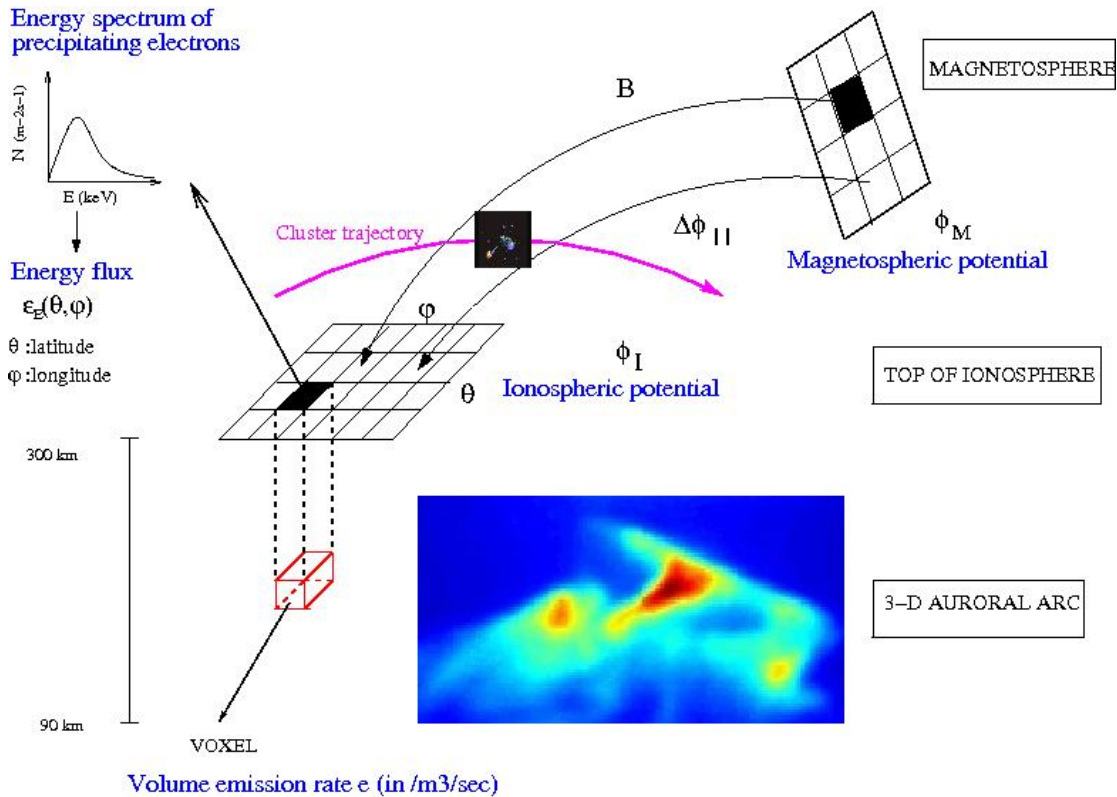
We discuss a model for the quasi-stationary coupling between magnetospheric sheared flows in the dusk sector and discrete auroral arcs, previously analyzed for the case of a uniform height-integrated Pedersen conductivity (Σ_P). In 2007 we have introduced an ionospheric feedback as the variation of Σ_P with the energy flux of precipitating magnetospheric electrons (ϵ_{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 Φ_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, Φ_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 $\mu A/m^2$ 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 ϵ_{em} are higher

than in the case of a uniform Σ_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 ϕ_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 ϕ_I giving an a priori 1-D distribution of ϕ_M . Because we already know the potential difference, $\Delta\phi_{||} = \phi_I - \phi_M$, the a priori distribution of ϕ_M can be improved until the distribution of ϕ_I is optimized. Therefore with this method we obtain both the 2-D distributions of ϕ_I and ϕ_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°–2° 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” (ASAIID). 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 ASAIID 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 ASAIID 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 ASAIID 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 gas 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⁺ and H⁺ outflows: The effect of finite electromagnetic turbulence wavelength, *Annales Geophysicae*, 25, 2195-2202, 2007. (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. Fornaçon, 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 ASID, *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⁺ and O⁺ 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.org2007/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