



Assemblée générale

Distr.: Limitée
14 mars 2002

Français
Original: Anglais

Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique

Centre régionaux de formations aux sciences et techniques spatiales (affiliés à l'Organisation des Nations Unies)

Programmes d'études en sciences spatiales et en sciences de l'atmosphère

Table des matières

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
I. Introduction	1-2	2
II. Délibérations du groupe de travail des sciences spatiales et des sciences de l'atmosphère	3-19	2
A. Objectif du cours et sujets recommandés	5-8	3
B. Examen des recommandations du Comité de révision des programmes d'enseignement	9-10	5
C. Programme révisé pour le troisième cours sur les sciences spatiales et les sciences de l'atmosphère	11-19	7

Annexes

I. Specifications for the curriculum of the third course	10
II. Revised curriculum for the second course	13
III. Curriculum for the first course	18
IV. Recommended teaching material	21
V. Explanatory notes for the curriculum	23



I. Introduction

1. Il y a des milliers d'années, sur une petite planète rocheuse en orbite autour de modestes étoiles dans une galaxie spirale ordinaire, nos lointains ancêtres levaient les yeux et s'interrogeaient sur leur place entre la Terre et le ciel. Au XXI^e siècle, nous nous posons encore les mêmes questions fondamentales: comment l'univers est-il apparu et a-t-il évolué, comment les hommes sont-ils venus là, où vont-ils et sont-ils seuls dans l'univers? Après ce qui n'est qu'un instant infime en termes cosmiques, nous commençons à avoir un début de réponse à ces questions. Au cours des 40 dernières années, les sondes et les observatoires spatiaux ont joué un rôle central dans ce processus.

2. Les missions et la recherche réalisées dans le domaine des sciences spatiales et des sciences de l'atmosphère nous apportent quotidiennement de nouveaux éléments de réponse. Les programmes concernant l'astronomie, le système solaire ainsi que le Soleil et son interaction avec la Terre relèvent des sciences spatiales et des sciences de l'atmosphère. Celles-ci s'intéressent à tout ce qui se trouve entre les couches moyennes de l'atmosphère terrestre (60 kilomètres de la Terre environ) et la limite de l'univers à plusieurs milliards d'années-lumière. On pourra peut-être mieux comprendre ce qui est du ressort des sciences spatiales et des sciences de l'atmosphère en voyant ce qui relève d'autres domaines:

a) Les programmes relatifs aux sciences de la Terre concernent la Terre jusqu'aux couches moyennes de l'atmosphère (environ 60 kilomètres de la Terre). Ils englobent par exemple la recherche sur le réchauffement de la planète et sur l'appauvrissement de la couche d'ozone;

b) L'exploration humaine et le développement dans l'espace sont du ressort des engins spatiaux habités et des stations spatiales. Les sciences spatiales et les sciences de l'atmosphère peuvent à l'occasion avoir recours à des engins spatiaux ou des stations spatiales pour réaliser des expériences dans l'espace, mais elles ne sont pas les principaux utilisateurs de ces engins et ne s'occupent pas de leur gestion;

c) Les programmes de recherche biologique et physique portent sur la recherche dans le domaine des sciences des matériaux et des sciences de la vie effectuée à bord des engins spatiaux et des stations spatiales;

d) Les programmes de technique aérospatiale s'efforcent de mettre au point des technologies permettant d'améliorer les avions et les lanceurs futurs (fusées).

II. Délibérations du groupe de travail des sciences spatiales et des sciences de l'atmosphère

3. Le Bureau des affaires spatiales a organisé, en coopération avec l'Agence spatiale européenne, la "Réunion d'experts des Nations Unies sur les centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales: leur statut et leur évolution future" qui s'est tenue à Frascati (Italie) du 3 au 7 septembre 2001. Un des principaux objectifs de cette réunion était d'examiner et d'actualiser les programmes d'enseignement des centres régionaux dans quatre disciplines: télédétection, météorologie satellitaire, communications et sciences spatiales. Le

présent rapport rend compte des délibérations du groupe de travail des sciences spatiales et des sciences de l'atmosphère.

4. Le groupe de travail a examiné et révisé le programme d'étude du troisième cours (annexe I) qui se déroulera à partir du 1^{er} août 2002 au Centre de formation aux sciences et techniques spatiales pour l'Asie et le Pacifique. Les programmes du deuxième et du premier cours sont indiqués à l'annexe II et III respectivement.

A. Objectif du cours et sujets recommandés

5. Le groupe de travail a été d'avis que le cours sur les sciences spatiales et les sciences de l'atmosphère devrait répondre aux besoins des pays en développement et donc viser à développer des capacités générales dans ces disciplines afin d'appuyer la mise en place des infrastructures. Ce cours devrait s'adresser: aux étudiants ayant une formation en sciences physiques ou en ingénierie qui souhaitent poursuivre des études universitaires supérieures ou d'autres recherches dans le domaine des sciences spatiales; aux enseignants des universités ou des écoles secondaires qui doivent avoir un bon niveau de connaissances générales dans le domaine des sciences spatiales; aux ingénieurs participant aux missions spatiales, soit dans l'espace, soit au sol; et aux administrateurs quel que soit le type d'activités spatiales dont ils s'occupent.

6. La structure générale du cours devrait être la même que celle des autres cours d'études supérieures, à savoir neuf mois d'enseignement suivant des méthodes variées (cours magistraux, travaux dirigés, travaux pratiques, séminaires etc.) aboutissant à la réalisation d'un projet pilote d'une durée de deux mois environ. Les participants réaliseraient ensuite un projet de recherche d'une durée d'un an sur un sujet concernant normalement leur pays. Ce projet serait réalisé dans leur pays d'origine sous la direction de deux superviseurs: un enseignant du centre régional et un enseignant du pays d'origine du participant. Il a été jugé éminemment souhaitable que le projet pilote constitue la première phase du projet d'un an, ainsi le participant retournera dans son pays déjà muni de certaines données, doté d'une formation appropriée en matière de recherche et ayant établi une relation de travail avec l'enseignant du centre qui sera chargé de le superviser. Cela supposerait que le projet pilote, soit lui aussi choisi en accord avec le superviseur du pays d'origine du participant.

7. Le groupe de travail a souligné que les centres régionaux devaient être libres de choisir les méthodes d'enseignement et les critères de sélection qu'ils préféreraient et qui étaient appropriés à leur région, à leur situation et à leurs compétences. Le groupe de travail a recommandé sept sujets d'étude; un huitième sujet intitulé "géodésie spatiale" a également été suggéré et examiné. Le groupe a estimé qu'un cours sur les sciences spatiales et les sciences de l'atmosphère devrait porter sur plusieurs de ces sept ou huit sujets (par exemple de trois à cinq) qui seront choisis par le centre. Le programme d'enseignement pourrait être interprété avec souplesse et modifié pour être adapté à un cours donné, mais les sujets énoncés indiquent de manière générale la portée et le niveau des études attendus. Même si dans certains cas (technologie des engins spatiaux, par exemple) il se peut que la personne chargée d'élaborer le programme n'inclue que quelques-uns des éléments proposés, le programme d'enseignement donnera cependant des indications utiles. Toutefois,

le cours doit être à un niveau d'études universitaires supérieures. L'instrumentation sera décrite normalement comme une partie du sujet approprié.

8. Les huit sujets proposés sont les suivants:

1. Mathématiques pour spécialistes des sciences spatiales et ingénieurs

En guise d'introduction aux mathématiques pour spécialistes des sciences spatiales et ingénieurs, un cours de recyclage pourrait porter sur les disciplines suivantes: algèbre, géométrie, trigonométrie, algèbre linéaire, calcul, équations différentielles ordinaires, probabilités et statistiques (distribution de Poisson et distribution gaussienne), introduction à l'analyse numérique, notions de conception de programmes informatiques, connaissances de base d'analyse vectorielle. Il pourrait être souhaitable de recourir à de nombreux exemples pris dans le domaine de la physique de l'espace: mouvement dans un champ gravitationnel, orbites satellitaires, etc. À la suite du cours de recyclage, pourraient avoir lieu les cours suivants:

Statistiques et analyse de données: analyse d'erreurs, analyse de séries chronologiques, tendances, analyse de Fourier, effet du bruit sur les données, techniques d'ajustement, moindres carrés, probabilités maximales, filtrage de phase linéaire, tests de signification statistique

Méthodes d'analyse numérique: interpolation et extrapolation, méthodes des différences finies, intégration

Modélisation: solution numérique des équations aux dérivées partielles, élaboration d'un modèle numérique simple, utilisation pratique des modèles numériques

Cette liste a été délibérément limitée, en partie pour que les centres régionaux aient la liberté d'ajouter des éléments adaptés aux autres disciplines qu'ils enseignent dans le domaine des sciences spatiales et en partie parce que les étudiants devraient avoir à réaliser des petits projets afin qu'ils se perfectionnent véritablement en mathématiques.

2. Structure, composition, dynamique et évolution des atmosphères planétaires

Atmosphères (y compris l'atmosphère terrestre)

Bilan énergétique de la Terre

Rayonnement solaire et ses effets sur la variation de l'atmosphère terrestre

Structure, composition et dynamique de l'atmosphère terrestre

Comparaison avec les atmosphères d'autres planètes

Évolution à long et court terme de l'atmosphère

Climatologie régionale

3. Physique de l'ionosphère

Structure et variabilité de l'ionosphère terrestre

Technique ionosphériques, en particulier techniques spatiales

Dynamique du plasma ionosphérique

Émissions optiques de l'ionosphère

Ionosphère des planètes et de leurs satellites

Interaction entre ionosphère et atmosphère

Communications radio à travers l'ionosphère

4. Vent solaire, magnétosphère et météorologie spatiale
 - Activité solaire et ses effets
 - Champs magnétiques de la Terre et des autres planètes
 - Magnétosphères de la Terre et des autres planètes
 - Milieus interplanétaires et météorologie spatiale
5. Astronomie et astrophysique
 - Introduction à l'astronomie
 - Structure et évolution des étoiles et des galaxies
 - Observations astronomiques à toutes les longueurs d'onde
 - Rayons cosmiques
 - Cosmologie élémentaire
6. Notions élémentaires de conception, de construction et de lancement d'engins spatiaux
 - Dynamique orbitale et lanceurs
 - Mesure et contrôle d'attitude
 - Production et stockage d'énergie
 - Télémessure et contrôle, gestion de données
 - Conception et essais mécaniques
 - Conception et contrôle thermiques
 - Considérations relatives à la conception de la charge utile
 - Matériaux à utiliser dans les systèmes spatiaux
7. Biologie spatiale
 - Introduction à la biologie spatiale
 - Réponse physiologique globale aux vols spatiaux
 - Radiation et radiobiologie
 - Risques médicaux liés aux activités spatiales
 - Vie dans l'espace
8. Géodésie spatiale
 - Systèmes de coordonnées terrestres, mondiales et régionales
 - Création de systèmes de coordonnées à partir d'observations spatiales
 - Système de positionnement global (GPS): théorie et application
 - Système d'information géographique (SIG): théorie et application
 - Applications scientifiques de la géodésie spatiale: dérive des continents, séparation Terre-Lune, etc.

B. Examen des recommandations du Comité de révision des programmes d'enseignement

9. Le Comité de révision des programmes d'enseignement, organe ad hoc établi par le Centre de formation aux sciences et techniques spatiales pour l'Asie et le Pacifique en prévision de la réunion de septembre 2001, a proposé un programme révisé pour le troisième cours. Ce programme, qui a été examiné par le groupe de travail, est le suivant:

<i>Module</i>	<i>Sujet</i>
1	Questions théoriques
1.1	Structure, composition et dynamique des atmosphères planétaires
1.1.1	Structure de l'atmosphère terrestre
1.1.2	Composition de l'atmosphère terrestre
1.1.3	Dynamique de l'atmosphère terrestre
1.1.4	Rayonnement solaire et ses effets sur l'atmosphère
1.1.5	Atmosphères des planètes et des satellites
1.2	Physique de l'ionosphère
1.2.1	Structure et variabilité de l'ionosphère terrestre
1.2.2	Technique ionosphérique: au sol, et spatiales
1.2.3	Dynamique du plasma ionosphérique
1.2.4	Émissions optiques
1.2.5	Ionosphères des autres planètes et satellites
2	Expériences
2.1	Surveillance de l'ozone depuis la surface
2.2	Radiosondage de l'ionosphère (ionosonde)
2.3	Sonde de Langmuir pour la mesure de la densité électronique
2.4	Imagerie optique des déficits en plasma
2.5	Expérience de modélisation de l'atmosphère neutre
3	
3.1	Vent solaire, magnétosphère et météorologie spatiale
3.1.1	Éléments de physique solaire
3.1.2	Champ magnétique de la Terre et des autres planètes
3.1.3	Magnétosphère de la Terre et des autres planètes
3.1.4	Milieu interplanétaire
3.1.5	Météorologie spatiale
3.2	Astronomie et astrophysique
3.2.1	Introduction à l'astronomie
3.2.2	Instruments et techniques d'observation astronomique
3.2.3	Études des étoiles et des galaxies – dans le visible et l'infrarouge proche
3.2.4	Astrophysique des hautes énergies
3.2.5	Études radioastronomiques
4	
4.1	Photométrie des étoiles doubles
4.2	Étude interférométrique des nébuleuses planétaires
4.3	Études des pulsars à l'aide du radiotélescope géant à onde métrique (GMRT)/radiotélescope à synthèse d'Ooty (OSRT)
4.4	Mesures de la température des planètes éloignées à l'aide de détecteurs IR
4.5	Étude du spectre solaire

10. La procédure d'évaluation proposée pour le troisième cours serait la suivante:

	<i>Points</i>
Travaux théoriques (4 mémoires x 300 points)	1 200
Exercices pratiques	
Participation aux exercices pratiques (10 exercices x 45 points)	450
Examens pratiques (2 examens x 75 points)	150
Séminaires (4 séminaires x 75 points)	300
Projet pilote	<u>300</u>
Total	2 400

À la suite des débats qui ont eu lieu au sein du groupe de travail, au cours desquels l'introduction d'un cinquième module consacré à la conception, la construction et le lancement d'engins spatiaux a été suggérée (voir par. 16 ci-dessous), la procédure d'évaluation a été révisée (voir annexe I, par. 3).

C. Programme révisé pour le troisième cours sur les sciences spatiales et les sciences de l'atmosphère

1. Recommandations concernant la structure du troisième cours

11. Le troisième cours comportera cinq modules:

1. Théorie
2. Expérience
3. Théorie
4. Expérience
5. Projet pilote

On trouvera davantage de détails concernant le programme, et en particulier les modules théoriques, à l'annexe I.

2. Changements proposés par rapport au programme du deuxième cours.

12. Dans le deuxième cours, l'enseignement comportait au total 300 heures de cours et 300 heures consacrées aux expériences (voir annexe II). Les principales modifications recommandées pour ce qui est de la répartition des heures sont examinées ci-dessous.

Changements concernant les sujets théoriques

13. Dans le deuxième cours, 50 heures étaient consacrées à l'astronomie et à l'astrophysique. Dans le programme révisé, 60 heures seraient prévues pour ces disciplines et 33 heures supplémentaires pour la physique planétaire. Ces heures devraient se répartir comme suit:

	<i>Heures</i>
Atmosphères des planètes et des satellites	12
Ionosphères des autres planètes et satellites	8
Champ magnétique de la Terre et des autres planètes	6
Magnétosphère de la Terre et des autres planètes	<u>7</u>
Total	33

Ainsi 43 heures supplémentaires seraient consacrées à l'astronomie et à l'astrophysique et à la physique planétaire dans le programme proposé.

14. Pour le deuxième cours, 50 heures étaient consacrées aux études optiques et en laboratoire des processus spatiaux. Dans le programme révisé pour le troisième cours, ces heures seraient réduites à 8 et seraient consacrées aux techniques de mesure et à la propagation ionosphérique.

15. Dans le deuxième cours, 50 heures étaient consacrées à la modélisation: climat, atmosphère neutre, effets radiatifs des aérosols, ionosphère et la simulation numérique des bulles de plasma. Dans le programme révisé pour le troisième cours, ces sujets ne devraient plus occuper qu'environ 11 heures sous forme d'une expérience de modélisation sur l'atmosphère/l'ionosphère dans le module 4.

16. En outre, il est proposé que 59 heures soient consacrées au nouveau sujet: notions élémentaires de conception et de lancement d'engins spatiaux.

17. Les modèles théoriques se répartiraient donc comme suit:

Module Sujet

1.
 - 1.1 Structure, composition et dynamique des atmosphères planétaires
 - 1.1.1 Notions de base sur l'atmosphère terrestre
 - 1.1.2 Dynamique de l'atmosphère terrestre
 - 1.1.3 Rayonnement solaire et ses effets sur l'atmosphère
 - 1.1.4 Atmosphères des planètes et des satellites
 - 1.2 Physique de l'ionosphère
 - 1.2.1 Structure et variabilité de l'ionosphère terrestre
 - 1.2.2 Techniques de mesure et propagation ionosphérique
 - 1.2.3 Dynamique du plasma ionosphérique
 - 1.2.4 Émissions lumineuses
 - 1.2.5 Ionosphères des autres planètes et satellites
- 3
 - 3.1 Vent solaire, magnétosphère et météorologie spatiale
 - 3.1.1 Éléments de physique solaire
 - 3.1.2 Champ magnétique de la Terre et des autres planètes
 - 3.1.3 Magnétosphère de la Terre et des autres planètes
 - 3.1.4 Météorologie spatiale
 - 3.1.5 Techniques de mesure des paramètres magnétiques solaires et terrestres
 - 3.2 Astronomie et astrophysique
 - 3.2.1 Introduction à l'astronomie et à l'astrophysique
 - 3.2.2 Instruments et techniques d'observation astronomique
 - 3.2.3 Études des étoiles et des galaxies dans le visible et l'infrarouge proche
 - 3.2.4 Astrophysique des hautes énergies
 - 3.2.5 Études radioastronomiques

<i>Module</i>	<i>Sujet</i>
3.3	Notions élémentaires de conception, de construction et de lancement d'engins spatiaux
3.3.1	Dynamique, contrôle et guidage orbitaux
3.3.2	Production et stockage d'énergie
3.3.3	Télémessure et télécommande
3.3.4	Aspects mécaniques, thermiques et relatifs à la charge utile
3.3.5	Matériaux à utiliser dans les systèmes spatiaux

Modification du programme des expériences

18. Le deuxième cours comprenait au total 12 expériences (voir annexe II). Les expériences ci-après devraient être abandonnées:

Fonction de fente d'un monochromateur
Spectroscopie d'absorption pour déterminer la densité de la colonne
Mesure du champ magnétique terrestre avec un magnétomètre à précession de protons
Interférométrie de la lueur ionosphérique
Mesure de la fluorescence à l'aide de rhodamine

Les nouvelles expériences ci-après ont été proposées:

Photométrie des étoiles doubles
Étude interférométrique des nébuleuses planétaires
Expérience de modélisation de l'atmosphère/ionosphère
Étude radio pulsar à l'aide du GMRT/OSRT
Étude du spectre solaire

3. Répartition des diverses activités

19. Le cours durera neuf mois et comptera 200 journées de six heures, soit 1 200 heures au total. Ces heures se répartiront comme suit:

<i>Activités et horaires</i>	<i>Heures</i>	<i>Pourcentage du temps total</i>
Cours théoriques: 5 sujets, 60 heures par sujet; 3 cours chaque jour de 9 heures à 10 heures, de 10 h 40 à 11 h 50 et de 11 h 50 à 13 heures	300	25
Exercices pratiques: (12 exercices pratiques: les lundi, mardi, mercredi de 14 h 30 à 17 h 30)	180	15
Travail en bibliothèque: le vendredi de 14 h 30 à 17 h 30	60	5
Travaux dirigés et séminaires: le jeudi de 14 h 30 à 15 h 30	60	5
Visites d'étude: 5 semaines de six jours (en deux sessions); six heures par jour	180	15
Examens (y compris temps de préparation)	120	10
Projet (10 semaines de cinq jours, six heures par jour)	<u>300</u>	<u>25</u>
Total	1 200	100

Annex I

Specifications for the curriculum of the third course

1. Details of the theoretical topics are as follows:

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic and hours</i>
1	
1.1	Structure, composition and dynamics of planetary atmospheres (60 hours)
1.1.1	Basic concepts of the Earth's atmosphere (12 hours) Atmospheric nomenclature, hydrostatic equations, scale height, geopotential height; chemical concepts of the atmosphere; thermodynamic considerations, elementary chemical kinetics; composition and chemistry of middle atmosphere and thermosphere; thermal balance in the thermosphere; modelling of neutral atmosphere
1.1.2	Dynamics of the Earth's atmosphere (16 hours) Equation of motion of neutral atmosphere; thermal wind equation; elements of planetary waves; internal gravity waves and atmospheric tides; fundamental description of atmospheric dynamics and effects of dynamics on chemical species; lidar technique
1.1.3	Solar radiation and its effect on atmosphere (20 hours) Solar radiation at the top of the atmosphere, attenuation of solar radiation in the atmosphere, radiative transfer, thermal effects of radiation, photochemical effects of radiation, modelling of radiative effects of aerosols
1.1.4	Atmospheres of planets and satellites (12 hours) Inner and outer planets; atmospheric structure and composition of the Moon, Jupiter, Mars, Venus and Saturn and their important satellites
1.2	Ionospheric physics (60 hours)
1.2.1	Structure and variability of the Earth's ionosphere (12 hours) Introduction to ionosphere; photochemical processes; Chapman's theory of photoionization; production of ionospheric layers; loss reactions and chemistry of ionospheric regions; morphology of the ionosphere
1.2.2	Ionospheric propagation and measurement techniques (16 hours) Effect of ionosphere on radio wave propagation; refraction, dispersion and polarization; magneto-ionic theory; critical frequency and virtual height; oblique propagation and maximum usable frequency; ground-based techniques—ionosonde; radars; scintillations and total electron content (TEC), photometers, imagers and interferometers, ionospheric absorption; rocket- and satellite-borne techniques—Langmuir probe, electric field probe, retarding potential analysers, mass spectrometers, magnetometers, vapour release, satellite drag for neutral density
1.2.3	Ionospheric plasma dynamics (16 hours) Basic fluid equations; steady state ionospheric plasma motions owing to applied forces; generation of electric fields; electric field mapping; collision frequencies; electrical conductivity; plasma diffusion; ionospheric dynamo; equatorial electrojet; ionospheric modelling
1.2.4	Airglow (8 hours) Nightglow; dayglow; twilight glow; aurora; applications of airglow measurements for ionospheric dynamics and composition
1.2.5	Ionospheres of other planets and satellites (8 hours) Ionospheres of Mars, Venus and Jupiter

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic and hours</i>
3	
3.1	Solar wind, magnetosphere and space weather (60 hours)
3.1.1	Elements of solar physics (6 hours) Structure and composition of the Sun; the Sun as a source of radiation; sunspots and solar cycles; solar flares
3.1.2	Magnetic field of the Earth and other planets (12 hours) Models for generation of geomagnetic fields; secular variations of geomagnetic fields; international geomagnetic reference fields; local elements of geomagnetic fields; determinations of geomagnetic coordinates of stations; diurnal variation of geomagnetic fields; magnetic fields of other planets
3.1.3	Magnetosphere of the Earth and other planets (14 hours) Solar wind and its characteristics; interplanetary magnetic field and sector structure; formation of geomagnetic cavity, magnetopause; magnetosheath and bow shock; polar cusp and magnetotail; plasma sphere and Van Allen radiation belts; magnetosphere of other planets
3.1.4	Space weather (16 hours) Geomagnetic storms, sub-storms and current systems; coronal mass ejections; modification of the Earth's magnetosphere during magnetic disturbances and its implications; effect of magnetic disturbance on high, mid, and low latitudes
3.1.5	Measurement techniques for solar and geomagnetic parameters (12 hours) Optical techniques for solar parameters; radio techniques for solar parameters; X-ray techniques for solar parameters; techniques for magnetic measurements
3.2	Astronomy and astrophysics (60 hours)
3.2.1	Introduction to astronomy and astrophysics (18 hours) Basic parameters in astronomical observations (magnitude scale, coordinate systems), stellar classification, Hertzsprung-Russell diagram, Saha equation, Jean's criteria for stellar formation, stellar evolution, galaxy classification, cosmology
3.2.2	Astronomical instruments and observation techniques (12 hours) Telescopes: $f/\#$ (a telescope of focal ratio $f/\#$ has an aperture equal to one $\#$ th of its focal length), plate scale, types of telescopes, seeing conditions, diffraction limited resolution; photometers: spectrometers (interferometers, gratings), imaging detectors (microchannel plate (MPC), charged couple device (CCD) and IR arrays), high angular resolution techniques (speckle, lunar occultation, adaptive optics)
3.2.3	Optical and near IR studies of stars and galaxies (12 hours) Spectral energy distribution (in optical and IR bands) in stars, rotation of stars, study of binary stars, gaseous nebulae, extinction curve of interstellar matter, dust, rotation curves of galaxies, spectral energy distribution, colour-colour studies (imaging of galaxies in different bands)
3.2.4	High-energy astronomy (6 hours) Atmospheric transmission, detection techniques for X-rays and gamma rays, X-ray telescopes, imaging and spectroscopy, radiation processes, accretion disks in black holes and X-ray binaries, active galactic nuclei
3.2.5	Radio astronomy (12 hours) Radio telescopes, aperture synthesis, interplanetary scintillation (IPS) techniques, very long base interferometry (VLBI), pulsars, radio galaxies, distribution of HI gas in galaxies, radiation mechanisms
3.3	Spacecraft design, construction and launch (details to be determined)

2. The revised practical modules are as follows:

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>
2	
2.1	Operation of Langmuir probe
2.2	Ionospheric sounding using an ionosonde
2.3	Surface monitoring of ozone
2.4	Optical imaging of plasma depletions
4	
4.1	Photometry of binary stars
4.2	Interferometric study of planetary nebulae or measurement of temperature of outer planets using IR detectors
4.3	Mass of suspended particles using quartz crystal microbalances
4.4	Optical depth measurement using filter photometers
4.5	Modelling experiment on atmosphere/ionosphere
4.6	Characterization of interference filters
4.7	Radio pulsar studies using GMRT/OSRT
4.8	Study of solar spectrum

3. The evaluation of students will be based on their performance in theory, practical exercises, seminars and pilot projects. Students will have to present one seminar in each of the five theoretical topics. The allocation of points in theory, practical exercises, seminars and pilot projects will be as follows:

	<i>Points</i>
Theory (5 topics, 100 points each) as follows:	
Written exam (3 hours), 80 points per topic	400
Class tests by each lecturer, 20 points per topic	100
Subtotal	500
Experiments:	
Examinations (including orals)	80
Continuous assessment, dedication and discipline	<u>120</u>
Subtotal	300
Seminars (5 presentations, 20 points each)	100
Pilot project	<u>200</u>
Total	1,000

4. The grades will be given as follows:

A+ or distinction	750 points or more	(75 per cent or more)
A or first class	600 to 749 points	(less than 75 per cent to 60 per cent)
B or pass class	500 to 599 points	(less than 60 per cent to 50 per cent)

Annex II

Revised curriculum for the second course

1. The second post-graduate course in Space and Atmospheric Science was held at the Centre for Space Science and Technology Education in Asia and the Pacific from 1 August 2000 to 30 April 2001. The first course was organized in two phases: phase I (six months), which was conducted at the regional centre and phase II (six months), which was conducted in the home country of the participants. For the second course, the duration of phase I was increased to 9 months at the centre and of phase II to 12 months in the home country. After the successful completion of both stages, all the eligible participants were to be assessed by a host-country university of the regional centre for the award of a Masters in Technology degree in space science. Changes in the curriculum vis-à-vis the first course are outlined below.

A. Changes in the number of hours in the curriculum after the first course

2. Table 1 shows the differences between the first four modules in the first and second course, using the titles of modules and submodules for the first course.

Table 1
Comparison of modules/submodules in the first and second courses

Module/ submodule	Topic	Number of hours	
		First course	Second course
1 ^a			
1.1	Structure and composition of neutral atmosphere	40	50
1.2	Plasma aspects of Earth's environment	40	50
1.3	Astronomy and astrophysics	<u>40</u>	<u>50</u>
	Subtotal	120	150
2 ^b			
2.1	Measurement of mass of suspended particles	20	25
2.2	Measurement of Earth's magnetic field by proton precession magnetometer	20	25
2.3	Absorption spectrometry to determine column density of minor constituents of the atmosphere	20	25
2.4	Measurement of methane concentration in air samples	20	25
2.5	Low-current measurement using Langmuir probe	20	25
	Additional hours in second course	—	<u>25</u>
	Subtotal	100	150
3 ^a			
3.1	Ionospheric physics and radio wave propagation	40	50
3.2	Optical and laboratory studies of space processes	40	50
3.3	Modelling of atmospheric processes	<u>40</u>	<u>50</u>

Module/ submodule	Topic	Number of hours	
		First course	Second course
	Subtotal	120	150
4 ^b			
4.1	Characterization of interference filters	20	25
4.2	Interferometry using a Fabry Perot interferometer	20	25
4.3	Optical imaging/filter photometry	20	25
4.4	Use of dye in dye lasers	20	25
4.5	Ionospheric sounding using an ionosonde	20	25
	Additional hours in second course	—	50
	Subtotal	100	175
	Total	440	625

^aThe number of hours in the first course was insufficient because there was too little time for (a) discussions during the lectures and (b) explaining the mistakes made by students in written examinations.

^bThe number of hours in the first course was insufficient because the available time was inadequate for reading, preparing, demonstrations, observations, repetitions, checking and writing about experiments.

3. No attention was given to pilot projects in the first course owing to (a) shortage of time and (b) lack of knowledge about possible experiments in the home country of participants. This resulted in the following problems:

- (a) Finalization of the pilot project was delayed;
- (b) The availability of data to participants was delayed;
- (c) Participation and interaction with the supervisor appointed by the regional centre was too little to be of any significance;
- (d) The occasional change of supervisors in the home countries of participants.

In view of the above, two months were exclusively devoted to the pilot project in the second course.

B. Syllabus followed in the second course

4. Table 2 shows the syllabus followed in the second course, with details of the theoretical topics covered in modules 1 and 3.

Table 2
Syllabus followed in the second course

Module/ submodule	Topic	Number of hours
1		
1.1	Structure, composition and dynamics of the neutral atmosphere	50
1.1.1	Structure, composition, hydrostatic equilibrium, scale height	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of hours</i>
	thermodynamics	
1.1.2	Solar radiation, its transfer through the atmosphere, aerosols and radiative effects of aerosols	
1.1.3	Atmospheric dynamics, large-scale motions, tides' gravity waves and turbulence	
1.1.4	Greenhouse gases and trace gases: their chemistry and measuring techniques and global warming	
1.1.5	Satellite measurement of neutral parameters	
1.2	Plasma aspects of Earth's environment	50
1.2.1	Geomagnetism, global electric circuit	
1.2.2	Plasma physics	
1.2.3	Magnetospheric processes and solar wind, solar activity	
1.2.4	In-situ measurements of plasma parameters	
1.2.5	Ionospheric irregularities	
1.3	Astronomy and astrophysics	50
1.3.1	Basic astronomy (planetary, stellar and extragalactic)	
1.3.2	Gamma-ray, X-ray and UV astronomy	
1.3.3	Optical, IR and far IR astronomy	
1.3.4	Millimeter wave, radio and solar astronomy	
1.3.5	Recent advances in astronomical detection techniques	
2		
2.1	Measurement of mass of suspended particles	25
2.2	Surface monitoring of minor constituents	25
2.3	Determination of the slit function of a monochromator using a helium-neon (He-Ne) laser as light source	25
2.4	Ionospheric sounding using an ionosonde	25
2.5	Low-current measurement using Langmuir probe	25
2.6	Optical imaging of plasma depletions	25
3		
3.1	Ionospheric physics and radiowave propagation	
3.1.1	Formation and structure of the ionosphere	
3.1.2	Theory of ionospheric radio propagation	
3.1.3	Radio sounding of the ionosphere (ionosonde, HF Doppler, meteor wind radar, spaced receiver technique, total electron content)	
3.1.4	Ionosphere scintillations, tomography and GPS systems	
3.1.5	Ionospheric radars (VHF backscatter radar, incoherent scatter radar and MST radar)	
3.2	Optical and laboratory studies of space processes	
3.2.1	Basic optics	
3.2.2	Photometers and images	
3.2.3	Spectral imaging of the atmosphere	
3.2.4	Laser sounding of the atmosphere	
3.2.5	Laboratory astrophysics	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of hours</i>
3.3	Modelling of atmospheric processes	
3.3.1	Climate modelling	
3.3.2	Modelling of the neutral atmosphere	
3.3.3	Modelling of radiative effects of aerosol	
3.3.4	Modelling of ionosphere	
3.3.5	Numerical simulation of plasma bubbles	
4		
4.1	Absorption spectrometry to determine column density of minor constituents	25
4.2	Filter photometer for optical depth measurement	25
4.3	Measurement of Earth's magnetic field by proton precession magnetometer	25
4.4	Interferometry using a Fabry-Perot interferometer	25
4.5	Measurement of transmission of MgF ₂ window	25
4.6	Characterization of interference filters	25
5	Pilot project	^a

^aTwo months.

5. Module 5, a pilot project of two months' duration, was conducted at the completion of the four modules. Because many of the participants did not have a clear-cut idea of what was feasible as a one-year home project in their countries, the pilot project at the regional centre initiated the foundation of that project. The pilot project was undertaken in consultation with the supervisors in the regional centre's host country as well as in the home country. The purpose of the two-month module was to allow participants to work under the guidance of a regional centre host-country supervisor and get (a) guidance on the course of action to be pursued at home; (b) all the necessary experimental data, if required; and (c) the necessary software tools etc.

C. Evaluation procedure followed in the second course

1. Modules 1 and 3 (theory)

6. Faculty members taught each subsection of the modules. At the end of their lectures, all faculty members gave a one-hour class test. The average of all the class tests was calculated for each subsection. For each of the subsections, each participant was required to give one seminar, which was evaluated by a committee of faculty members. Finally, for each of the subsections, a three-hour written examination was conducted. The allocation of points was as follows:

	<i>Points</i>
Three-hour written test	125
One-hour class test (average of five tests)	50
Seminar	<u>25</u>
Total	200

7. The total for modules 1 and 3, with 200 points per topic and six topics was 1,200 points.

2. Modules 2 and 4 (practical)

8. Points were given for completing practical exercises in the 12 topics under modules 2 and 4 and one practical exercise was chosen in each module for practical examination and evaluation. The allocation of points was as follows:

	<i>Points</i>
Points for completing 12 practical exercises in modules 2 and 4 (40 points each)	480
Practical examination in one practical exercise each in modules 2 and 4 (60 points each)	<u>120</u>
Total	600

9. The total for the course was 2,400 points and grades were given based on a percentage of the points received as follows:

A+ or distinction	75 per cent or more
A or first class	Less than 75 per cent to 60 per cent
B or pass class	Less than 60 per cent to 50 per cent

D. One-year project

10. After completing the stage I at the regional centre, all participants are expected to complete a one-year project in their home country under the supervision of a supervisor in that country with regular communication with the regional centre's home-country supervisor. After completion of the one-year project work, each participant is expected to write a thesis, which must be approved and signed by both the supervisors as well as the candidate. The thesis is sent for evaluation to a supervisor appointed by the regional centre. After obtaining approval from that supervisor, the thesis is sent to the host-country university for consideration for the award of a Masters in Technology degree in space physics for those who are eligible.

Annex III

Curriculum for the first course

1. The first Post-Graduate Course in Space and Atmospheric Science was held at the Centre for Space Science and Technology Education in Asia and the Pacific from 1 June to 30 November 1998.

Table
Syllabus followed in the first course

<i>Phase and module</i>	<i>Title (duration)</i>	<i>Number of lectures</i>
I	First semester (three months)	
I.1	Atmospheric science	60
I.2	Ionosphere and solar terrestrial interaction	60
	Project work and laboratory work	
	Visit to astronomical observatory (two weeks)	
	Exams	
	Second semester (three months)	
I.3	Instrumentation, techniques and data processing	75
I.4	Modelling	50
II	Project work in home country of participant (six months)	

2. The detailed course content of the theoretical portion of the course was as follows:

Module 1: Atmosphere

Structure and composition, hydrostatic equilibrium, scale heights, thermodynamics, solar radiation and its transfer through atmosphere, aerosols and radiation

Atmospheric electricity, global electric circuit

Atmospheric dynamics, large-scale motions, tides, gravity waves, and turbulence

Ozone, trace gases and chemistry, methods of measurements, ozone depletion; concentration of carbon dioxide (CO₂) and other greenhouse gases, global warming, long-term changes in atmosphere due to anthropogenic changes

Module 2: Ionosphere and solar terrestrial interaction

Basic plasma physics

The sun, solar radiation, solar activity, solar wind, geomagnetism, magnetosphere

Photoabsorption and photoionization, formation of ionospheric layers, magneto-ionic theory, radio propagation in ionosphere, radio sounding, maximum usable frequency (MUF) and high frequency (HF) radio link calculations, features of ionosphere at low latitudes, equatorial electrojet, equatorial sporadic-E and equatorial spread-F

Solar flares, geomagnetic storm and effects in the ionosphere, magnetosphere-ionosphere coupling

Radio propagation through ionosphere, Faraday rotation, differential phase and group delay measurements, ionospheric tomography, radiowave scintillations

Radiowave scattering processes, coherent and incoherent backscatter radars

Probe theory, probe characteristics, in-situ measurements, airglow emissions, principles of optical measurements, optical aeronomy

High-energy astronomy, X-ray astronomy, X-ray sources, detection techniques; gamma-ray astronomy, sources, telescope and detectors in space, ground-based Cerenkov telescopes and very high energy gamma-ray astronomy; engineering trends and recent advances in detection techniques

Space biology

Module 3: Instrumentation techniques and data processing

Radio sounding: ionosondes, HF Doppler technique, spaced receiver technique

Radio beacon methods for electron content, tomography and scintillation studies

Radars for atmospheric and ionospheric studies, coherent backscatter radar, incoherent backscatter radar, meteor radar and mesosphere/stratosphere/troposphere (MST) radar

In-situ probes and artificial modification experiments, Langmuir probe, double probe, retarding potential analyser (RPA), magnetometer, mass spectrometer, and chemical release experiments; balloon-borne conductivity, ion density and electric field probes for stratosphere

Optical aeronomy experiments, photometers, spectrometers, imaging camera for day and night airglow emissions

Lidar techniques, principle and application, aerosol lidar, Rayleigh lidar, Doppler lidars and differential-absorption lidars (DIALs)

Instrumentation for atmospheric chemistry and aerosol studies, Dobson absorption spectroscopy, cryosampler, gas chromatography, sun photometer, aerosol sampler, remote sensing techniques

Techniques for laboratory measurements, instrumentation for laboratory experiments on photoabsorption and photoionization

Instrumentation for astronomical observations, telescopes, polarimetry, high resolution and spectrophotometry and spectroscopy, array detectors

Module 4: Modelling

Ocean-atmosphere and land-atmosphere interaction, past climate studies

Tropospheric and stratospheric ozone chemistry, aerosol-solar radiation interaction

Continuity equation, ionospheric models, numerical simulation studies, ionospheric scintillations, planetary atmospheres

3. For the experimental portion of the course, 8 of the following 11 experiments should be carried out:

1. Characterization of interference filters
2. Interferometry using a Fabry Perot interferometer
3. Measurements of mass of suspended particles
4. Measurements of Earth's magnetic field with a proton precession magnetometer
5. Argon mini arc light source
6. Use of dye in dye lasers
7. Absorption spectrometry to determine column density of minor constituents of the atmosphere
8. Measurements of methane concentration in air samples
9. Principle of operation of an ionosonde
10. Low-current measurements using a Langmuir probe
11. Optical imaging/filter photometry

Annex IV

Recommended teaching material

Atreya, S. K. Atmospheres and ionospheres of the outer planets and their satellites. New York and Berlin, Springer-Verlag, 1986.

Atreya, S. K., J. B. Pollack and M. S. Matthews, eds. Origin and evolution of planetary and satellite atmospheres. Tucson, University of Arizona Press, 1989.

Bennett, J., M. Donahue, N. Schneider and M. Voit. The cosmic perspective. New York, Addison Wesley Longman, 1998.

Boyd, T.J.M. and J. J. Sanderson. Plasma dynamics. London, Nelson and Son, 1969.

Brasseur, G. and S. Solomon. Aeronomy of the middle atmosphere. Dordrecht, D. Reidel Publishing, 1984.

Budding, E. Astronomical photometry. New York, Cambridge University Press, 1993.

Christiansen, W. N. and J. A. Hogbom. Radiotelescopes. New York, Cambridge University Press, 1988.

Daglis, I. A. Space storms and space weather hazards. NATO science series II: mathematics, physics and chemistry. Vol. 38. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2001.

Davies, K. Ionospheric radio waves. London, Blaisdell Publishing, 1969.

Davies, J. K. Satellite astronomy: the principles and practice of astronomy from space. Chichester, Ellis Horwood, 1988.

Degaonkar, S. S. Space science and Earth's environment. Gujarat University, 1975.

Fichtel, C. E. and J. I. Trombka. Gamma-ray astrophysics: new insight into the universe. NASA reference publication 1386. Greenbelt, Maryland, Goddard Space Flight Center, 1996.

Giraud, A. and M. Petit. Ionospheric techniques and phenomena. Dordrecht, D. Reidel Publishing, 1978.

Hargreaves, J. K. The upper atmosphere and solar-terrestrial relations. New York, Van Nostrand Reinhold, 1979.

Hargreaves, J. K. The solar-terrestrial environment. Cambridge, Cambridge University Press, 1992.

Jansen, F., R. Pirjola and R. Favre. Space weather: hazard to the earth? Zurich, Swiss Re Publishing, 2000.

Jastrow, R. and M. H. Thompson. Astronomy fundamentals and frontiers. New York, John Wiley and Sons, 1972.

Kelley, M. C. The Earth's ionosphere: plasma physics and electrodynamics, San Diego, Academic Press, New York, 1989.

With contributions from R. A. Heelis.

- Kitchin, C. R. Optical astronomical spectroscopy. Bristol and Philadelphia, Institute of Physics Publishing, 1995.
- Lang, R. K. Sun, Earth and sky. New York, Springer-Verlag, 1995.
- Lang, R. K. 3rd enlg. and rev. ed. Berlin and Heidelberg, Springer-Verlag, 1999. I: Radiation, gas processes and high-energy astrophysics. II: Space, time, matter and cosmology.
- Mattei, J. A. and J. R. Percy. Hands-on astrophysics. Cambridge, Massachusetts, American Association of Variable Star Observers, 1998.
- Matsushita, S. and W. H. Campbell, eds. Physics of geomagnetic phenomena. New York, Academic Press, 1967.
- McCormac, B. M. and A. Omholt, eds. Atmospheric emissions. New York, Van Nostrand Reinhold, 1969.
- Pasachoff, J. M. and L. Golub. The solar corona. Cambridge, Cambridge University Press, 1997.
- Phillips, K.J.H. Guide to the Sun. Cambridge, Cambridge University Press, 1992.
- Ratcliffe, J. A. Introduction to the ionosphere and magnetosphere. Cambridge, Cambridge University Press, 1972.
- Rees, M. H. Physics and chemistry of the upper atmosphere. Cambridge, Cambridge University Press, 1989.
- Rishbeth, H. and O. K. Garriot. Introduction to ionospheric physics. New York, Academic Press, 1969.
- Shimazaki, T. Minor constituents in the middle atmosphere. Dordrecht, D. Reidel Publishing, 1985.
- Shu, F. H. The physical universe: an introduction to astronomy. Berkeley, University of California, 1982.
- Stix, M. The Sun: an introduction. Berlin and New York, Springer-Verlag, 1991.
- Tinbergen, J. Astronomical polarimetry. Cambridge, Cambridge University Press, 1996.
- Walker, G. Astronomical observation: an optical perspective. Cambridge, Cambridge University Press, 1987.
- Wentzel, D. G. Astrophysics for university physics courses. <http://www.seas.columbia.edu/~ah297/un-esa/astrophysics/index.html>
- Zeilik, M. and J. Gaustad. Astronomy: the cosmic perspective. New York, John Wiley and Sons, 1990.
- Zirin, H. Astrophysics of the Sun. Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

Annex V

Explanatory notes for the curriculum

CCD	charged coupled device
CO ₂	carbon dioxide
DIAL	differential-absorption lidar
f/#	a telescope of focal ratio f/# has an aperture equal to one #th of its focal length
GIS	geographic information system
GMRT/OSRT	Giant Metrewave Radio Telescope/Ooty Synthesis Radio Telescope
GPS	global positioning system
He-Ne	helium-neon
HF	high frequency
HI region	region of space where there is a large amount of ordinary hydrogen gas
IR	infrared
MCP	micro channel plate
MgF ₂	magnesium florid
MST	mesosphere/stratosphere/troposphere
MUF	maximum usable frequency
RPA	retarding potential analyser
sporadic-E	E-region traces seen in an ionogram (mode of VHF propagation via the ionosphere that is of sporadic nature)
spread-F	diffused F-region trace seen in an ionogram (nighttime plasma instability phenomenon typical for the Earth's equatorial ionosphere)
TEC	total electron content
UV	ultra violet
VHF	very high frequency
VLBI	very long base interferometry
X-ray	electromagnetic radiation with wavelengths shorter than those of ultraviolet radiation but longer than those of gamma rays