

**CENTRES DE SERVICES ET RESEAUX DE RECHERCHES**

**PROJET**

**SPACE ENVIRONMENT MODELLING  
AND STUDIES**

**SEMS**

**IASB / BIRA :**

**J. LEMAIRE  
L. BOSSY  
M. ROTH  
J.M.LESCEUX**

**UCL (UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN) :**

**A. VANDER VORST**

**RUG (RIJKSUNIVERSITEIT GENT) :**

**FRANK VERHEEST**

**- MAI 1991 -**

Projet

SPACE ENVIRONMENT MODELLING AND STUDIES

**SEMS**

Version française (parties I et II)	1
Version néerlandaise (parties I et II)	19
Version anglaise (partie II)	37
Annexes: curriculum-vitae	48

Projet proposé pour le programme**CENTRES DE SERVICES ET RESEAUX DE RECHERCHES****PARTIE I****Titre du projet:**SPACE ENVIRONMENT MODELLING AND STUDIES (SEMS)**Noms des co-promoteurs:**à l'IASB/BIRA (Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique)

Joseph LEMAIRE (promoteur IASB),  
 agrégé de l'enseignement supérieur,  
 chef de section à l'IASB,  
 professeur invité à l'UCL.

Lucien BOSSY, (co-promoteur IASB)  
 professeur émérite à l'UCL.

Michel ROTH, (co-promoteur IASB)  
 chef de travaux à l'IASB.

Jean-Michel LESCEUX, (co-promoteur IASB)  
 Dr. Sc. Physiques de l'Univ. de Mons,  
 détaché à l'IASB de l'enseignement secondaire  
 pour mission spéciale,  
 chercheur à l'IASB.

à l'UCL (Université Catholique de Louvain):

André VANDER VORST, (promoteur UCL)  
 professeur à la faculté des  
 Sciences Appliquées de l'UCL.

à la RUG (Rijksuniversiteit Gent):

Frank VERHEEST, (promoteur RUG)  
 professeur à la faculté des Sciences de la RUG

**Résumé des objectifs scientifiques.**Enoncé des objectifs :

I. Etude des processus physiques qui contrôlent les distributions du plasma magnétosphérique, des particules énergétiques piégées dans les zones de radiation de Van Allen, des rayons cosmiques solaires dans le champs géomagnétique, des micro-météorites et débris satellisés dans l'espace, ainsi que des ondes radioélectriques dans l'environnement spatial de la Terre.

II. Développement, à partir d'observations par satellites disponibles dans les centres de données, de

nouveaux modèles empiriques globaux de la distribution des paramètres caractéristiques de l'environnement spatial.

#### Utilisation des modèles :

Ces types de modèles sont destinés à être utilisés par les scientifiques chargés de la construction d'instruments de mesure et par les ingénieurs de l'industrie aérospatiale. Ces modèles permettent d'évaluer, pendant la durée complète d'une mission spatiale, les doses de radiation ionisante, les probabilités d'impact de micro-météorites ou de débris, les risques de micro-décharges électrostatiques et de "Single Events Upsets (SEU)" dans des systèmes électroniques ainsi que les flux moyens d'ondes radio en fonction de la fréquence.

Ces nouveaux modèles globaux et les observations satellitaires qui auront servi à les établir constitueront une banque de données qui sera mise à la disposition des utilisateurs scientifiques et industriels.

#### Les antécédants :

Le présent projet fait suite à une étude intitulée "TERRESTRIAL RADIATION ENVIRONMENT DEVELOPMENT (TREND)" que l'IASB a réalisée pour le compte de l'ESA, en 1989-90, en collaboration avec MATRA-ESPACE (Toulouse) et SPACE TECHNOLOGY Ireland (Dublin) (cnf. rapport final de TREND sous contrat No 8011/88/NL/MAC, disponible à ESA/ESTEC, Publication Division, Noordwijk)

#### Les différents aspects du projet :

Les réalisations proposées dans le cadre de ce "Réseau De Recherches (RDR)" comporteront cinq aspects complémentaires:

1) Etude et modélisation de la distribution du plasma dans la magnétosphère: particules chargées d'énergie inférieure à 100 keV à l'origine des aurores boréales, du "ring current", de la plasmasphère et de l'ionosphère. Une concentration trop forte de ce plasma peut occasionner des décharges électriques dans les circuits des véhicules spatiaux; ce plasma magnétosphérique et ionosphérique conditionne également l'émission et la propagation des ondes radio à différentes fréquences.

L'analyse des ondes magnétodynamiques (MHD) dans ces plasmas constitués de plusieurs composants ioniques et de grains solides est envisagée à l'Université de Gand (RUG) dans le cadre de ce RDR.

2) Etude et modélisation de la distribution des particules énergétiques dans la magnétosphère : électrons et ions de plus de 100 keV injectés lors

d'éruptions solaires, ainsi que les particules chargées piégées dans le champ géomagnétique qui constituent les zones de radiation de Van Allen. Ces radiations ionisantes constituent un danger pour les astronautes et les composants électroniques placés derrière le blindage des satellites artificiels. Une mise à jour des modèles existants depuis 1970 s'avère être indispensable actuellement; la création de nouveaux types de modèles des zones de radiation de Van Allen est également une nécessité qui ressort des conclusions de TREND. Cette partie du RDR sera principalement réalisée à l'IASB.

3) Etude et modélisation de la distribution des grains solides (micro-météorites et débris de fusées ou de satellites) en orbite autour de la Terre à des altitudes supérieures à 100 km. L'impact de ces grains constitue également un danger dont les ingénieurs doivent évaluer le risque à partir de modèles empiriques tels que ceux de l'ESA, et que nous envisageons de tenir à jour et d'améliorer. Cette partie du RDR sera également réalisée à l'IASB.

4) Analyse théorique des effets des ondes électromagnétiques sur le comportement des particules piégées dans le champ géomagnétique. Etude de la 'pollution du milieu naturel' par des émetteurs d'ondes électromagnétiques situés au sol ou à bord de véhicules spatiaux. Ces aspects seront considérés en partie à la RUG et en partie à l'UCL.

5) Etude et modélisation de l'influence de l'environnement spatial sur les télécommunications, en envisageant les diverses bandes de fréquences possibles ainsi que les différents types de liaisons (terre-satellite, satellite-satellite, terre-espace, espace-espace). Ce volet sera réalisé à l'UCL.

### **Aspects budgétaires:**

Le budget détaillé par années et par équipe est repris dans le tableau récapitulatif de la partie II. Il comprend outre les frais d'équipement et de fonctionnement, l'engagement d'un chercheur dans chacune des Universités (RUG et UCL), de deux chercheurs et d'un technicien en informatique à l'IASB. Pour réaliser les tâches proposées nous nous assurerons également le concours de spécialistes étrangers qui participeront à ce projet comme consultants extérieurs.

Les frais d'achat de l'équipement informatique complémentaire et les coûts de développement de logiciels spécifiques sont compris dans les frais d'équipement (voir tableau dans Partie II). Certains logiciels permettant de traiter les données de

l'Institut de Recherche Spatiale de l'Académie des Sciences d'URSS (IKI) seront réalisés sous contrat extérieur.

### **Brève description des équipes:**

Le projet SEMS réunit des scientifiques de l'IASB, de la RUG et de l'UCL. Les chercheurs impliqués dans ce RDR ont les qualifications et l'expérience nécessaire pour entreprendre et diriger ce travail; ils ont publié dans leur domaine de recherche respectif des articles scientifiques parus dans des revues internationales telles que Journal of Geophysical Research, Astrophysical Journal, Annales Geophysicae, Planetary and Space Sciences, Physics of Fluids, Journal of Plasma Physics, ... Ces publications confirment la compétence de chacun des membres de ce RDR dans le domaine d'investigation dont il sera responsable au sein de ce projet.

J. LEMAIRE a acquis grâce au projet TREND, dont il a été le " Project Manager ", une expérience solide dans le domaine de la modélisation des particules piégées par le champ géomagnétique dans les zones de radiation de Van Allen. Au cours de cette étude il a apporté des améliorations déterminantes aux programmes utilisés par l'ESA pour le calcul des coordonnées B-L employées dans la modélisation des zones de radiation ionisantes de Van Allen; il a par ailleurs développé des modèles cinétiques du vent solaire, du vent polaire, de la plasmasphère, et de l'interaction entre le vent solaire et la magnétosphère. Il est actuellement intéressé par l'interaction entre le vent solaire et les micro-météorites du milieu interplanétaire. Il a publié plus de 90 articles à propos de plasmas observés dans différentes régions de l'espace. Il enseigne le cours de "Physique de la haute atmosphère et de l'espace" à l'UCL depuis 1985.

L. BOSSY, est un ionosphériste averti. Il est professeur émérite de l'UCL. Il préside le comité international IRI (INTERNATIONAL REFERENCE IONOSPHERE) chargé d'établir un modèle global de l'ionosphère de la Terre. Il collabore à cet effet avec les universités de Lowell et de l'Utah (USA) et de Freiburg (RFA). Il a apporté plusieurs contributions à l'étude des trajectoires de particules du rayonnement cosmique dans le champ géomagnétique.

M. ROTH est chercheur à l'IASB, où il a développé des modèles cinétiques des "Discontinuités Tangentielles" observées dans le vent solaire et dans la magnétosphère. Il étudie actuellement la stabilité des couches de courant électrique séparant deux régions de plasma différentes. Il est Co-Investigateur avec J.Lemaire d'un projet d'étude interdisciplinaire dans le cadre de la mission interplanétaire ULYSSES. Dans le cadre du projet TREND, M. Roth a implémenté dans la

chaîne de programme UNIRAD de l'ESA un nouveau modèle de prédiction du flux et de la distribution d'énergie des protons de haute énergie émis lors des "solar flare proton events".

J.M. LESCEUX est chercheur à l'IASB où il a également participé partiellement au projet TREND. Il se spécialise dans l'étude et la détection de météorites et débris en orbite autour de la Terre et dans le milieu interplanétaire. En collaboration avec Joseph Lemaire, il a proposé une nouvelle méthode de détection des météorites dans l'espace à l'aide d'antennes électriques. Il analyse actuellement une banque de données de l'Union Astronomique Internationale contenant plus de 3000 éléments de trajectoires de météorites observés dans l'atmosphère de la Terre. Il possède une expérience considérable en programmation sur différents ordinateurs et dans différents langages de programmation.

L'équipe de l'IASB dispose actuellement des services d'un Technicien en Informatique, Mr. L. FEDULLO, travailleur dans un TCT (Troisième Circuit de Travail). Il connaît bien le matériel informatique (VAX, APOLLO, et PC), les "Operating Systems" (VMS, UNIX, MS-DOS) et le langage FORTRAN à l'aide duquel la plupart des logiciels du présent projet seront développés. Les connaissances de L. Fedullo dans le domaine des communications par courrier électronique entre réseaux ordinateurs sera également pour le projet SEMS un atout important.

L'équipe de l'IASB s'est assurée la collaboration de deux spécialistes étrangers (A.V. AFONIN, Space Research Institute, IKI, Moscou, URSS, et, A. VAMPOLA, Aerospace Corporation, El Segundo, USA) qui participeront à ce projet en qualité de consultants.

F. VERHEEST, est un physicien théoricien, spécialisé dans le domaine des ondes magnétohydrodynamiques et ion-acoustiques linéaires et non linéaires observées dans les plasmas de l'espace. Il a développé des modèles pour les ondes dans des plasmas à plusieurs composants ioniques. Il a contribué à des articles scientifiques qui ont été publiés dans des revues internationales. Son intérêt et sa compétence pour la modélisation du plasma magnétosphérique, les instabilités MHD qui s'y développent et les ondes d'Alfvén qui s'y propagent sont bien connus et en font un partenaire de choix pour le projet SEMS.

A. VANDER VORST, possède une réputation internationale dans le domaine des télécommunications spatiales. Il a conçu et développe des circuits générateurs d'ondes électromagnétiques centimétriques et millimétriques (circuits microruban, finlines et coplanaires). Il a procédé à l'acquisition et à l'exploitation de données obtenues par des stations

terriennes dans le cadre du projet OLYMPUS de l'ESA. Il a évalué les effets entre trajets horizontaux et inclinés dans le cadre de projets européens impliquant les P.T.T., et en particulier lors d'effets atmosphériques spéciaux. A. Vander Vorst est également connu internationalement pour ses travaux scientifiques dans le domaine biomédical concernant l'influence des champs électromagnétiques hyperfréquences sur le système nerveux. Son expérience dans le domaine de la modélisation et son intérêt pour l'influence de l'environnement électromagnétique sur les organismes vivants motive tout particulièrement sa participation active à SEMS.

### **Structure du réseau et modalités de coopération**

L'organisation générale du RDR sera assurée à l'IASB par J. LEMAIRE. Un rapport annuel ainsi que le rapport final seront rédigés à la suite de réunions de travail qui se tiendront régulièrement et alternativement dans les trois institutions impliquées.

La gestion scientifique des différentes études et des différents aspects des modélisations proposées ci-dessus, se fera sous la responsabilité de chacun des participants.

A. VANDER VORST sera responsable des aspects ondes électromagnétiques et télécommunications. Il sera secondé dans cette tâche par un ingénieur engagé dans le cadre de ce RDR.

Frank VERHEEST sera responsable des études et modélisation du plasma magnétosphérique ainsi que des ondes MHD qui s'y développent. Il sera secondé dans cette tâche par un ingénieur physicien ou un licencié en sciences engagé dans le cadre de ce RDR.

M. ROTH s'occupera des aspects liés à la modélisation des observations géophysiques des "Solar Protons Events". Il sera aidé dans ce travail par L. Fedullo, technicien en informatique.

J.M. LESCEUX sera en charge de l'analyse et de la modélisation des observations de micrométéorites et des débris en orbite dans l'espace. Il sera secondé dans cette tâche par un Post Doc engagé dans le cadre de ce RDR.

L. BOSSY et J. LEMAIRE dirigeront les activités de modélisation des flux de particules de hautes énergies piégées dans les zones de radiation de Van Allen. Ils seront assistés dans ces tâches par un licencié en sciences mathématiques et par un technicien en informatique engagés pour la réalisation de SEMS.

Projet proposé pour le programme  
**CENTRES DE SERVICES ET RESEAUX DE RECHERCHES**

**PARTIE II**

**Titre du projet:**

SPACE ENVIRONMENT MODELLING AND STUDIES (SEMS)

**Les participants au projet SEMS:**

à l'IASB/BIRA (Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique)

Joseph LEMAIRE (promoteur IASB),  
 agrégé de l'enseignement supérieur,  
 chef de section à l'IASB,  
 professeur invité à l'UCL.

Lucien BOSSY, (co-promoteur IASB)  
 professeur émérite à l'UCL.

Michel ROTH, (co-promoteur IASB)  
 chef de travaux à l'IASB.

Jean-Michel LESCEUX, (co-promoteur IASB)  
 Dr. Sc. Physiques de l'Univ. de Mons,  
 détaché à l'IASB pour mission spéciale de l'enseignement  
 secondaire.  
 chercheur à l'IASB.

à l'UCL (Université Catholique de Louvain):

André VANDER VORST, (promoteur UCL)  
 professeur à la faculté des  
 Sciences Appliquées de l'UCL.

à la RUG (Rijksuniversiteit Gent):

Frank VERHEEST , (promoteur RUG)  
 professeur à la faculté des Sciences de la RUG

Consultants étrangers :

Valérie AFONIN ,  
 chercheur qualifié au 'Space Research Institute'  
 (IKI) de l'Académie des Sciences d'URSS, Moscou.

A. VAMPOLA ,  
 chercheur qualifié à 'Aerospace Corporation' , El  
 Segundo , Californie .

## Description détaillée du projet.

### 1. Modèles des zones de radiation

#### a. Situation actuelle

Les programmes d'étude de l'Environnement (e.g. IGBP...) se focalisent en général sur les régions situées en dessous de la stratosphère ou de la mésosphère (càd la troposphère, l'hydrosphère, la biosphère, la stratosphère, ..). Les régions situées au-delà de la mésosphère (càd l'atmosphère supérieure, l'ionosphère, la plasmasphère, la magnétosphère...) ne sont généralement pas considérées comme faisant partie de l'Environnement immédiat de l'homme que son activité industrielle est susceptible de polluer ou de détériorer. Il n'existe pas actuellement de programme international pour modéliser et préserver cet Environnement Spatial, ni pour étudier les dangers de "pollution" et de détérioration que ce milieu encourt par suite de la mise en orbite d'un nombre croissant de systèmes complexes réalisés par l'homme.

L'homme lui-même sera amené à séjourner de plus en plus souvent et longtemps en dehors la biosphère afin d'effectuer des missions scientifiques et technologiques dans l'environnement spatial (au-delà de 100 km d'altitude). Or c'est dans ces régions de la haute atmosphère que les fusées, satellites artificiels et stations orbitales habitées (SPACE STATION, COLUMBUS, HERMES..) sont soumis:

(i) à l'irradiation permanente par les particules piégées dans les zones de radiation de Van Allen,

(ii) au bombardement sporadique de particules de haute énergie (de plus de 100 MeV) émises par le Soleil lors des éruptions chromosphériques,

(iii) aux impacts des micrométéorites et des débris satellisés par l'homme,

(iv) aux interférences des ondes radioélectriques.

La présence de ces particules de haute énergie constitue un danger pour les astronautes; ces particules sont également une source de détérioration et de mauvais fonctionnement des composants électroniques de plus en plus sensibles et complexes qui seront satellisés à l'avenir (cellules solaires, transputers, détecteurs, mémoires d'ordinateur de bord).

Les ingénieurs aéronautiques doivent calculer de manière aussi correcte et précise que possible la nature et l'épaisseur des blindages nécessaires pour protéger efficacement le personnel et le matériel en orbite (sans

toutefois alourdir indûment les structures); dès-lors ceux-ci doivent disposer de modèles fiables et précis des flux d'électrons et d'ions énergétiques dans cet environnement spatial. Il en résulte la nécessité d'une remise à jour des modèles AE8 et AP8 de la NASA, vieux de plus de 15 ans mais toujours actuellement en usage dans l'industrie aéronautique, pour estimer les doses de radiation au cours des missions spatiales en chantier.

Les prédictions des modèles AE8 et AP8 se sont révélées être en défaut de plus de 200 % le long de certaines orbites. Il ressort également du rapport final rédigé par TREND que ces anciens modèles sont particulièrement déficients à basse altitude (en dessous de 2000 km où la STATION SPATIALE et HERMES évolueront).

Dans cette région l'atmosphère joue aussi un rôle important sur les trajectoires des particules chargées que le champ géomagnétique. Or les modèles AE8 et AP8 sont organisés en terme des coordonnées B-L qui ne tiennent compte que de la distribution du champ magnétique terrestre, et nullement de la distribution de densité dans la haute atmosphère. Il y a donc lieu d'entreprendre non seulement une remise à jour des modèles AE8 et AP8, mais également de développer de nouveaux modèles basés sur un nouveau système de coordonnées tenant compte de la densité atmosphérique de la haute atmosphère.

b. Les solutions proposées par SEMS.

La mise à jour des modèles AE8 et AP8 ainsi que le développement de nouveaux modèles tenant compte de la densité atmosphérique sera un des principaux objectifs de SEMS. Il sera réalisé sous la responsabilité scientifique de J. Lemaire et L. Bossy à l'IASB. Un Licencié en Sciences Mathématiques et un Gradué en informatique seront engagés par SEMS pour effectuer ce travail à l'IASB.

La réalisation de cet objectif se fera en plusieurs étapes dont les phases principales sont résumées ci-dessous.

Pendant la période de formation du personnel engagé par le réseau, J. Lemaire prendra les contacts nécessaires avec les centres de données aux USA (NSSDC) et en URSS (IKI), en vue de rassembler les mesures de flux d'électrons et de protons effectuées à bord de différents satellites artificiels.

Les données intéressantes seront décodées et analysées en vue de leur intégration dans une base de données (de type relationnelle) qui sera mise en place sur les ordinateurs dont SEMS disposera à l'IASB et à l'UCL. Les programmes de décodage et d'analyse des données ainsi que la mise en place de la base de données, seront réalisés par le licencié et le technicien engagé par

SEMS avec l'aide du consultant V.A. Afonin (IKI). La partie du logiciel concernant le traitement de données provenant de IKI devra être développé en Belgique sous contrat extérieur par une firme spécialisée.

Dès que ces programmes seront opérationnels un long travail d'exploitation des observations contenues dans la base de données sera pris en charge par le technicien engagé par SEMS.

Parrallèlement à ces tâches, L. Bossy et J. Lemaire développeront un nouveau système de coordonnées qui tiendra compte de la distribution de la densité atmosphérique et qui remplacera le système B-L de McIlwain.

Par la suite les observations stockées dans la base de données seront modélisées en fonction de ces nouvelles coordonnées. Les valeurs moyennes des flux omnidirectionnels et directionnels ainsi que les déviations standard de toutes ces mesures seront alors utilisées pour le calcul des doses de radiation escomptées lors de certaines missions spatiales ( par exemple celles de la navette spatiale américaine ). Les doses ainsi estimées seront aussi comparées aux doses mesurées lors de ces missions et à celles estimées par les anciens modèles AE8 et AP8. Ces derniers travaux seront dirigés par J. Lemaire et le consultant A. Vampola ( Aerospace Corporation ). Les nouveaux modèles empiriques construits par SEMS et les résultats des comparaisons seront publiés dans des notes techniques et des articles qui seront présentés à des réunions internationales.

Notons que la mise en place de la base de données et son exploitation nécessiteront une extension des capacités de stockage du VAX de l'IASB/BIRA.

## 2. Modèles de prédictions des fluences des "Solar Proton Events".

Un deuxième objectif de SEMS sera de tester de manière critique les deux principaux modèles de prédiction du flux de particules du rayonnement cosmique solaire actuellement utilisés par les agences spatiales et par l'industrie aéronautique (Modèle de King et modèle de Feynmann et al.); de tester les prédictions de ces modèles en fonction de différents indices d'activité solaire. Il est également prévu d'utiliser les mesures des futurs "Solar Proton Events" pour vérifier la validité de ces modèles statistiques. Ce travail sera réalisé sous la responsabilité scientifique de M. Roth à l'IASB.

## 3. Modèles de distribution spatiale des micro-météorites et débris satellisés.

C'est également dans ce milieu situé au-dessus de la mésosphère que les sondes spatiales sont soumises au

bombardement de particules solides (grains, poussières) d'origine météorique, et par des débris de fusées ou objets satellisés par l'homme. Ces objets encombrant (polluant) d'une certaine manière l'espace circumterrestre et constituent un danger potentiel pour les vols spatiaux. Le nombre de ces débris injectés par l'homme augmente de manière constante.

Un modèle de la distribution spatiale de ces objets (micro-météorites et débris) a été développé en 1989-1990 par MATRA-ESPACE pour l'ESA. Le troisième objectif scientifique du projet est de poursuivre le développement et le perfectionnement de ce modèle ainsi que sa remise à jour permanente. Des nouvelles données ont été récemment obtenues à l'aide du satellite LDEF ( 'Long Duration Exposure Facility' ). L'objectif de SEMS est d'intégrer ces nouvelles données aux modèles existants. Il sera également question de réexaminer l'effet des débris sur les zones de radiation de Van Allen. J.M. Lesceux et un Post Doc engagé par SEMS à l'IASB seront principalement responsables de ce volet du projet.

#### 4. Etude des ondes électromagnétiques dans l'espace.

La magnétosphère est le siège de phénomènes d'instabilité qui engendrent des ondes magnétohydrodynamiques ainsi que des ondes de plasma. Les perturbations des champs magnétiques et électriques de la magnétosphère qui en résultent produisent des ondes électromagnétiques de toutes longueurs d'onde qui se propagent dans le milieu et qui sont observées soit au sol, soit à bord de satellites artificiels. L'étude de ces ondes et des instabilités qui les produisent est un autre objectif de ce projet. En particulier, les ondes de Très Basses Fréquences (TBF) des émetteurs terrestres puissants peuvent entraîner par interaction onde-particule une augmentation de la précipitation dans l'atmosphère des particules chargées piégées dans le champ géomagnétique.

F. Verheest et un ingénieur physicien (ou licencié) engagé par SEMS à la RUG seront principalement responsables de ces études.

Il est envisagé d'analyser simultanément les nuisances de ces ondes sur les télécommunications et les effets qu'elles peuvent avoir sur l'environnement spatial lui-même. Les télécommunications spatiales sont une source de plus en plus importante de 'trains d'ondes' dans la gamme des fréquences radio. Un modèle global recensant les puissances des ondes électromagnétiques observées dans l'environnement spatial, en fonction de la fréquence, constituerait un inventaire utile à mettre à jour de manière régulière. L'étude et la modélisation de l'environnement spatial sur les télécommunications pour différentes bandes de fréquence et pour divers types de liaison est un autre aspect de ce projet qui constitue le dernier objectif de ce projet. A. Vander

Vorst avec l'aide d'un ingénieur engagé par SEMS réaliseront ce travail à l'UCL.

#### **Plan de travail et répartition des tâches:**

L'organisation générale du RDR sera assurée à l'IASB par J. LEMAIRE; celui-ci coordonnera les tâches de chaque équipe et veillera au bon déroulement du programme de travail; il rassemblera les rapports trimestriels d'activités de tous les participants. Un rapport annuel, ainsi que le rapport final, seront rédigés à la suite de réunions de travail qui se tiendront régulièrement et alternativement dans les trois institutions impliquées. Ces rapports seront archivés à l'IASB et seront également transmis au SPPS avec la documentation, les notes techniques et les articles qui auront été publiés dans le cadre de SEMS. Des contacts bilatéraux entre les participants et les personnes engagées grâce à ce projet seront encouragés et organisés par les promoteurs.

La gestion scientifique des différentes études et des différents aspects des modélisations proposées ci-dessus, se fera sous la direction de chacun des participants responsable de la conduite des travaux qu'il s'engage à réaliser dans le cadre de SEMS:

A. VANDER VORST sera responsable des aspects ondes électromagnétiques et télécommunications. Il sera secondé dans cette tâche par un Ingénieur engagé dans le cadre de SEMS.

F. VERHEEST sera responsable des études et modélisation du plasma magnétosphérique ainsi que des ondes MHD qui s'y développent. Il sera secondé dans cette tâche par un chercheur engagé à la RUG dans le cadre de SEMS.

M. ROTH s'occupera des aspects liés à la modélisation des "Solar Protons Events". Il sera aidé dans ce travail par L. Fedullo, technicien en informatique à l'IASB.

J.M. LESCEUX sera en charge de l'analyse et la modélisation des observations de météorites et de débris en orbite dans l'espace. Un Post Doc de haut niveau et avec une solide expérience dans le domaine du traitement de données sera engagé à l'IASB pour l'assister dans ce travail.

L. BOSSY et J. LEMAIRE dirigeront les activités de modélisation des flux de particules de hautes énergies piégées dans les zones de radiation de Van Allen. Ils seront assistés dans ces tâches par un licencié en sciences mathématiques et par un technicien en informatique engagés pour la réalisation de SEMS.

## Expérience des équipes participantes et collaborations internationales:

L'équipe de l'IASB a participé à l'étude TREND (Terrestrial ENvironment Development) réalisée en 1989-90 pour l'ESA. Cette étude réalisée en collaboration avec une équipe française et irlandaise lui a permis d'identifier les lacunes et les besoins actuels dans le domaine de la modélisation de l'environnement spatial. Le projet SEMS est destiné à combler un certain nombre de ces lacunes.

Les participants de l'IASB (J. Lemaire, M. Roth, J.M. Lesceux) ont acquis au cours de leur carrière à l'IASB une expérience reconnue internationalement dans le domaine de la modélisation des plasma du vent solaire (modèles cinétiques, discontinuités tangentielles), de la magnétosphère (vent polaire, plasmasphère, magnétopause) et récemment dans l'étude des micro-météorites.

J. Lemaire enseigne un cours de physique de l'Espace à l'UCL. En 1989 il a donné un cours à l'Observatoire de Meudon sur le vent solaire et la magnétosphère.

J. Lemaire et M. Roth participent à une étude interdisciplinaire dans le cadre de la mission interplanétaire ULYSSES de l'ESA et de la NASA.

J. Lemaire et J.M. Lesceux sont co-investigateurs dans deux instruments de mesures (MAREMF et MARIPROBE) destinées à être embarquées dans les sondes martiennes MARS-94 et MARS-96 en vue de mesurer les distributions des particules chargées dans la magnétosphère de Mars.

J. Lemaire a collaboré avec des chercheurs de divers laboratoires en France (Observatoire de Meudon, Université de Poitiers, Groupe de recherche Ionosphérique d'Orléans, MATRA-ESPACE), en Irlande (Space Technology Irlande), aux USA (GSFC, MSFC-SSL, UCSD-La Jolla, Aerospace Corporation, Utah State University-LOGAN), et en URSS (Space Research Institute, IKI, Moscou). Il est actuellement membre du Lunar Science Steering Group (LSSG) de l'ESA.

Dans le cadre des activités de l'URSI/COSPAR Task Group on the International Reference Ionosphere, L. Bossy a collaboré récemment avec des chercheurs de l'université de Freiburg (RFA) et de l'université de Lowell (USA) au développement de procédés de synthèse des profils d'ionisation dans l'ionosphère. En outre, avec des membres des universités de Freiburg et de l'Utah (USA), il a contribué à la mise en oeuvre de méthodes originales de cartographie des paramètres ionosphériques.

A l'Université de Gand le Professeur F. Verheest a effectué des travaux théoriques dans le domaine des ondes magnétohydrodynamiques et ion-acoustiques linéaires et non linéaires observées dans les plasmas de l'espace. Il a développé des modèles pour les ondes dans des plasmas à plusieurs composantes ioniques. Ces travaux ont été publiés dans des revues internationales.

Il a récemment reçu le prix Vanderlinden pour l'Astronomie de l'Académie des Sciences de Belgique. Il est secrétaire adjoint du SCAS (Sous Comité d'Astronomie Spatiale) et membre effectif du CNRS (Comité National de Recherches Spatiales). Il possède à son actif plusieurs collaborations internationales, notamment avec le Dr. I. Khabibrakhmanov de IKI, Moscou; Prof. G.S. Lakhina, Indian Institute of Geomagnetism, Bombay; Dr. P.K. Shukla, Theoretische Physik IV, Ruhr-Universität Bochum; Prof. P.K. Kaw, Institute for Plasma Research, Gandhinagar, India.

A l'UCL le Laboratoire d'Hyperfréquences (Prof. A. Vander Vorst, Dr. D. Vanhoenacker) compte une quinzaine de chercheurs. L'axe de recherche est le développement des techniques et des théories propres à la gamme de fréquences dont la longueur d'onde est de l'ordre de grandeur de la dimension des objets utilisés. L'essentiel de l'activité se situe dans le domaine des télécommunications hyperfréquences, selon un point de vue technologique et expérimental. Trois thèmes sont exploités depuis vingt-cinq années: la conception de circuits, la transmission atmosphérique et le domaine biomédical.

En technologie des circuits de télécommunications hyperfréquences, on y conçoit et développe des circuits aux ondes centimétriques et millimétriques, principalement les circuits microruban, finlines et coplanaires. Le Laboratoire a développé ses propres logiciels de conception.

En transmission atmosphérique, le laboratoire procède à l'acquisition et à l'exploitation de données obtenues par les stations terriennes dans le cadre du projet OLYMPUS de l'ESA. De plus, on y évalue des effets entre trajets horizontaux et inclinés dans le cadre de projets européens impliquant les PTT, en particulier lors d'effets atmosphériques spéciaux (diffusion, diffraction, effet d'écran).

Dans le secteur biomédical on y évalue l'effet de champs électromagnétiques hyperfréquences sur le système nerveux, notamment en acupuncture micro-onde. Une méthode quantitative et répétable d'effets anesthésiants par acupuncture y a été mise au point.

Les collaborations nationales se font principalement avec le laboratoire d'Electromagnétisme de la RUG, avec lequel le Laboratoire d'Hyperfréquences forme un Pôle d'Attraction Interuniversitaire (1990-95) et le Laboratoire Micro-Onde de la KUL. Au niveau international, le laboratoire participe à l'Action COST 231 (14 pays d'Europe Occidentale, 25 Laboratoires), au groupe OPEX des utilisateurs du satellite OLYMPUS de l'ESA (13 pays d'Europe Occidentale et 2 pays d'Amérique du Nord, 30 Laboratoires). Il est le représentant belge

dans ces deux projets. Par ailleurs, il collabore avec un nombre élevé d'institutions parmi lesquelles on peut citer l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger (3 doctorants), l'Académie de Médecine Traditionnelle Chinoise (Beijing), et l'Université Technique Slovaque de Bratislava. En 1990, le Prof. A. Vander Vorst a fait des cours aux Universités de Aveyro (Portugal), Budapest (Hongrie), Madrid (Espagne) et Varsovie (Pologne).

Les curriculum-vitae de J. Lemaire, de F. Verheest et de A. Vander Vorst sont donnés en annexe.

### **Infrastructure et équipement disponibles pour la réalisation du projet:**

A l'UCL le Laboratoire d'Hyperfréquences dispose de chaînes de mesure complètes jusqu'à 40 GHz, y compris un analyseur vectoriel de réseaux 40MHz-40GHz. La bande 50-75 GHz sera couverte dans un avenir proche. L'ensemble permet des mesures précises sur systèmes, circuits et matériaux. A cet ensemble s'ajoute une installation de réalisation de circuits planaires aux ondes centimétriques et millimétriques. De plus, le Laboratoire dispose de deux stations terriennes de mesure sur satellites aux fréquences 12.5/20/30 GHz, de deux radiomètres en deux polarisations, à 11.6 et 35 GHz, et de stations terriennes aux fréquences 12/14 GHz. Enfin, il dispose aussi d'équipement de mesures biomédicales aux hyperfréquences. En informatique, il a accès au Centre de Calcul de l'UCL, ainsi qu'au réseau des Sciences Appliquées. Il dispose de deux stations de travail, l'une en circuits, l'autre en transmission, ainsi que d'un certain nombre d'ordinateurs personnels.

A l'Université de Gand le service du Prof. Frank Verheest dispose de stations de travail SUN et ACORN, ainsi que de PC.

L'équipe de l'IASB dispose de station de travail APOLLO (UNIX) ainsi que d'un MICROVAX 2000 (VMS). Deux ordinateurs personnels (MS-DOS) seront en partie à la disposition de projet SEMS. Il sera toutefois nécessaire d'ajouter des capacités de stockage supplémentaires au MICROVAX pour pouvoir traiter de plus grands volumes de données d'observations.

Outre ces outils informatiques le projet bénéficiera des infrastructures administrative et technique des trois institutions nationales engagées dans ce projet RDR.

### **Evaluation de l'effort des équipes participant au projet non à charge du RDR:**

Le groupe du Laboratoire de l'UCL travaillant directement en télécommunications, vues surtout d'un point de vue électromagnétique, s'élève à six personnes, encadrées par les deux permanents. Ce groupe, non à

charge du réseau, mène des recherches diverses intéressantes pour le réseau; il a développé une méthodologie d'étude de l'ensemble des effets d'un milieu traversé sur la transmission et les télécommunications.

J. Lemaire et J.M. Lesceux consacreront un tiers de leur temps à l'organisation et à la réalisation de ce projet. M. Roth y consacrerá un cinquième de son temps de travail à l'IASB.

F. Verheest et A. Vander Vorst consacreront un quart de leurs occupations professionnelles au projet SEMS.

Les fractions de charges salariales de ces participants au projet ne sont pas à charge du réseau; le total des charges ainsi supportées par l'ensemble des trois institutions est estimé à 4000 kF/an.

**BUDGET A CHARGE DU RESEAU**

milliers de FB	année 1	année 2	année 3	année 4
<b>à l'UCL</b>				
a) Personnel:				
Ingénieur	1320	1400	1480	1560
b) Fonctionnement:				
pour l'ingénieur	250	250	250	250
pour l'équipe	250	250	250	250
Amortissement				
informatique:	200	200	200	200
c) équipement:				
Station de travail				
informatique	-	600	-	-
d) overhead :				
5% sur (a) et (b)	101	105	109	113
<b>Total UCL:</b>	<b>2121</b>	<b>2805</b>	<b>2289</b>	<b>2373</b>

à

**1a RUG**

a) Personnel:				
Ingénieur physicien				
/licencié sciences	1320	1400	1480	1560
b) Fonctionnement:	400	400	400	400
c) Equipement:				
Station de travail	-	-	500	-
d) Overhead 5%	86	90	94	98
<b>Total RUG:</b>	<b>1806</b>	<b>1890</b>	<b>2474</b>	<b>2058</b>

**à l'IASB/BIRA**

a) personnel:				
Dr. Sci. Phys.	1320	1400	1480	1560
Lic. Sci. Math.	1200	1270	1340	1410
Programmeur 2ème cl	900	950	1000	1050
b) fonctionnement:				
personnel engagé	350	350	350	350
membres IASB				
et managment	350	350	350	350
frais consultance				
V.A. AFONIN	200	200	250	250
A.VAMPOLA	200	200	250	250
contrats extérieurs	300	300	250	250
c) équipement:				
extension VAX	200	200	-	-
<b>Total IASB/BIRA:</b>	<b>5020</b>	<b>5220</b>	<b>5270</b>	<b>5470</b>

**BUDGET A CHARGE DU RESEAU (résumé)**

milliers de FB	année 1	année 2	année 3	année 4	
Total UCL	2121	2805	2289	2373	To
tal RUG	1806	1890	2474	2058	To
tal IASB/BIRA	5020	5220	5270	5470	
<b>Total général</b>	<b>8947</b>	<b>9915</b>	<b>10033</b>	<b>9901</b>	

Projekt voor het program**DIENSTENCENTRA EN ONDERZOEKSNETWERKEN****DEEL I****Titel van het projekt:**SPACE ENVIRONMENT MODELLING AND STUDIES (SEMS)**Namen van de promotoren:**in het BIRA/IASB (Belgisch Instituut voor Ruimte-  
Aëronomie

J. LEMAIRE (promotor BIRA),  
geaggregeerde voor het hoger onderwijs,  
sektiehoofd bij het BIRA,  
gasthoogleraar aan de UCL.

L. BOSSY, (co-promotor BIRA)  
emeritus hoogleraar aan de UCL.

M. ROTH, (co-promotor BIRA)  
werkleider aan het BIRA.

J.M.LESCEUX, (co-promotor BIRA)  
Doctor in de wetenschappen ,  
gedetacheerd voor bijzondere zending bij het BIRA

in de UCL (Université Catholique de Louvain):

André VANDER VORST,  
hoogleraar in de faculteit toegepaste wetenschappen  
van de UCL.

in de RUG (Rijksuniversiteit Gent):

Frank VERHEEST ,  
hoogleraar in de faculteit wetenschappen  
van de RUG

**Samenvatting van de wetenschappelijke doeleinden:**Formulering van de doeleinden :

I. Studie van de fysische processen die de  
verdeling controleren van het atmosferisch plasma,  
van de ingevangen energetische deeltjes in de  
stralingszones van Van Allen, van de kosmische  
straling afkomstig van de zon in het geomagnetisch  
veld, van de micrometeorieten en al de brokstukken  
die zich in een baan rondom de aarde bevinden,  
evenals van de elektromagnetische golven in de  
ruimte rond de aarde.

II. Vertrekkend vanuit satellietwaarnemingen van deze ruimtelijke parameters, nieuwe globale empirische modellen voor hun verdeling ontwikkelen.

#### Gebruik van de modellen :

Deze types modellen zijn voor de wetenschappers bestemd die meetinstrumenten moeten bouwen en voor de ingenieurs van de ruimtevaartindustrie, om de dosis ioniserende stralingen in de ruimte te kunnen bepalen, evenals de kans op botsing met een micro-meteorieten of afvalstukken gedurende een ruimtevaart, de kans op electrostatische micro-ontlading en op "Single Events Upsets" (SEU) in elektronische systemen die in de ruimte gebruikt zijn, en ook de gemiddelde flux radio-golven, als functie van hun frequentie, in de ruimte waargenomen.

Deze nieuwe globale modellen en de satellietwaarnemingen, gebruikt om die op te stellen en te toetsen, vormen een databank ter beschikking van wetenschappers en industriële gebruikers.

#### Voorafgaande studies :

Het huidige projekt sluit aan bij een studie, getiteld "TERRESTRIAL RADIATION ENVIRONMENT DEVELOPMENT" (TREND) die het BIRA heeft uitgevoerd in opdracht van de European Space Agency (ESA) in 1989-1990, in samenwerking met MATRA-SPACE (Toulouse) en SPACE TECHNOLOGY IRELAND (Dublin). (zie TREND eindverslag, beschikbaar bij ESA/ESTEC, Publication Division, Noordwijk)

#### Deelaspekten van het projekt :

De beoogde doeleinden in het kader van dit Dienstencentrum en Onderzoeksnetwork (DON) bevatten vijf aanvullende aspecten:

1. Studie en modelisering van de plasmaverdeling in de magnetosfeer : geladen deeltjes met een energie kleiner dan 100 keV (oorzaak van het noorderlicht), studie van de "Ring Current" en van de plasmasfeer en de ionosfeer. Een te hoge concentratie van dit plasma kan elektrische ontladingen in de stroomketens van de ruimtetuigen veroorzaken. Dit magnetosferisch en ionosferisch plasma beïnvloedt het opwekken en voortplanten van radiogolven van verschillende frequenties.

De Rijksuniversiteit Gent (RUG) is van plan, in het kader van dit DON, de magnetohydrodynamische (MHD) golven te onderzoeken in deze plasma's, bestaande uit verscheidene ionensoorten en elektrisch geladen korrels.

2. Studie en modelisering van de verdeling van de energetische deeltjes in de magnetosfeer: elektronen en ionen van meer dan 100 keV, gedurende een zonneuitbarsting ingevangen in de aardse magnetosfeer, evenals geladen deeltjes in het geomagnetische veld in de Van Allengordels. Deze ioniserende stralingen betekenen een gevaar voor de ruimtevaarders en voor de elektronische bestanddelen die in principe achter de afscherming van een kunstsatelliet geplaatst zijn. De herziening van de sinds 1970 bestaande modellen is nu noodzakelijk geworden. Uit de conclusies van TREND komt duidelijk naar voren, dat nieuwe types modellen voor de Van Allenstralingszones moeten ontwikkeld worden. Dit deel van het DON zal hoofdzakelijk door het BIRA uitgevoerd worden.

3. Studie en modelisering van de verdelingen van vaste korrels (micrometeorieten en afval afkomstig van raketten en satellieten) in een baan rond de aarde op hoogtes groter dan 100km. Botsing met deze korrels betekent een gevaar, dat de ingenieurs moeten inschatten vanaf experimentele modellen zoals die onlangs zijn ontwikkeld voor ESA door MATRA-SPACE. We zijn ook van plan deze modellen verder te ontwikkelen en te volmaken. Dit deel van het DON zal ook door het BIRA uitgevoerd worden.

4. Theoretische analyse van de invloed van elektromagnetische golven op het gedrag van de ingevangenen deeltjes in het geomagnetisch veld. Studie van de pollutie van het natuurlijk milieu door zenders van elektromagnetische golven, op aarde of in ruimtetuigen geplaatst. Deze aspecten zullen gedeeltelijk door de RUG en gedeeltelijk door de UCL bestudeerd worden.

5. Studie en modelisering van de invloed van de ruimtelijke omgeving op de telecommunicaties, in verband met verschillende mogelijke frequentiebanden en soorten verbindingen (aarde-satelliet, satelliet-satelliet, aarde-ruimte, ruimte-ruimte). Dit deel zal door de UCL uitgevoerd worden.

### **Begrotingsaspecten.**

De begroting, gedetailleerd per jaar en per ploeg, is in bijlage te vinden. Ze bevat, behalve de uitrustings- en werkingskosten, de aanwerving van een onderzoeker voor elke universiteit (RUG en UCL) en van twee onderzoekers en een technicus in de informatica voor het BIRA. Om onze taak te kunnen voleindigen zullen we beroep doen op enkele

specialisten uit het buitenland, die aan dit projekt zullen deelnemen als extern consultant. De aankoopkosten voor bijkomende informatica-uitrusting en de ontwikkelingskosten van de specifieke softwares zijn bij de werkingskosten geteld (zie tabel in Deel 2)

### Korte beschrijving van de ploegen.

Het SEMS projekt verzamelt wetenschappers uit het BIRA en twee universiteiten. De in dit DON betrokken onderzoekers beschikken over de noodzakelijke bevoegdheid en kennis om dit werk uit te voeren. Ze hebben, elk in zijn eigen onderzoeksdiscipline, verschillende artikels gepubliceerd in bekende wetenschappelijke tijdschriften zoals "Journal of Geophysical Research", "Astrophysical Journal", "Annales Geophysicae", "Planetary and Space Sciences", "Journal of Atmospheric and Terrestrial Sciences", "Physics of Fluids" en "Journal of Plasma Physics". Deze publikaties, o.a. die in betrekking met het huidige projekt, worden in bijlage opgenoemd en bevestigen de deskundigheid van elke deelnemer van dit DON voor het deel waarvoor hij verantwoordelijk is.

J. LEMAIRE heeft, dankzij het TREND projekt waarvan hij de projektleider was, een uitstekende ervaring opgedaan in het gebied van de modelisering van deeltjes, ingevangen door het geomagnetische veld in de Van Allenstralingszones. Met deze studie heeft hij beslissende verbeteringen aan de ESA programma's aangebracht, die gebruikt worden voor de berekening van de B-L gegevens in de modelisering van de ioniserende stralingszones van Van Allen. Hij heeft ook kinetische modellen van de zonnwind, de poolwind, van de plasmasfeer en van de wisselwerking tussen zonnwind en magnetosfeer ontwikkeld. Hij is op het ogenblik bezig met de wisselwerking tussen de zonnwind en micrometeorieten in het interplanetaire milieu. Hij heeft meer dan 90 publikaties in verband met plasma's uit diverse gedeelten van het zonnestelsel. Hij doceert fysica aan de UCL ("cours de physique de la haute atmosphère et de l'espace").

L. BOSSY is een eminent ionosferist. Hij is de voorzitter van de internationale IRI commissie (International Reference Ionosphere) die als opdracht heeft een globaal model voor de ionosfeer van de aarde vast te stellen. Hij heeft ook in belangrijke mate bijgedragen tot de studie van de banen die door deeltjes van de kosmische straling in het geomagnetisch veld gevolgd worden.

M. ROTH is onderzoeker aan het BIRA, waar hij kinetische modellen heeft ontwikkeld voor de tangentiële diskontinuiteiten, waargenomen in de zonnewind en in de magnetosfeer. Hij bestudeert nu de stabiliteit van de elektrische stroomlagen die twee verschillende plasma's uit elkaar houden. Hij is co-investigator met J. Lemaire van een studieproject in verband met de interplanetaire ULYSSES missie. Voor het TREND project heeft hij een nieuw model ingebracht in de programmareeks UNIRAD van ESA. Dit model geeft de stroom- en de energieverdeling van de hoogenergetische protonen die uitgezonden worden tijdens de "SOLAR FLARE PROTON EVENTS".

J-M LESCEUX is onderzoeker bij het BIRA, waar hij ook meegewerkt heeft aan het TREND project. J-M Lesceux specialiseert zich in de studie en de opsporing van meteorieten en van afval in banen rond de aarde en in het interplanetaire milieu. In samenwerking met J. Lemaire heeft hij een nieuwe methode verwezenlijkt om meteorieten in de ruimte te ontdekken dankzij elektrische antennes. Hij probeert nu deze methode uit te testen o.a. op gegevens afkomstig R. Gurnett van de universiteit van IOWA. Hij ontleedt ook een databank van de IAU, die meer dan 3000 elementen bevat over de banen van meteorieten die in de atmosfeer van de aarde waargenomen werden. Hij beheerst verscheidene programmatietalen en het gebruik van verschillende soorten computers.

De BIRA ploeg kan ook rekenen op de inbreng van twee buitenlandse specialisten (A.V. AFONIN, Space Research Institute (IKI), Moskou) en A. VAMPOLA, Aerospace Corporation, El Segundo, USA ), die als consultants aan dit project zullen deelnemen.

Het BIRA beschikt ook over een technicus in de informatica, L. Fedullo. Sinds 3 jaar heeft hij J. Lemaire en M. Roth flink geholpen bij verschillende projecten zoals OMNITAPE, PROGNOZ en ULYSSES. Hij kent de informatica uitrusting (VAX, APOLLO en PC), de "OPERATING SYSTEMS" ( UNIX, VMS, MS-DOS ) en de Fortran taal uitstekend.

F. VERHEEST is een theoretisch fysicus, gespecialiseerd op het gebied van de magnetohydrodynamische en ion-acoustische golven waargenomen in ruimteplasma's met meerdere ionensoorten en stofdeeltjes, zowel in een lineaire als in een niet-lineaire beschrijving. Zijn wetenschappelijke artikels zijn in internationale tijdschriften gepubliceerd. Zijn belangstelling voor en kennis van de modelisering van het magnetosferische plasma, de MHD instabiliteiten die zich erin ontwikkelen en de

Alfvéngolven die zich erin verspreiden, maken dat hij een deelnemer bij uitstek is.

A. VANDER VORST beschikt over een internationale reputatie op gebied van de ruimte-telecommunicatie. Hij heeft stroomketens ontworpen en ontwikkeld voor elektromagnetische golven. Verder heeft hij gegevens afkomstig van grondstations bekomen en verwerkt. (OLYMPUS-project van ESA). A Vander Vorst is ook internationaal bekend voor zijn wetenschappelijk werk op biomedisch gebied, in het bijzonder voor de invloed van elektromagnetische velden met zeer hoge frequentie op het zenuwstelsel. Zijn ervaring wat de modelisering betreft en zijn belangstelling voor de invloed van het elektromagnetische milieu op levende wezens rechtvaardigen tenvolle zijn actieve deelneming.

### **Structuur van het net en samenwerkingsvoorwaarden.**

De hoofdorganisatie van het DON berust bij J. LEMAIRE in het BIRA.

Werkvergaderingen zullen regelmatig in elke instelling plaatsvinden, met een overeenkomstig verslag. Een eindverslag is ook voorzien. De wetenschappelijke organisatie van de verschillende studies en van de verschillende modelisering zal onder de verantwoordelijkheid van elke deelnemer plaatsvinden.

A. VANDER VORST is verantwoordelijk voor wat de elektromagnetische golven en telecommunicatie betreft. Hij zal daarbij geholpen worden door een ingenieur, door het DON aan te werven.

F. VERHEEST is verantwoordelijk voor de studie en modelisering van het magnetosferisch plasma, evenals van de laagfrequente golven die er zich kunnen in voortplanten. Hij zal daarbij geholpen worden door een onderzoeker die hiervoor door het DON aangeworven zal worden.

M. ROTH zal zich bezig houden met de aspecten in verband met de modelisering van de geofysische waarnemingen van de "Solar Flare Proton Events", hierbij geholpen door L. Fedullo.

J-M. LESCEUX zal zich bezighouden met de ontleding en de modelisering van de waarnemingen van de meteorieten en afval in banen rond de aarde. Een ingenieur zal aangeworven worden om hem bij te staan.

L. BOSSY en J. LEMAIRE zullen de modelisering leiden in verband met de hoogenergetische deeltjes,

ingevangen in de stralingszones van Van Allen. Een wiskundige en een technicus in de informatica, door de SEMS in dienst te nemen, zullen hen bij de verwezenlijking ervan helpen.

Projekt opgegeven voor het programma  
**DIENSTENCENTRA EN ONDERZOEKSNETWERKEN**

<b>DEEL II</b>
----------------

**Titel van het projekt:**

SPACE ENVIRONMENT MODELLING AND STUDIES (SEMS)

**Namen van de promotoren:**

bij het BIRA/IASB (Belgisch Instituut voor Ruimte-  
Aeronomie)

Joseph LEMAIRE (promotor BIRA),  
geaggregeerde voor het hoger onderwijs,  
sektiehoofd bij het BIRA,  
gasthoogleraar aan de UCL.

Lucien BOSSY (co-promotor BIRA),  
emeritushoogleraar aan de UCL.

Michel ROTH (co-promotor BIRA),  
werkleider bij het BIRA.

Jean-Michel LESCEUX (co-promotor BIRA),  
Doctor in de wetenschappen,  
gedetacheerd voor bijzondere zending bij het BIRA.

bij de UCL (Université Catholique de Louvain):

André VANDER VORST,  
hoogleraar in de faculteit toegepaste wetenschappen  
van de UCL.

bij de RUG (Rijksuniversiteit Gent):

Frank VERHEEST,  
hoogleraar in de faculteit wetenschappen van de RUG

**Externe consultants**

Valery AFONIN,  
Hoofdonderzoeker bij het 'Space Research Institute'  
(IKI) van de Academie voor Wetenschappen van de  
USSR, Moscou.

Al VAMPOLA,  
Hoofdonderzoeker bij de 'Aerospace Corporation',  
El Segundo, California, USA.

## Inleiding en plaats van de studie in de ruimtecontextst.

### 1. Modellen voor de stralingsgordels

#### a. Huidige situatie

De studieprogramma's in verband met het milieu (zoals IGBP bij voorbeeld) concentreren zich in het algemeen op gebieden die onder de stratosfeer of de mesosfeer liggen (hydrosfeer, biosfeer, stratosfeer, troposfeer). Gebieden die hoger dan de mesosfeer gelegen zijn (de bovenste atmosfeer, ionosfeer, plasmasfeer, magnetosfeer) worden gewoonlijk niet beschouwd als behorend tot het nabije menselijke milieu dat door industriële activiteiten vervuild of beschadigd zou kunnen worden. Voor het ogenblik bestaat er geen internationaal programma om dit ruimtelijk milieu te modeliseren of te beschermen en evenmin om de gevaren en beschadigingen ervan te studeren, ten gevolge van de lancering van een steeds maar altijd toenemend aantal ingewikkelde systemen van menselijke makelij.

De mens zelf zal er meer en meer toe gebracht worden dikwijls en lang buiten de klassieke biosfeer te verblijven om wetenschappelijke en technologische missies in de ruimte uit te voeren, boven de 100 km. Het is juist in deze zones van de hoge atmosfeer dat raketten, kunstsatellieten en bewoonde ruimtestations (zoals SPACE STATION, COLOMBUS, HERMES) het volgende te verduren krijgen:

- (i) een voortdurende bestraling door ingevangen deeltjes in de stralingsgordels van Van Allen,
- (ii) het sporadisch bombarderen door hoogenergetische deeltjes (van meer dan 100 MeV), uitgezonden door de zon tijdens chromosferische uitbarstingen,
- (iii) het inslaan van geladen korrels die van meteorieten en wrakstukken van satellieten komen,
- (iv) de interferentie van elektromagnetische golven.

De aanwezigheid van deze hoogenergetische deeltjes betekent niet alleen een gevaar voor de ruimtevaarders, maar is ook een bron van beschadigingen en slechte funktionering van de steeds gevoeliger en ingewikkelder elektronische bestanddelen die in de toekomst in een baan om de aarde zullen geplaatst worden (zonnecellen, transputers, detectoren, computergeheugens aan boord).

De ruimteingenieurs moeten zo nauwkeurig juist mogelijk de aard en de dikte berekenen van de afschermingen die nodig zijn om de bemanning en het materiaal in omloop nuttig te beschermen, zonder nochtans de structuren te sterk te verzwaren. Daartoe moeten ze over betrouwbare en precieze modellen voor de flux van energetische elektronen en ionen in deze ruimte omgeving beschikken. Vanddar de behoefte aan een herziening van de AE8 en AP8 modellen van de NASA, die nu meer dan 15 jaar oud zijn, maar toch nog steeds gebruikt worden in de luchtvaartindustrie om de stralingdoses tijdens geplante ruimtemissies te schatten.

De AE8 en AP8 modellen zijn gebrekkig gebleken langs sommige banen, soms met afwijkingen van meer dan 200%. Uit het slotverslag van TREND komt tot uiting dat deze oude modellen bijzonder foutief zijn voor lage hoogtes (onder de 2000 km, waar het "STATION SPATIALE" en "HERMES" zich zullen bevinden).

In deze regio speelt de atmosfeer een even grote rol bij de banen van de ingevangen deeltjes als het geomagnetisch veld. Echter, de AE8 en AP8 modellen zijn ingedeeld volgens B-L gegevens en houden dus geen rekening met de dichtheidsverdeling in de hoge atmosfeer. Men moet dus niet alleen een herziening van de AE8 en AP8 modellen ondernemen, maar ook nieuwe modellen ontwikkelen op basis van een ander gegevensstelsel, dat rekening houdt met de atmosferische dichtheid van de hoge atmosfeer. Dit is één van de belangrijkste doeleinden van het projekt.

#### b. Oplossingen voorgesteld door SEMS

De aktualisering van de AE8 en AP8 modellen en de ontwikkelingen van nieuwe modellen zal gebeuren onder de wetenschappelijke verantwoordelijkheid van J. Lemaire en L. Bossy van het BIRA. Een licentiaat in de wiskunde en een gegradueerde in de informatica zullen door SEMS aangeworven worden om dit werk bij het BIRA te doen.

## 2. Fluxvoorspellingsmodellen voor "Solar Proton Events".

Een tweede doelstelling van SEMS is het kritisch testen van de twee belangrijkste modellen om de flux van deeltjes van de kosmische zonnestraling te voorspellen. Deze worden tegenwoordig gebruikt door de ruimtevaartagentschappen en door de ruimtevaartindustrie (Kingmodel en Feynmannmodel). De voorspellingen van deze modellen in samenhang met de verschillende indices voor de zonneactiviteit moeten ook uitgetest worden. De metingen van toekomstige "Solar Proton Events" zullen aangewend moeten worden om de geldigheid van

deze statistische modellen na te zien. Dit werk zal onder de wetenschappelijke verantwoordelijkheid van M. Roth bij het BIRA gebeuren.

### 3. Modellen voor de ruimteverdeling van meteorieten en brokstukken van satellieten.

Het is eveneens in dit milieu, gesitueerd boven de mesosfeer, dat de ruimtesondes blootgesteld zijn aan bombardementen door vaste deeltjes (korrels, stofdeeltjes), afkomstig van meteorieten en wrakstukken van satellieten en raketten door de mens in een baan om de aarde geplaatst. Dit vervuult in een zekere zin de ruimte rondom de aarde en betekent een potentieel gevaar voor de ruimtevaart. Het aantal dergelijke wrakstukken neemt voortdurend toe.

Een model van de ruimteverdeling van deze voorwerpen (micrometeorieten en wrakstukken) werd in 1990 door MATRA-SPACE voor ESA ontwikkeld. Het derde wetenschappelijk doel van dit projekt is de voortzetting en de vervolmaking van dit model, evenals zijn voortdurende actualisering. De invloed van deze onderwerpen op de Van Allengordels zou ook opnieuw bekeken moeten worden. J-M Lesceux en een ingenieur door SEMS bij het BIRA aan te werven zijn voor dit deel verantwoordelijk.

### 4. Studie van elektromagnetische golven in de ruimte.

Instabiliteiten in de magnetosfeer veroorzaken magnetohydrodynamische- en plasmagolven. De storingen in de magnetische en elektrische velden van de magnetosfeer die hierdoor ontstaan wekken op hun beurt andere elektromagnetische golven van diverse frequenties op. Deze planten zich in dit milieu voort en zijn waargenomen vanop aarde of aan boord van satellieten. De studie van deze golven en van de instabiliteiten waardoor ze geproduceerd zijn is een ander doel van dit projekt. Met name golven van zeer lage frequentie (ZLF), opgewekt door krachtige zenders op aarde, kunnen via golfdeeltjes wisselwerking een stijging veroorzaken de atmosfeer van neergeslagen geladen deeltjes in het geomagnetisch veld ingevangen. F. Verheest en een ingenieur door SEMS voor de RUG aangeworven zijn voor deze studie verantwoordelijk.

Er is ook sprake van een gelijktijdige studie van de nadelige invloed van deze golven op de telecommunicaties en op het ruimtelijke milieu zelf. De telecommunicatie in de ruimte is een steeds belangrijker bron van golftreinen in de gamma van radiofrequenties. Een globaal model dat de sterkte van de elektromagnetische golven, waargenomen in het ruimtelijk milieu, volgens frequentie zou uitzetten is een nuttige inventaris

en moet regelmatig herzien worden. De studie en de modelisering van de invloed van het ruimtelijk milieu op de telecommunicaties voor verscheidene frequentiebanden en verbindingstypes is een ander en laatste aspekt van dit projekt. A. Vander Vorst, bijgestaan door een ingenieur aangeworven door SEMS, zullen deze taak aan de UCL vervolmaken.

### **Werkplan en taakverdeling:**

De algemene leiding van het DON berust in het BIRA bij J.LEMAIRE. Hij zal de verschillende taken van elke ploeg coördineren, het goede verloop van het werkprogramma nazien en de verschillende activiteitsrapporten driemaandelijks inzamelen. Een jaarlijks verslag, evenals het eindverslag, zal opgemaakt worden na werkvergaderingen, die regelmatig en beurtelings in de drie betrokken instellingen voorzien zijn.

Deze verslagen, door het BIRA bewaard, zullen ook overgemaakt worden aan de DPWB, samen met de dokumentatie, nota's en gepubliceerde artikels.

Wederzijdse contacten tussen de deelnemers en de voor dit projekt aangeworven personen worden door de promotoren georganiseerd en sterk aanbevolen.

Het wetenschappelijke beheer van de verschillende studies en aspekten van de hierboven voorgestelde modelisering gebeurt zal onder leiding van elke deelnemer, verantwoordelijk voor de taken die hij op zich genomen heeft.

A. Vander Vorst is verantwoordelijk van de aspekten in verband met de elektromagnetische golven en de telecommunicatie. Hij zal geholpen worden door een ingenieur door SEMS aan te werven.

F. Verheest staat in voor de studie en de modelisering van het magnetosferisch plasma, evenals van de MHD golven die zich erin ontwikkelen. Hij zal geholpen worden door een onderzoeker door de RUG voor SEMS aan te werven.

M. Roth zal zich bezig houden met de aspekten in verband met de modelisering van de "Solar Proton Events", daarin bijgestaan door L. Fedullo, technicus in de informatica bij het BIRA.

L. Bossy en J. Lemaire zullen de activiteiten in verband met de modelisering van de flux van hoogenergetische ingevangen deeltjes in de Van Allengordels leiden. Een licentiaat in de fysica en een technicus in de informatica, beide door SEMS aangeworven, zullen hen in deze taak helpen.

## **Ervaring van de deelnemende ploegen en internationale samenwerking.**

De ploeg van het BIRA heeft aan de TREND (Terrestrial Environment Development) studie deelgenomen in 1989-1990 in opdracht van ESA. Door deze studie, in samenwerking met een Franse en een Ierse ploeg, werden de lacunes en de behoeften geïdentificeerd op het gebied van de modelisering van het ruimtelijke milieu. De bedoeling van het SEMS project is o.a. een zeker aantal van deze gebreken weg te werken.

De deelnemers van het BIRA (J. LEMAIRE, M. ROTH, J-M. LESCEUX) hebben tijdens hun loopbaan een internationale ervaring opgedaan op het gebied van de modelisering van plasma's in de zonnwind (kinetische modellen, tangentiële diskontinuiteiten), in de magnetosfeer (plasmasfeer, magnetopause) en onlangs in de studie van de micrometeorieten.

J. Lemaire doceert een cursus "physique de l'espace" aan de UCL. In 1989 heeft hij een cursus over de zonnwind en de magnetosfeer aan het "Observatoire de Meudon" (Frankrijk) gegeven. J. Lemaire en M. Roth nemen deel aan een interdisciplinaire studie in het kader van de interplanetaire ULYSSES missie voor de ESA en de NASA. J. Lemaire en J-M. Lesceux zijn co-investigatoren voor twee meetinstrumenten (MAREMF en MARIPROBE) die op de Marssondes MARS-94 en MARS-96 geplaatst zullen worden, teneinde de verdeling van de ingevangen deeltjes in de magnetosfeer van Mars te bestuderen. J. Lemaire heeft samengewerkt met onderzoekers van verschillende laboratoria in Frankrijk (Observatoire de Meudon, Université de Poitiers, Groupe de Recherche Ionosphérique d'Orléans, MATRA-SPACE), in Ierland (Space Technology Ireland), in de VS (GSFC, MSFC-SSL, UCSD at La Jolla, Aerospace Corporation, Utah State University at Logan), en in de USSR (Space Research Institute, Moskou). Hij is tegenwoordig lid van de "Lunar Science Steering Group" (LSSG) van ESA.

Aan de Rijksuniversiteit Gent heeft F. VERHEEST theoretisch werk uitgevoerd op Alfvéngolven en ion-acoustische golven in plasma's met meerdere ionensoorten, onder meer met toepassingen op de zonnwind en in plasma's in de buurt van kometen. Deze werken werden in internationale tijdschriften gepubliceerd. Hij kreeg onlangs de Vanderlindenprijs voor Sterrenkunde van de Koninklijke Akademie voor Wetenschappen van België.

Hij is adjunct-sekretaris van het SCRA en werkend lid van het NCRO. Hij werkt internationaal samen o.a. met Dr I. Khabibrakhmanov van IKI (Moskou),

Prof. G.S. Lakhina van het Indian Institute of Geomagnetism (Bombay), Dr. P.K. Shukla van de Ruhr-Universität Bochum (BRD) en Prof. P.K. Kaw van het Institute for Plasma Research (Gandhinagar, India).

Aan de UCL telt het Laboratorium voor Hyperfrequenties (Prof. André VANDER VORST, Dr.D. Vanhoenacker) een vijftiental onderzoekers. De hoofdlijn van het onderzoek draait rond de ontwikkeling van technieken en theorieën, eigen aan frequentiereeksen waarvan de golflengte van de orde is van de afmetingen van de gebruikte onderwerpen. De fundamentele activiteit bevindt zich op het domein van de telecommunicatie, vanuit een experimenteel en technologisch standpunt.

Drie thema's worden sinds vijftwintig jaar ontwikkeld: de conceptie van schakelingen, de atmosferische transmissie en het biomedisch domein.

In de technologie van de schakelingen met telecommunicatie hyperfrequenties, werden schakelingen ontworpen en ontwikkeld met centimeter en millimeter golflengtes, hoofdzakelijk microbanden, finlines en coplanaire schakelingen. Het laboratorium heeft zijn eigen software ontworpen.

Voor de atmosferische overbrenging gaat het laboratorium door met de ontleding en ontwikkeling van gegevens dat het bekomen heeft van grondstations in het kader van het OLYMPUS project van ESA. Daarmee worden ook verschillen ingeschat tussen horizontale en gekromde banen in het kader van Europese projecten waarbij de PTT betrokken zijn, in het bijzonder bij speciale atmosferische effecten (diffusie, diffractie, schermeffect).

Op biomedische gebied wordt de invloed van elektromagnetische hyperfrequente velden op het zenuwstelsel geschat, o.a. voor acupunctuur met microgolven. Een kwantitatieve en herhaalbare meting van verdovende effecten door acupunctuur werd in op punt gesteld.

De binnenlandse samenwerking gebeurt hoofdzakelijk met het Laboratorium voor Electromagnetisme van de RUG, waarmee het Laboratorium voor Hyperfrequentie een Interuniversitaire Attraktie Pool vormt (1990-95), en met het Microgolven Laboratorium van de KUL.

Op internationaal gebied, neemt het laboratorium deel aan de COST Aktie 231 (in 14 landen van West-Europa met 25 laboratoria), aan de OPEX groep van gebruikers van de OLYMPUS satelliet van ESA (13 landen van West-Europa en 2 landen uit Noord-Amerika, met 30 laboratoria). Het is de Belgische

vertegenwoordiger voor deze twee projecten. Het werkt bovendien ook samen met een groot aantal instellingen, o.m. de Ecole Polytechnique d'Alger (3 doctorandi), de Chinese Akademie voor Traditionele Geneeskunde (Beijing), de Slovaakse Technische Universiteit van Bratislava. In 1990 heeft André Vander Vorst cursus gegeven aan de Universiteiten van Aveiro (Portugal), Budapest (Hongarije), Madrid (Spanje) en Warschau (Polen).

### **Infrastructuur en uitrusting die voor dit projekt beschikbaar zijn:**

Het Laboratorium Hyperfrequenties aan de UCL beschikt over volledige meetketens tot 40 GHz, een vectorieel-analysator van netwerken van 40MHz-40GHz, waarin het bereik van 50-75 GHz binnenkort inbegrepen is. Het geheel veroorlooft nauwkeurige metingen op systemen, circuits en materialen. Daarbij komt een installatie voor de uitvoering van planaires circuits met centimeter- en millimetergolven.

Het Laboratorium beschikt ook over twee grondstations voor metingen op satellieten met frequenties van 12.5/20/30 GHz, van twee radiometers met twee polarisaties van 11.6 en 35 GHz, en van grondstations met frequenties van 12/14 GHz. Tenslotte heeft het laboratorium ook biomedische meetinstrumenten voor hyperfrequenties.

Wat de informatica betreft, heeft het toegang tot de "Centre de Calcul" van de UCL en tot het net van de afdeling "Sciences Appliquées". Het heeft twee werkstations, één in circuit, het andere in transmissie.

Bij de RUG bezit de dienst Thoertische Mechanika (Frank VERHEEST) twee SUN en ACORN werkstations, en ook verschillende PCs. Die worden nu veelal gebruikt voor symbolische en algebraïsche programmatuur, nodig voor de ontwikkeling van de theoretische modellen.

De ploeg van het BIRA bezit een APOLLO werkstation (UNIX), evenals een MICROVAX 2000 (VMS). Twee PC (MS-DOS) zullen gedeeltelijk ter beschikking van het SEMS projekt staan. Het zal nochtans noodzakelijk zijn enkele geheugenuitbreidingen aan het VMS systeem toe te voegen, om grotere hoeveelheden gegevens te kunnen bewerken.

Naast deze informaticauitrusting kan het projekt steunen op de administratieve en technische infrastructuur van de drie instellingen die in dit DON betrokken zijn.

**Schatting van de bijdrage van de deelnemende ploegen,  
niet ten laste van het DON :**

De ploeg van het laboratorium van de UCL, die rechtstreeks in telecommunicaties werkt van elektromagnetisch standpunt gezien, telt 6 personen, onder de leiding van de twee vaste medewerkers. Deze ploeg, die niet ten laste van het DON is, ontwikkelt verschillende aspecten nuttig voor het net. De ploeg heeft een methodologie ontwikkeld voor de studie van alle effecten van het milieu op de transmissie en telecommunicatie.

J. LEMAIRE en J-M. LESCEUX zullen een derde van hun tijd aan de organisatie en de realisatie van dit projekt besteden. M. ROTH zal een vijfde van zijn werktijd bij het BIRA daaraan besteden.

De frakties van de weddes van deze deelnemers zijn niet ten laste van het net. Heheel van de lasten die het net niet moet dragen is van de orde van 4 MF/jaar.

**BUDGET VAN HET NETWERK**

duizend FB	1e jaar	2e jaar	3e jaar	4e jaar
<b>Aan de UCL</b>				
a) Personeel:				
Ingenieur	1320	1400	1480	1560
b) Werking:				
ingenieur	250	250	250	250
ploeg	250	250	250	250
Afschrijving				
informatica:	200	200	200	200
c) Uitrusting:				
informatica				
werkstation	-	600	-	-
d) overhead :				
5% op (a) en (b)	101	105	109	113
<b>Totaal UCL:</b>	<b>2121</b>	<b>2805</b>	<b>2289</b>	<b>2373</b>
<b>Aan de RUG</b>				
a) Personeel:				
Fysicus (ingenieur				
of licentiaat)	1320	1400	1480	1560
b) Werking:	400	400	400	400
c) Uitrusting:				
werkstation	-	-	500	-
d) Overhead 5%	86	90	94	98
<b>Totaal RUG:</b>	<b>1806</b>	<b>1890</b>	<b>2474</b>	<b>2058</b>
<b>Aan het BIRA/IASB</b>				
a) Personeel:				
Dr. fysica	1320	1400	1480	1560
Lic. fys./wisk.	1200	1270	1340	1410
Programmeur 2e kl	900	950	1000	1050
b) Werking:				
Aangeworven	350	350	350	350
BIRA leden				
en managment	350	350	350	350
Consultancy				
V.A. AFONIN	200	200	250	250
A.VAMPOLA	200	200	250	250
Uitwendige kontakten	300	300	250	250
c) Uitrusting:				
uitbreiding VAX	200	200	-	-
<b>Totaal BIRA/IASB:</b>	<b>5020</b>	<b>5220</b>	<b>5270</b>	<b>5470</b>

**BUDGET VAN HET NETWERK (samenvatting)**

duizend BF	1e jaar	2e jaar	3e jaar	4e jaar
Totaal UCL	2121	2805	2289	2373
Totaal RUG	1806	1890	2474	2058
Totaal IASB/BIRA	5020	5220	5270	5470
<b>Algemeen totaal</b>	<b>8947</b>	<b>9915</b>	<b>10033</b>	<b>9901</b>

Project proposed for the program**CENTRES DE SERVICES ET RESEAUX DE RECHERCHES****PART II****Project title:**SPACE ENVIRONMENT MODELLING AND STUDIES (SEMS)**Participants to the project SEMs:**at the IASB/BIRA (Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique)

Joseph LEMAIRE (Principal Investigator IASB),  
agrégé de l'enseignement supérieur,  
chef de section à l'IASB,  
invited professor at the UCL.

Lucien BOSSY, (co-investigator IASB)  
professor ('émérite') at the UCL.

Michel ROTH, (co-investigator IASB)  
chef de travaux à l'IASB.

Jean-Michel LESCEUX, (co-investigator IASB)  
PhD. Physics -University of Mons,  
detached at the IASB for special mission  
chercheur à l'IASB.

at the UCL (Université Catholique de Louvain):

André VANDER VORST, (Investigator UCL)  
professor at the Faculty of applied  
sciences at the UCL.

at the RUG (Rijksuniversiteit Gent):

Frank VERHEEST , (Investigator RUG)  
professor at the Faculty of Sciences  
at the RUG

External consultants:

Valery AFONIN ,  
Research scientist at 'Space Research Institute'  
(IKI) of the Academy of Sciences of USSR, Moscow.

Al VAMPOLA ,  
Research scientist at 'Aerospace Corporation' , El  
Segundo , California .

## Detailed description of the project.

### 1. Radiation belt models

#### a. Present situation

Scientific programs concerning Environment (as IGBP) refer generally to the regions below the stratosphere or the mesosphere (i.e. the troposphere, the hydrosphere, the biosphere, the stratosphere, ..). The regions above the mesosphere (i.e. the high atmosphere, the ionosphere, the plasmasphere, the magnetosphere...) are not considered as part of the near human environment which can be polluted and damaged by industrial activities. At the present time no international program is available for the modelling and protection of the Spatial Environment and for the study of pollution and of the damage due to the increased number of complex systems launched in orbit by men.

Man will more and more frequently stay for a long time outside the biosphere in order to achieve scientific and technological missions in the Spatial Environment (above 100 km of altitude). In those high atmosphere regions, rockets, spacecraft and manned orbital stations (SPACE STATION, COLUMBIA, HERMES..) are submitted to:

- (i) permanent irradiation by particles trapped in the Van Allen belts,
- (ii) sporadic bombardment of high energy particles (more than 100 MeV) emitted by the Sun during chromospheric eruptions,
- (iii) impacts of micrometeoroids and debris put in orbit by man,
- (IV) interferences of radioelectric waves.

These energetic particles represent for the future missions a serious danger for the astronauts as well as for technical instruments. In particular, they can cause damage and failure of electronic components, which are to become more and more sensitive and complex in future (solar panels, transputers, detectors, computer memories).

The space engineers must compute as correctly and precisely as possible the composition and the thickness of the shielding used to protect efficiently man and material put in orbit, without increasing the weight of structures. Therefore, there is an urgent need of reliable and accurate

models for energetic electrons and ions fluxes in the spatial environment. The standard NASA model AE8 at AP8 designed in the 60's and which are generally used in industry to estimate radiation doses during future spatial missions, need to be updated.

Along some orbits, the predictions of the models AE8 over estimate the actual flux by more than 200%. The final report of the TREND study shows that these old models are particularly bad for low altitude (below 2000 km where the SPACE STATION and HERMES will be launched).

In this region the atmosphere has important effects on the trajectories of charged particles as the geomagnetic field. The AE8 and AP8 models are organized in terms of B-L coordinates, which only take into account the terrestrial magnetic field distribution and not the density distribution of the high atmosphere. Therefore it is necessary, not only to update AE8 and AP8 models but also to develop new models based on a new coordinate system which takes the atmospheric density of the high atmosphere into account.

b. Solutions proposed by SEMS.

One of the main aims of SEMS is to update the AE8 and AP8 models and to develop new models taking the atmospheric density into account. This work will be undertaken, under the scientific responsibility of J. LEMAIRE and L. BOSSY at the IASB. A bachelor in mathematics and a graduate in computer sciences will be engaged by SEMS to do this task at the IASB.

The main steps for the realisation of this task are summarized below:

J. LEMAIRE will contact data centres of the USA (NSSDC) and the USSR (IKI), in order to collect electrons and protons fluxes measurements from different spacecraft.

The interesting data have to be formatted and analysed in order to be stored in a relational database on the computers to be used by SEMS at the IASB. The programs used to format and browse the data will be worked out by the bachelor and the technician engaged by SEMS. V.A. Afonin who has a great experience in analysing similar type of data at IKI will be consulted for this task. The part of the software transferred from IKI will have to be adapted in Belgium under external contract by a software company. As soon as these programs will run, data analysis tasks will be performed by the technician engaged for SEMS.

At the same time, L. Bossy and J. Lemaire will develop a new coordinate system which will take the atmospheric density distribution into account to replace the actual McIlwain B-L system at low altitude. Afterwards, the database observations will be modelled as a function of these new coordinates. The omnidirectional and directional fluxes mean values as well as the standard deviations of all these measurements will then be used to compute the radiation doses expected during particular spatial missions (e.g. those of the Space Shuttle). These estimated doses will be compared to the measured doses and to those estimated by the old AE8 and AP8 models. These last tasks will be lead by J. Lemaire and A. Vampola (consultant). The new empirical models build by SEMS and the results of the comparison will be published in technical notes and articles that are to be presented at international meetings. To perform the data storage and data processing it will be necessary to increase the storage capacity of the VAX computer.

## 2. Prediction models for "Solar Proton Events" fluences.

A second aim of SEMS will be the testing of the two main models (King's model and Feynman and al. model) for the fluence prediction of the solar flare particles, currently used by spatial agencies and aerospace industries. The testing of the model predictions as a function of several solar activity indexes will also be undertaken. It is also planned to use the measurements of future "Solar Proton Events" to validate those statistical models. This work will be undertaken by M. Roth at the IASB.

## 3. Models for the spatial distribution of micrometeoroids and debris..

Space Vehicules are also bombarded by solid particles (dusts and solid grains) coming from meteoroids and space debris. These objects 'pollute' the space around the Earth, and represent a potential hazard for manned and unmanned space flights. The number of debris is steadily growing. A model for the spatial distribution of such objects (micrometeoroids and debris) was developed in 1989-1990 by MATRA-ESPACE for ESA. The third aim of the project is the improvement and the permanent updating of this model. New data from LDEF ('Long Duration Exposure Facility') are now available, and will be incorporated in the existing model. The influence of debris in the Van Allen belts will also be reexamined. J.M. Lesceux and an engineer engaged by SEMS will be in charge of this part.

#### 4. Study of electromagnetics waves in space.

In the magnetosphere, instabilities create magnetohydrodynamic waves and plasma waves. The resulting perturbations of magnetic and electric fields produce electromagnetic waves of different wavelength propagating in the environment. These waves are observed from ground or on board of spacecraft. The study of instabilities and the waves will also be part of this project. In particular, the Very Low Frequency (VLF) waves of terrestrial transmitters can increase through wave-particle interaction the precipitation in the atmosphere of charged particles trapped in the geomagnetic field.

F. Verheest and an engineer (or a post graduate) engaged by SEMS at the RUG will mainly be in charge of this study.

It is also planned to analyse the nuisances of these waves on the telecommunications and the effects they can produce on the spatial environment. The spatial telecommunications are an ever increasing source of radio waves. A catalogue containing the power of electromagnetic waves observed in the space environment as a function of frequency, is useful and should be permanently updated. A last aim of this project is the study and the modelling of space environment effects on the telecommunications for different frequencies and for different kinds of communications.

This work will be done at the UCL by A. Vander Vorst and an engineer engaged by SEMS.

#### **Working plan and tasks distribution**

The general management of this project will be conducted at IASB by J. LEMAIRE; he will coordinate the tasks of each team and will assure the good working of the program; he will collect the quarterly progress reports of all the team members. An annual report, as well as the final report, will be written after the workshops meetings, taking place on a regular basis and alternatively in the three institutions concerned.

These reports will be kept at the IASB and copies will be forwarded to the SPPS with the documentation, the technical notes and the articles that are to be published by SEMS.

Bilateral contacts between the members and the personnel to be engaged for this project will be encouraged and instigated by the investigators. The scientific management of the different studies and of the different modelling tasks proposed, will take place under the leaderships of the team members.

A. VANDER VORST will be responsible for the aspects concerning the electromagnetic waves and telecommunications. An engineer, engaged by SEMS will help him in this task.

F. VERHEEST will be responsible for the studies and modelling of the magnetospheric plasma and MHD waves that are developing inside of it. An engineer or a post graduate, engaged by SEMS will help him at RUG.

M. ROTH will deal with the aspects related to modelling of the "Solar Protons Events". L. Fedullo, technician in computer software at the IASB, will help him.

J-M LESCEUX will be in charge of the analysis and the modelling of the meteoroids observations and of the debris into orbit in the space. An engineer specialised in the data treatment will be engaged at IASB to assist him in his work.

L. BOSSY and J. LEMAIRE will run the modelling activities of high energy particles trapped in Van Allen's radiation belts. They will be helped in these tasks by a bachelor in mathematics and by a technician in informatics, engaged by SEMS.

#### **Experience of the participating teams and international collaborations:**

The IASB team has participated in the TREND study (Terrestrial ENvironment Development) achieved in 1989-1990 for ESA. This study conducted in collaboration with a French and an Irish team, allowed us to identify the gaps and the current needs in the area of spatial environment modelling. The SEMS project is meant to fill up some amount of these gaps.

The members of the IASB ( J. LEMAIRE, M. ROTH, J-M LESCEUX) have gained an internationally established experience in the solar wind plasma modelling (Kinetic models, tangential discontinuities), modelling of the magnetosphere (polar wind, plasmasphere, magnetopause ) and more recently in the study of micro-meteoroids. J.LEMAIRE lectures at the Université Catholique de Louvain " Cours de physique de l'Espace ". In 1989, he has given a series of lectures on the solar wind and the magnetosphere at the "Observatoire de Meudon " in Paris.

J. Lemaire and M. Roth are participating to an interdisciplinary study associated to the interplanetary mission ULYSSES from ESA and NASA. J. Lemaire and J-M Lesceux are co-investigators of two experiments ( MAREMF and MARIPROBE ) which will become part of the interplanetary probes MARS-94 and MARS-96. These instruments will measure the

distributions of charged particles in the magnetosphere of Mars.

J. Lemaire has worked in collaboration with scientists of several French laboratories (Observatoire de Meudon, Université de Poitiers, Groupe de recherche Ionosphérique d'Orléans, MATRA-ESPACE), in Ireland (Space Technology Ireland), in the USA (GSFC, MSFC-SSL, UCSD-La Jolla, Aerospace Corporation, Utah State University-Logan), and in USSR (Space Research Institute, IKI, Moscou). He is presently member of the Lunar Science Steering Group (LSSG) of ESA.

At the State University of Gent, Prof. F. Verheest carries out theoretical work on the magnetohydrodynamical waves and linear and non-linear ion acoustic waves, observed in space plasmas. He has also developed models for waves into plasmas with several ionic components. These articles have been published in international journals.

He has been lately given the Vanderlinden Prize for Astronomy from the " Académie des Sciences de Belgique ".

He is the assistant-secretary of the SCAS ( Sous Comité d'Astronomie Spatiale ) and is effective member of the CNRS ( Comité National de Recherches Spatiales ).

He has been implied in several international collaborations, e.g. with Dr. I. Khabibrakhmanov from IKI, Moscou; Prof. G.S. Lakhina, Indian Institute of Geomagnetism, Bombay; Dr. P.K. Shukla, Theoretische Physik IV, Ruhr-Universität Bochum; Prof. P.K. Kaw, Institute for Plasma Research, Gandhinagar, India.

At the UCL, the laboratory of Hyperfrequencies (Prof. A. VANDER VORST, Dr. D. VANHOENACKER) is formed of 15 scientists.

The research program is the development of technics and theories of radio waves whose wavelength is of the size of the objects.

The main activity is located in the field of the hyperfrequency telecommunications, from a technological and experimental point of view.

Three topics have been developed over the last 25 years: the conception of circuits, atmospheric transmission and biomedical studies.

In hyperfrequency telecommunications circuits, the circuits with centrimetric and millimetric waves, the microruban, finlines and coplanetary circuits have been developed.

Concerning atmospheric transmission, the laboratory is receiving and is developing data obtained by

earth stations, used in the OLYMPUS project of ESA.

Effects between horizontal and inclined paths in the framework of European projects, involving the PTT are estimated, in particular during special atmospheric effects ( diffusion, diffraction, screen effect ).

In biomedical, the effect of electromagnetic hyperfrequency fields on the nervous system are estimated, especially in micro-waves acupuncture. A quantitative and reliable method of anaesthetic effects through acupuncture was brought into existence.

The laboratory has national collaborations with the laboratory for electromagnetism from the RUG, with which the laboratory of hyperfrequency forms a "Pôle d'Attraction Interuniversitaire" (1990-95) and with the laboratory of micro-waves from the KUL

On the international level, the laboratory participates to the COST 231 Action (14 countries from western Europe, 25 laboratories), to the OPEX group of users of the OLYMPUS spacecraft from ESA (13 countries from western Europe and 2 countries from North America, 30 laboratories). The laboratory represents Belgium in those two projects.

Moreover, it contributes into a high number of institutions, among them we can mention l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger (3 Ph.D. students). the Academy of Traditional Chinese Medicine (Beijing), and the Technical Slovak University of Bratislava. In 1990, Prof. A. VANDER VORST has given lectures at the University of Aveyro (Portugal), Budapest (Ungaria), Madrid (Spain) and Warsaw (Polen).

The curriculum-vitae of J. LEMAIRE, of F. VERHEEST and A. VANDER VORST are given in the appendix.

#### **Infrastructure and equipment available for this project.**

At the UCL the laboratory of hyperfrequency has a complete chain of analysers up to 40 GHz, including a vectorial analyser of network (40MHz-40Ghz). The range 50-75 GHz will soon be covered. The whole set allows accurate measurements of systems, circuits and materials. An equipment for the development of planar circuits is also available for centrimetric and millimetric waves.

The laboratory owes also of two earth antenna-stations for spacecraft emitting at frequencies 12.5/20/30; two radiometers with two polarisations, at 11.6 and 35 GHz, and earth stations at frequencies 12/14 GHz. It has also biomedical measurement equipment at hyperfrequencies.

The laboratory has access to the Centre de Calcul of UCL, and to the network of the faculty of Applied Sciences. It has also workstations, one as part of a LAN, the other connected to an international network; a number of PC's are also available.

At the University of Gent, the service of Prof. Frank VERHEEST is using SUN and ACORN workstations, as well as PC's.

The IASB/BIRA team is using APOLLO (UNIX) workstations, and a MICROVAX 2000 (VMS). Two pc (MS-DOS) will be available to the SEMS project. It will nevertheless be necessary to add further storage memories to the MICROVAX to process larger volumes of observation data.

Beyond these computer tools, the project will benefit of the administrative and technical facilities of the three national institutions, involved in this project.

#### **Evaluation of the contributions brought to the project by the national institutions:**

The team of the laboratory of the UCL is formed of 6 members, supervised by two permanent members of the University. This group will develop different aspects, some of them interesting for SEMS; this team has studied the effects of the medium upon radio waves transmissions and the telecommunication signals.

J. LEMAIRE and J-M LESCEUX will spend one third of their time for the organisation and the scientific tasks of SEMS.

The curriculum-vitae of J. Lemaire, of F. Verheest and of A. Vander Vorst are given in appendix.

**BUDGET REQUESTED**

kilo FEB	year 1	year 2	year 3	year 4
----------	--------	--------	--------	--------

**at the UCL**

a) Personnel:				
Engineer	1320	1400	1480	1560
b) Fonctionnement:				
for the engineer	250	250	250	250
for the team	250	250	250	250
for computer expenses:	200	200	200	200
c) equipment:				
Workstation	-	600	-	-
d) overhead :				
5% on (a) and (b)	101	105	109	113
<b>Total UCL:</b>	<b>2121</b>	<b>2805</b>	<b>2289</b>	<b>2373</b>

**at the RUG**

a) Personnel:				
Engineer or bachelor in sciences	1320	1400	1480	1560
b) Fonctionnement:	400	400	400	400
c) Equipment:				
Workstation	-	-	500	-
d) Overhead 5%	86	90	94	98
<b>Total RUG:</b>	<b>1806</b>	<b>1890</b>	<b>2474</b>	<b>2058</b>

**at the IASB/BIRA**

a) personnel:				
Dr. Sci. Phys.	1320	1400	1480	1560
bachelor Math.	1200	1270	1340	1410
Technician	900	950	1000	1050
b) Fonctionnement:				
personnel engaged members IASB and management consulting fees	350	350	350	350
V.A. AFONIN	200	200	250	250
A.VAMPOLA	200	200	250	250
external contracts	300	300	250	250
c) equipment:				
extension VAX	200	200	-	-
<b>Total IASB/BIRA:</b>	<b>5020</b>	<b>5220</b>	<b>5270</b>	<b>5470</b>

**BUDGET REQUESTED (summary)**

kilo BEF	year 1	year 2	year 3	year 4
Total UCL	2121	2805	2289	2373
Total RUG	1806	1890	2474	2058
Total IASB/BIRA	5020	5220	5270	5470
<b>Total</b>	<b>8947</b>	<b>9915</b>	<b>10033</b>	<b>9901</b>

CURRICULUM VITAE

JOSEPH LEMAIRE

Private address : 1, Av. Jean XXIII  
 B-1330 RIXENSART, Belgium  
 Tel. (02) 653.49.21

Office : IASB - 3, avenue Circulaire,  
 B-1180 Bruxelles, Belgium  
 Tel. (02) 374.81.21

Nationality : Belgian

Education, Experience and Career

1957 - 1961 : studied Physics at the University of Liège.

1962 - 1967 : assistant at the Fonds National de la  
 Recherche Scientifique

1967 - 1969 : assistant at the Institute of Astrophysics  
 of the University of Liège, where he obtained a Ph. D.  
 Since 1969, he has worked at the Belgian Institute for  
 Space Aeronomy (IASB) where he became Chef de Travaux in  
 1972 and Chef de Section in 1985.

1985 : he became "Agrégé de l'Enseignement Supérieur"  
 from the Université Catholique de Louvain

1985 : he was appointed as "Chef de Travaux Agrégé"  
 (Rang C) at the Belgian Institute for Space Aeronomy.  
 Since 1985, he is Chargé de Cours invité at the  
 Université Catholique de Louvain where he gives lectures  
 on "Space Plasma Physics" and "Physics of the Ionosphere  
 and of the Upper Atmosphere".

He has been a Senior Research Associate of the U.S.  
 National Academy of Sciences at GSFC, Greenbelt, Md.  
 He has visited the University of California, San Diego;  
 He also visited the University of Alabama, Huntsville,  
 and, the University of Maryland, College Park;  
 In 1988, he was appointed as Invited Associate Professor  
 for one year at the Observatoire of Paris.

He occupied positions in national and international  
 organizations, e.g. Chairman EGS Section III (External  
 Geophysics), Vice-President of the European Geophysical  
 Society (EGS), Executive member of former Panel-C and of  
 Commission D of COSPAR, member of ESA's Solar System  
 Working Group (SSWG), Member of the Council of the  
 "Société Belge de Physique" (SBP);

He is Vice-President of the "Société Royale Belge  
 d'Astronomie, de Météorologie et de Physique du Globe",  
 Member of national committees of Astronomy and  
 Geophysics;

He has recently been appointed president of SCAS (Sous  
 Comité d'Astronomie Spatiale).

He has convened several scientific meetings and symposia in Belgium and in other European countries : Cours de 3ième cycle en Géophysique, EGS symposia on the Plasmopause (Trieste), Magnetopause (Amsterdam) and Bow Shock (Strasbourg)...

He is PI for an Interdisciplinary Study associated with the ESA-NASA ULYSSES project.

He is Guest-Investigator and Co-I on space science projects Prognoz and Mars-94, respectively.

He is Co-I on a NASA funded THEORY proposal at CASS (Utah State University, Logan).

He has been the project manager of a consortium formed by MATRA-ESPACE (Toulouse), Space Technology Ireland (Dublin) and the Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB, Brussels) to study for ESA/ESTEC/WMA, the needs of new models of the Earth's Radiation Environment (TREND).

In addition to the 97 scientific papers, he has published two books : Frontiers of the Plasmopause (Cabay ed., L.L.N.), and, in collaboration with M.J. Rycroft : Solar System Plasmas and Fields (Pergamon Press).

#### Prizes and Honours

"Prix du Concours Universitaire 1963" for a memoire entitled "Les Ceintures de Radiation de Van Allen".

In 1974, the "Prix de l'Académie Royale des Sciences de Belgique"

The prizes, A. Wetrems (period 1971-72) and G. Vanderlinden (period 1973-1976), have been awarded to him by the Belgian Academy of Sciences.

#### Outline of J. Lemaire's scientific contributions

J. Lemaire has contributed to the study and the development of research in the following fields of Aeronomy and theoretical Space Physics :

- The plasma kinetic theory and its application to external geophysics.
- The modelisation of solar and polar winds.
- The application of kinetic models to the study of the precipitation of auroral electrons and electrostatic double layers.
- The theory of the plasmopause formation and the simulation of the deformations of this surface during a magnetic storm (these contributions have been collected in a dissertation for which J. Lemaire has obtained the degree of "Agrégé de l'Enseignement Supérieur").
- The kinetic theory of tangential discontinuities and its application to the "magnetic holes" observed in the solar wind.
- The theory of the impulsive penetration of solar wind plasmoids into the magnetosphere.

PUBLICATIONS OF J. LEMAIRE  
related to C-TREND proposal

LEMAIRE, J.,

NOTE SUR QUELQUES CONSEQUENCES DES CONDITIONS  
D'ALFVEN POUR L'INTERPRETATION DES ZONES DE VAN  
ALLEN ET DES DEPLACEMENTS, AINSI QUE DES COURANTS  
AZIMUTHAUX A GRANDE DISTANCE, BULL. SOC. ROYALE  
SCI. LIEGE, 31, 556-574, 1962.

LEMAIRE, J.

LES ZONES DE RADIATION DE VAN ALLEN. CIEL ET TERRE,  
79, 129-140, 1963.

BEKAERT, F. & LEMAIRE, J.

EFFET DES FORCES PERTURBATRICES SUR LE MOUVEMENT DE  
PARTICULES CHARGEES DANS UN CHAMP MAGNETIQUE  
DIPOLAIRE. BULL. ACAD. ROYALE DE BELGIQUE, CL.  
SCI., 5EME SERIE, 53, 833-850, 1967.

LEMAIRE, J.

THE INTERPRETATION OF PROTONS AND ELECTRONS  
OBSERVATIONS FROM ATS6 SATELLITE WITHIN THE FRAME  
OF THE MCILWAIN'S ELECTRIC FIELD MODEL. BULL. ACAD.  
ROYALE DE BELGIQUE, CL. SCI., 5E SERIE, 68, 821-  
834, 1982.

BOSSY, L. & LEMAIRE, J.

GEOPHYSICAL AND SOLAR ACTIVITY INDICES, EOS,  
TRANSACTIONS AGU, 65, 1232, 1984.

LEMAIRE, J., ROTH, M., WISEMBERG, J.,

DOMANGE, P., FONTEYN, D., LESCEUX, J.M.,  
LOH, G., FERRANTE, G., GARRES, C., BORDES, J.,  
McKENNA-LAWLOR, S., VETTE, J.I., DALY, E.J.

DEVELOPMENT OF IMPROVED MODELS OF THE EARTH'S  
RADIATION ENVIRONMENT. ( Technical Notes 1 to 6 and  
Final Report )  
ESTEC/CONTRACT NO.8011/88/NL/MAC, July 1990.

BORDE, J., VETTE, J.I., BOULOC, A., LOH, G.,  
CAYTON, T., DALY E.J., DOMANGE, P., FONTEYN, D.,  
GARRES, C., ROTH, M., WISEMBERG, J.,  
FERRANTE, G., McKENNA-LAWLOR, S., LEMAIRE, J.

IMPROVEMENT OF GEOSTATIONARY ELECTRON ENVIRONMENT  
MODELS BASED ON LANL DATA ANALYSIS.  
IN ESA SPACE ENVIRONMENT ANALYSIS WORKSHOP ESTEC,  
9-12 OCTOBER 1990.

LEMAIRE, J., DALY, E.J., VETTE, J.I., BORDE, J.,  
FONTEYN, D., GARRES, C..

CALCULATION OF THE TRAPPED RADIATION FLUXES FOR THE  
YEARS 2000, IN CONSIDERATION OF THE SECULAR  
VARIATIONS OF THE GEOMAGNETIC FIELD.  
in ESA SPACE ENVIRONMENT ANALYSIS WORKSHOP ESTEC,  
9-12 OCTOBER, 1990.

27 March, 1991

## RESUME

## Frank Verheest

• Personalia

- ★ Date of birth : May 3, 1941
- ★ Nationality : Belgian
- ★ Address : Instituut voor theoretische mechanika, Rijksuniversiteit Gent  
Krijgslaan 281, B-9000 GENT, Belgium

• Academic background

- ★ MSc 1963 Rijksuniversiteit Gent, great distinction
- ★ PhD 1966 Rijksuniversiteit Gent, greatest distinction  
Title of thesis : *Study of dispersion laws for plane waves in multicomponent plasmas*
- ★ DSc 1975 Rijksuniversiteit Gent  
Title of thesis : *Linear and nonlinear wave phenomena in plasmas*

• Professional experience

- ★ 1963-1981 Rijksuniversiteit Gent      Research Assistant  
Scientific Officer  
Senior Scientific Officer
- ★ 1967-1968 Princeton University      Visiting Research Associate  
Princeton, NJ, USA
- ★ 1972-1973 Culham Laboratory      Attached Scientific Staff  
Abingdon, UK
- ★ 1981- ... Rijksuniversiteit Gent      Associate Professor  
Faculty of Sciences      Professor

- Current interest      Nonlinear plasma waves, plasma astrophysics

- List of publications and congressabstracts      more than 90 papers and abstracts

• Other distinctions

- \* Fellow of the Royal Astronomical Society
- \* Founding Member of the European Astronomical Society
- \* Life Member of the American Geophysical Union
- \* Life Member of the American Physical Society
- \* Member of the European Physical Society
- \* Member of the Institute of Physics, Chartered Physicist
- \* Member of the International Astronomical Union
- \* Member of the Scientific Council of the Belgian Institute of Space Aeronomy
- \* 1990 H L Vanderlinden Prize for Astronomy (Royal Academy of Sciences, Belgium)

• Scientific long-term visits

- \* Visiting Research Associate Plasma Physics Laboratory, Princeton University (USA)  
1.9.1967–30.6.1968
- \* Attached Scientific Staff UKAEA Culham Laboratory, Abingdon (UK)  
1.10.1972–30.6.1973
- \* Professeur Visiteur Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan (Ivory Coast)  
1–23.5.1982
- \* Visiting Professor Physical Research Laboratory, Ahmedabad (India)  
1.10–31.12.1983 & 1–31.12.1985 & 1.10.1989–31.1.1990
- \* Visiting Professor Technische Universiteit Eindhoven (the Netherlands)  
1–15.11.1987

• Invited speaker at international congresses and workshops

- \* National Symposium on Plasma Physics, Delhi 1980
- \* Workshop II, III, IV, V on (Nonlinear) Stability, Antwerpen 1980, 1981, 1983, 1989
- \* Conference on Applied Mathematics in the Honour of Professor A A Ashour, Cairo 1987
- \* Waves and Soliton Days Antwerp III, IV, Antwerpen 1988, 1990
- \* 19th International Conference on Phenomena in Ionized Gases, Beograd 1989
- \* IAU Symposium 142 on Basic Plasma Processes on the Sun, Bangalore 1989

• Visits to other universities and scientific institutes

- \* Universities: Assiut, Bangor, Calcutta, Cambridge (Mass.), Delhi, Glasgow, Hyderabad, Jaipur, Kathmandu, Madrid, New York, Syracuse, Varanasi
- \* Institutes: CSM Golden, HFS Jungfrauoch, IIA Bangalore, IIG Bombay, IKI Moskwa, IPR Gandhinagar, Observatoire de Nice, ZIE Greifswald

• University lecture courses

Astronomy and geodesy, Classical mechanics, Continuum mechanics, Plasma kinetic theory  
Plasma waves, Quantum mechanics, Theoretical and mathematical physics

- Relevant scientific papers

- 1 *Dispersion relations for linear waves in multicomponent and collision-free plasmas*  
Simon Stevin **40** (1966) 36–42
- 2 *General dispersion relations for linear waves in multicomponent plasmas*  
Physica **34** (1967) 17–35
- 3 *Dispersion relations for linear three-component plasmas*  
Physica **34** (1967) 36–41
- 4 *Linear waves in weakly ionized multicomponent plasmas*  
Physica **34** (1967) 42–46
- 5 *Waves in multicomponent Vlasov plasmas with anisotropic pressure*  
Zeitschrift für Naturforschung **22a** (1967) 1927–1935
- 6 *Multicomponent beam-plasma waves*  
Zeitschrift für Naturforschung **22a** (1967) 1935–1939
- 7 *Dispersion in beam-plasma systems: I. Pressure anisotropy*  
Beiträge aus der Plasmaphysik **11** (1971) 133–139
- 8 *Dispersion in beam-plasma systems: II. External magnetic field*  
Beiträge aus der Plasmaphysik **11** (1971) 189–193
- 9 *Dispersion in beam-plasma systems: III. Magnetic field induced pressure anisotropies*  
Beiträge aus der Plasmaphysik **11** (1971) 375–382
- 10 *Alfvén instabilities in streaming plasmas with anisotropic pressures and their relevance for the solar wind*  
Astrophysics and Space Science **46** (1977) 165–173
- 11 *Alfvén wave plasma turbulence during solar wind-comet interaction*  
Astrophysics and Space Science **138** (1987) 209–215
- 12 *Ion-acoustic solitons in multi-component plasmas including negative ions at critical densities*  
Journal of Plasma Physics **39** (1988) 71–79
- 13 *Alfvén wave instabilities and ring current during solar wind-comet interaction*  
(G S Lakhina & F Verheest)  
Astrophysics and Space Science **143** (1988) 329–338
- 14 *Ion-acoustic solitons in magnetized multi-component plasmas including negative ions*  
(K P Das & F Verheest)  
Journal of Plasma Physics **41** (1989) 139–155
- 15 *Ion-acoustic double layers in multi-species plasmas maintained by negative ions*  
Journal of Plasma Physics **42** (1989) 395–406
- 16 *Linear and nonlinear Alfvén waves in cometary plasmas*  
Invited Papers of the 19th International Conference on Phenomena in Ionized Gases (1989) 196–205 (Beograd: University Press)
- 17 *Nonlinear parallel Alfvén waves in cometary plasmas*  
Icarus **86** (1990) 273–282
- 18 *Nonlinear supersonic motions of magnetized plasma flow with mass loading*  
(I Kh Khabibrakhmanov & F Verheest)  
Journal of Geophysical Research **95** (1990) 10449–10457

- 19 *Super-Alfvénic beam-plasma instabilities in solar flares*  
Basic Plasma Processes on the Sun (edited by E R Priest & V Krishan, Kluwer, Dordrecht 1990)  
383-389
- 20 *Detection of nonlinear features in plasma and field measurements by PROGNOZ-3*  
(A Yu Sokolov, I Kh Khabibrakhmanov, M M Kuznetsova, J Lemaire, M Roth, J M Lesceux & F Verheest)  
Plasma Astrophysics (A joint Varenna-Abastumani-ESA-Nagoya-Potsdam Workshop, edited by T D Guyenne & J J Hunt, ESA, Paris) **SP-311** (1990) 81-85
- 21 *Nonresonant low-frequency instabilities in multibeam plasmas: applications to cometary environments and plasma sheet boundary layers*  
(F Verheest & G S Lakhina)  
Journal of Geophysical Research (1991) in press
- 22 *Rôle of nonresonant Alfvén instabilities in solar system beam-plasmas*  
(F Verheest & G S Lakhina)  
Advances in Space Research 10 = (1991) in press
- 23 *Parallel solitary Alfvén waves in warm multispecies beam-plasma systems*  
(F Verheest & B Buti)  
Journal of Plasma Physics (1991) (submitted)
- 24 *Plasma processes in the heliosphere*  
Reports on Astronomy (Transactions of the International Astronomical Union XXIA, edited by D McNally, Kluwer, Dordrecht 1991) in press
- 25 *Alfvén wave instabilities and solitons in cometary and solar system plasmas*  
Academiae Analecta (1991) in press
- 26 *Parallel solitary Alfvén waves in warm multispecies beam-plasma systems. II: Anisotropic pressures*  
Journal of Plasma Physics (1991) (submitted)

André VANDER VORST  
 Microwaves U.C.L.  
 Bâtiment Maxwell  
 B-1348 LOUVAIN-LA-NEUVE  
 Belgium

Phone : +32.10.47.23.05 (secre. : 2300)  
 Telex : 59315 TELHY B  
 Fax : +32.10.45.22.72

A. VANDER VORST was born in Brussels, Belgium, 1935.

He studied at the Catholic University of Louvain, Belgium, where he obtained certificates in Nuclear Sciences in 1956 and 1957, the degrees of Electrical and Mechanical Engineer in 1958, and the Doctor's degree in Applied Sciences in 1965, with a thesis on the switching of fast magnetic cores. While at M.I.T., U.S.A., as a visiting research associate, he obtained a Master's degree in microwaves.

In 1958, he obtained an assistantship at the University of Louvain, where he became an assistant professor in 1962. In the meantime, he worked for three months at the Natuurkundig Laboratorium, Philips, Eindhoven, The Netherlands. He obtained a postdoctoral NATO fellowship and spent two years in the U.S. as a visiting research associate, one year at M.I.T. and the next one at Stanford University in the Radioastronomy Institute (1964-1966). Returning to the University of Louvain, Belgium, he initiated a Microwave Laboratory which he is still leading, becoming associate professor in 1968 and professor in 1972.

He held several periods of office in engineering and university administration, like Head of the Electrical Engineering Department, Dean of Engineering, Vice-President of the Academic Council, and member of the Board of Directors. For several years, he was in charge of the development of the computer center and its decentralization through networking. He has been the Chairman of the Open Faculty for Economical and Social Politics in his University for fourteen years. Among other responsibilities, he is now a member of the Research Council and of the Council for International Affairs in his University. He is the chairman or a member of various national and international committees on microwaves, communications, and education.

He is involved with I.E.E.E. activities since 1967, for student activities in Region 8 (Europe, Middle-East and Africa) for about fifteen years, also with educational activities, being a member of the Educational Activities Board in 1970 and 1971, and presently as the chapter activities coordinator for the Region.

Since 1969, he is involved with the development of microwave conferences, in particular the European Microwave Conference, and with promoting a U.S. session at the EuMC and an European session at the MTT-symposium. He has permanent contacts with the MTT and with the EuMC committees. He has been invited to lecture and to give papers at various international conferences and seminars.

His interests in microwaves led him to conduct in 1966-1968 the first study on the feasibility of direct broadcast in Europe for the European Space Agency. His team obtained in 1969 a numerical solution for two-dimensionally loaded waveguides, which necessitated to solve the two-dimension eigen-value vector equation, then to three-dimensionally loaded cavities. He started in 1969 to build up links and radiometers to measure the atmospheric influence on microwave propagation at 10 and 35 GHz, then to participate to the OTS project of the European Space Agency in 1975-1983. A specific contribution of his Laboratory has been in the effects of scintillation on systems, in particular on broadbanding.

Presently, he has three research interests : (1) the design, realisation and testing of microwaves circuits, active and passive, especially on microstrip, finlines and coplanar structures up to 40 GHz, and higher frequencies in the near future, (2) atmospheric satellite-earth propagation at 10, 20 and 30 GHz in the frame of the OLYMPUS project of the ESA, diffraction studies on obstacles in view of interference reduction, and tropospheric diffusion, and (3) the interaction between electromagnetic fields and living systems and tissues, specifically in the field of microwave acupuncture. He has written three books in french, edited in Brussels, Belgium, and is the author or coauthor of more than one-hundred papers published in the open literature and conference proceedings.