



Assemblée générale

Distr. générale
28 octobre 2008
Français
Original: anglais

Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique

Rapport sur le quatrième Atelier ONU/Agence spatiale européenne/National Aeronautics and Space Administration/Agence japonaise d'exploration aérospatiale sur l'Année héliophysique internationale 2007 et les sciences spatiales fondamentales (Sozopol, Bulgarie, 2-6 juin 2008)

Table des matières

	<i>Page</i>
I. Introduction	3
A. Historique et objectifs	3
B. Programme	4
C. Participation	5
II. Observations et conclusions	6
III. Résumé des délibérations	7
A. Sciences spatiales fondamentales	7
B. Année héliophysique internationale	8
IV. Étude de cas: programmes des moniteurs météorologiques spatiaux	9
A. Moniteurs du système AWESOME destinés à la recherche	11
B. Moniteurs SID (perturbation ionosphérique brusque) destinés aux étudiants	11
C. Système AWESOME en Afrique	12
D. Système AWESOME en Asie	13
E. Réseau de moniteurs SID (perturbation ionosphérique brusque) destinés aux étudiants	13
F. Données des programmes SID et AWESOME	13



G. Atelier africain sur les sciences et l'enseignement du climat spatial (Addis-Abeba)	14
H. Atelier sur les ondes myriamétriques, Université de Sebha (Jamahiriya arabe libyenne) . .	14
I. Coordination des réseaux de surveillance de l'éclipse solaire totale du 1 ^{er} août 2008	15
J. Sonification des données pour les étudiants aveugles	15
K. Semaine mondiale de l'espace 2007 et 2008	15
L. Extension des programmes SID en Allemagne et en Italie	16
M. Emplacement des moniteurs du système AWESOME destinés à la recherche	16
N. Emplacement des moniteurs SID destinés aux étudiants.	16

I. Introduction

A. Historique et objectifs

1. La troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (UNISPACE III), en particulier dans sa résolution intitulée "Le Millénaire de l'espace: la Déclaration de Vienne sur l'espace et le développement humain", a recommandé que les activités du Programme des Nations Unies pour les applications des techniques spatiales encouragent la collaboration entre États Membres aussi bien au niveau régional qu'au niveau international, dans divers domaines des sciences et techniques spatiales, en insistant sur le développement et le transfert des connaissances et des compétences dans les pays en développement et dans les pays en transition¹.

2. À sa cinquantième session, en 2007, le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique a approuvé le programme d'ateliers, de stages de formation, de colloques et de conférences prévus pour 2008². Par la suite, l'Assemblée générale, dans sa résolution 62/217 du 22 décembre 2007, a approuvé à son tour les activités du Bureau des affaires spatiales du Secrétariat pour 2008.

3. En application de cette résolution et conformément aux recommandations d'UNISPACE III, l'atelier ONU/Agence spatiale européenne/National Aeronautics and Space Administration/Agence japonaise d'exploration aérospatiale sur l'Année héliophysique internationale 2007 et les sciences spatiales fondamentales s'est tenu à Sozopol (Bulgarie) du 2 au 6 juin 2008. Il a été accueilli par le laboratoire sur les interactions Soleil-Terre de l'Académie des sciences de Bulgarie, au nom du Gouvernement bulgare.

4. Cet atelier était le quatrième d'une série d'ateliers sur les sciences spatiales fondamentales et l'Année héliophysique internationale 2007 proposée par le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique sur la base de discussions menées au sein de son Sous-Comité scientifique et technique, dont il est rendu compte dans le rapport de ce dernier (A/AC.105/848, par. 181 à 192). Les trois précédents ateliers de cette série avaient été accueillis par les Émirats arabes unis (2005), l'Inde (2006) et le Japon (2007) (A/AC.105/856, A/AC.105/489 et A/AC.105/902, respectivement)³. Ils s'inscrivaient dans le prolongement de la série d'ateliers sur les sciences spatiales fondamentales organisés aux niveaux régional et international de 1991 à 2004, et accueillis par l'Inde (A/AC.105/489), le Costa Rica et la Colombie (A/AC.105/530), le Nigéria (A/AC.105/560/Add.1), l'Égypte (A/AC.105/580), le Sri Lanka (A/AC.105/640), l'Allemagne (A/AC.105/657), le

¹ *Rapport de la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, Vienne, 19-30 juillet 1999* (publication des Nations Unies, numéro de vente: F.00.I.3), chap. I, résolution 1, sect. I, par. 1 e) ii), et chap. II, par. 409 d) i).

² *Documents officiels de l'Assemblée générale, soixante-troisième session, Supplément n° 20* (A/63/20), par. 72.

³ Des informations sur l'Année héliophysique internationale 2007 et l'Initiative des Nations Unies sur les sciences spatiales fondamentales sont disponibles sur le site Web du Bureau des affaires spatiales (www.unoosa.org/oosa/SAP/bss/ihy2007/index.html).

Honduras (A/AC.105/682), la Jordanie (A/AC.105/723), la France (A/AC.105/742), Maurice (A/AC.105/766), l'Argentine (A/AC.105/784) et la Chine (A/AC.105/829)⁴.

5. L'atelier avait essentiellement pour objectif de donner l'occasion aux participants d'examiner l'ensemble des réalisations et des projets relatifs aux sciences spatiales fondamentales et à l'Année héliophysique internationale et d'évaluer les résultats scientifiques et techniques récemment obtenus dans ces domaines pour rendre compte de l'état d'avancement des projets de suivi relatifs à la promotion des sciences spatiales fondamentales (A/AC.105/766) et de l'Année héliophysique internationale (A/AC.105/882).

B. Programme

6. À l'ouverture de l'atelier, des déclarations ont été faites par le représentant de l'Académie des sciences de Bulgarie, par le maire de Sozopol, au nom du Gouvernement bulgare, et par les représentants du secrétariat de l'Année héliophysique internationale, de la NASA et du Bureau des affaires spatiales. L'atelier comprenait des sessions plénières, consacrées chacune à un thème particulier. Des présentations ont été faites par des orateurs invités, qui ont fait part des résultats de leurs activités en matière d'organisation de manifestations diverses, de recherche, d'enseignement et de sensibilisation sur les sciences spatiales fondamentales et l'Année héliophysique internationale; elles ont été suivies de brèves discussions. Quatre-vingt dix documents et affiches ont été présentés par des orateurs invités venus, quelques-uns, de pays en développement et, les autres, de pays industrialisés. Des séances de présentation d'affiches et des réunions de groupes de travail ont donné aux participants l'occasion de mettre l'accent sur des problèmes et des projets spécifiques liés aux sciences spatiales fondamentales et à l'Année héliophysique internationale.

7. L'atelier a porté sur les questions suivantes: climat; héliobiologie; physique solaire; héliosphère, rayons cosmiques, champ magnétique interplanétaire; magnétosphère; ionosphère, haute et moyenne atmosphère; accès aux données du système solaire et terrestre; instruments et réseaux; et participation des États à l'Année héliophysique internationale 2007 et sciences spatiales fondamentales.

8. Lors d'une cérémonie qui s'est tenue dans le cadre de l'atelier, les organisateurs et les participants ont remercié un certain nombre d'éminents scientifiques pour leur contribution importante de longue date au progrès des sciences spatiales fondamentales, notamment au bénéfice des pays en développement.

9. En 2004, le Club du Jubilé de l'Année géophysique internationale a été constitué pour célébrer les succès des participants à l'Année géophysique internationale. Le premier lauréat, Alan Shapley, s'est vu remettre une récompense lors de l'Atelier préparatoire de l'Année héliophysique internationale tenu à Boulder (Colorado, États-Unis) en février 2005. Pour pouvoir devenir membre du Club du Jubilé, il faut avoir participé d'une manière ou d'une autre à la commémoration de l'Année géophysique internationale et soumettre des documents de caractère

⁴ On trouvera des informations détaillées sur tous les ateliers de l'Initiative des Nations Unies sur les sciences spatiales fondamentales organisés conjointement avec l'ESA à l'adresse suivante: www.seas.columbia.edu/~ah297/un-esa/.

historique (lettres ou ouvrages, par exemple) au comité d'histoire de l'Année héliophysique internationale. Ces documents constitueront un legs durable de l'Année géophysique internationale pour les générations à venir. Ils sont le produit d'une action menée en coopération entre le secrétariat de l'Année héliophysique internationale, le comité d'histoire de l'Union géophysique américaine et le comité d'histoire de l'Association internationale de géomagnétisme et d'aéronomie.

10. Lors d'une cérémonie qui s'est tenue dans le cadre de l'atelier, des représentants du secrétariat de l'Année héliophysique internationale ont remis le certificat du Club du Jubilé de l'Année géophysique internationale à un certain nombre d'éminents scientifiques.

C. Participation

11. L'ONU, la NASA, et le Laboratoire sur les interactions Soleil-Terre de l'Académie des sciences de Bulgarie ont invité des chercheurs et des enseignants de pays en développement et de pays industrialisés de toutes les régions économiques à participer à l'atelier. Les participants venaient d'universités, d'établissements de recherche, d'agences spatiales nationales, de planétariums et d'organisations internationales, et leurs activités portaient sur l'organisation de l'Année héliophysique internationale et sur tous les aspects des sciences spatiales fondamentales abordés lors de l'atelier. Ils avaient été choisis en fonction de leur formation scientifique et de leur expérience des programmes et des projets dans lesquels les sciences spatiales fondamentales et l'Année héliophysique internationale jouaient un rôle de premier plan. Les préparatifs de l'Atelier ont été pris en charge par un comité d'organisation scientifique international, un comité consultatif national et un comité d'organisation technique local.

12. Les frais de voyage et d'hébergement et les autres dépenses des participants de pays en développement ont été pris en charge sur des fonds de l'ONU, de la NASA, de l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale et du laboratoire sur les interactions Soleil-Terre de l'Académie des sciences de Bulgarie. Au total, 150 spécialistes des sciences spatiales fondamentales et de l'Année héliophysique internationale ont participé à l'atelier.

13. Les 36 États Membres ci-après étaient représentés: Algérie, Allemagne, Angola, Arménie, Autriche, Azerbaïdjan, Brésil, Bulgarie, Chine, Croatie, Égypte, Émirats arabes unis, Équateur, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, France, Géorgie, Inde, Iran (République islamique d'), Israël, Italie, Japon, Malawi, Népal, Nigéria, Pologne, République de Corée, Roumanie, Soudan, Sri Lanka, Suriname, Suisse, Togo, Turquie, Ukraine et Viet Nam. Le Porto Rico était également représenté.

II. Observations et conclusions

14. Les participants ont jugé importantes les possibilités offertes par l'Année héliophysique internationale aux pays, en particulier aux pays en développement, pour leur permettre de participer aux activités recommandées par le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique et ses organes subsidiaires. Ils ont souligné aussi qu'il importait de préparer cette participation suffisamment à l'avance.

15. Les participants ont noté avec satisfaction les offres faites par les Gouvernements coréen, égyptien et nigérian d'accueillir des ateliers sur les sciences spatiales fondamentales et l'Année héliophysique internationale en 2009 et 2010.

16. Les participants ont recommandé que soit examinée la possibilité de mettre en place une source de financement indépendante qu'appuieraient les parties intéressées pour faciliter la réalisation d'études et de projets de niveaux mondial et régional sur l'Année héliophysique internationale. Ce fonds stimulerait activement, grâce à de petites subventions, des initiatives multinationales et interrégionales d'enseignement, d'application et de recherche.

17. Les participants ont noté avec satisfaction que les initiatives internationales et interrégionales s'étaient développées et mettaient à profit les instruments mis en place ces dernières années à la faveur de l'Année héliophysique internationale. Ils ont également noté qu'il serait utile d'officialiser les réseaux et groupes de travail ayant des objectifs communs afin de mieux coordonner les travaux de recherche et d'accroître la participation à ce genre d'initiative.

18. Les participants se sont félicités, en particulier, de la collaboration mise en place par les membres des systèmes d'instruments au sol de couverture mondiale, qui avait permis de disposer d'une grande capacité continue de saisie de données, essentielle pour comprendre l'ionosphère, par exemple. L'élargissement d'une telle collaboration à d'autres réseaux d'instruments sur différentes longitudes devrait faciliter grandement l'observation des phénomènes ionosphériques à l'échelle mondiale.

19. Les participants ont noté avec satisfaction la poursuite de la mise en place et de l'exploitation de réseaux d'instruments terrestres de faible coût et de couverture mondiale pour atteindre les objectifs de l'Année héliophysique internationale.

20. Les participants ont félicité la NASA pour son Système de données astrophysiques (ADS), qui servait de portail de bibliothèque numérique pour les chercheurs en astronomie et en physique. Ils ont exprimé le souhait que l'ADS continue d'être appuyé à l'avenir. L'ADS était une ressource cruciale pour la communauté scientifique et technique mondiale. L'appui technique permanent aux sites miroirs de l'ADS et aux bases de données similaires était important et devait être sérieusement envisagé dans tous les pays où les chercheurs et techniciens avaient des difficultés à accéder aux réseaux du fait des frontières internationales.

21. Les participants ont souligné que les divers observatoires virtuels lancés dans un certain nombre de pays pouvaient largement contribuer à accélérer la réalisation des objectifs de l'Année héliophysique internationale.

22. Les participants ont noté avec satisfaction que les centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales affiliés à l'ONU étaient

opérationnels⁵. Ces centres étaient situés au Brésil et au Mexique pour l'Amérique latine et les Caraïbes, en Inde pour l'Asie et le Pacifique, et au Maroc et au Nigéria pour l'Afrique. Les participants ont souligné qu'il serait bénéfique d'ouvrir un centre régional en Asie occidentale.

23. Les participants ont pris note de la création du Comité international sur les GNSS (Système mondial de navigation par satellite) sous les auspices de l'Organisation des Nations Unies et ont estimé que ce comité pourrait favoriser, aux fins de l'Année héliophysique internationale, l'application de la technologie des GNSS à des réseaux d'instruments terrestres à faible coût de couverture mondiale (voir <http://www.icgsecretariat.org>).

III. Résumé des délibérations

A. Sciences spatiales fondamentales

24. Au cours des délibérations, les participants ont partagé des informations sur les activités qui ont été et seront menées dans le domaine des sciences spatiales fondamentales, sur les plans qui ont été établis pour le long terme dans différents pays et différentes régions, et sur les résultats obtenus dans différents pays en développement ou industrialisés. Pour les participants aux précédents ateliers, les résultats examinés à présent revêtaient une dimension véritablement internationale. Au fil du temps, le soutien des participants avait permis d'avancer considérablement dans la mise en œuvre des recommandations des ateliers. Les participants venaient de toutes les régions, ce qui était une preuve de l'importance que revêtait une approche régionale, et parfois mondiale, des sciences spatiales fondamentales pour les pays en développement et les pays industrialisés. Le thème "Participation des pays à l'Année héliophysique internationale 2007 et au développement des sciences spatiales fondamentales" a été choisi pour les sessions de l'atelier en raison du succès durable qu'avait connu le don de télescopes, de planétariums et d'instruments à des pays en développement.

25. Lors des ateliers, les participants ont mis au point le concept "Tripod", qui comprend trois éléments: premièrement, la fourniture de moyens élémentaires de recherche adaptés aux pays en développement (télescopes astronomiques, par exemple); deuxièmement, la mise en œuvre, dans le domaine des sciences spatiales fondamentales, de programmes de recherche originaux adaptés aux installations existantes et au développement scientifique des pays, comme, par exemple, la mise en œuvre de programmes d'observation des étoiles variables que complèteraient des études informatiques, mathématiques, physiques et astronomiques; troisièmement, la mise au point et la fourniture d'instruments pédagogiques devant aider à introduire les sciences spatiales fondamentales dans les programmes de physique et de mathématiques des universités des pays qui appliquent le concept "Tripod". L'accès à la documentation scientifique, comme celui qu'autorise l'ADS, et aux

⁵ Des informations sur les centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales affiliés à l'ONU, notamment sur leurs programmes d'enseignement, de recherche et d'application, sont disponibles sur le site Web du Bureau (<http://www.unoosa.org/oosa/en/SAP/centres/index.html>).

bases de données, notamment à celles des observatoires virtuels, constituaient un complément essentiel du concept "Tripod".

26. Les installations ultramodernes d'observation terrestre et spatiale fournissaient énormément de données de qualité. Celles-ci étaient conservées dans les archives scientifiques pour être exploitées de manière optimale. L'étape logique suivante consistait à relier ces archives pour permettre aux utilisateurs d'accéder aux données simplement et de façon harmonisée et maximiser l'utilisation scientifique de ces ressources onéreuses. Il serait également utile de fournir une suite d'outils scientifiques de visualisation et d'analyse pour faciliter encore davantage le traitement des données. De nombreux pays s'employaient à élaborer des concepts d'observatoires virtuels. Pour éviter les chevauchements, on prenait soin de coordonner ces efforts.

27. Des systèmes de données étaient disponibles dans de nombreux pays sur l'Année héliophysique internationale et les sciences spatiales fondamentales. L'un des plus importants était l'ADS, projet financé par la NASA, qui offrait un service permettant de consulter gratuitement sur Internet des résumés d'articles. Les bases de données de ce système contenaient des références dans les domaines suivants: astronomie et sciences planétaires; physique et géophysique; instruments spatiaux; et avant-tirages relatifs à l'astronomie. Chaque base contenait des résumés tirés de centaines de revues, publications, rapports de colloques, de symposiums, d'ateliers, de réunions d'experts, de stages de formation, des actes, des thèses de doctorat et des documents de la NASA. L'ADS avait 11 sites miroirs (en Allemagne, en Argentine, au Brésil, au Chili, en Chine, en Fédération de Russie, en France, en Inde, au Japon, en République de Corée et au Royaume-Uni), qui permettaient d'accéder plus facilement à ses ressources dans le monde entier.

B. Année héliophysique internationale

28. Il a été noté que l'Année géophysique internationale avait été l'un des programmes scientifiques internationaux les plus fructueux de tous les temps, qu'elle avait permis d'importants progrès des sciences et techniques spatiales et que, 50 ans plus tard, l'Année héliophysique internationale reprenait le flambeau.

29. Il a également été noté que les trois principaux objectifs de l'Année héliophysique internationale étaient les suivants: a) faire avancer la compréhension des processus héliophysiques fondamentaux qui régissent le Soleil, la Terre et l'héliosphère; b) perpétuer la tradition de la recherche internationale et enrichir le legs de l'Année géophysique internationale en son cinquantième anniversaire; et c) montrer au monde la beauté, la pertinence et l'importance des sciences spatiales et des sciences de la Terre.

30. L'un des principaux éléments de l'Année héliophysique internationale était l'Initiative des Nations Unies pour les sciences spatiales fondamentales, qui visait à mettre en place des réseaux d'observatoires et d'instruments devant améliorer la connaissance des sciences spatiales et la viabilité de la recherche, des techniques et de l'enseignement dans ce domaine dans les pays en développement et dans les régions qui n'ont pas encore d'activités de recherche spatiale.

31. En coopération avec l'Initiative des Nations Unies pour les sciences spatiales fondamentales (2005-2009), l'Année héliophysique internationale faciliterait le

déploiement de plusieurs réseaux de petits instruments qui permettraient de mesurer les phénomènes physiques spatiaux dans le monde (voir A/AC.105/902, annexe I). Ces activités pourraient aller de la mise en place d'un nouveau réseau d'antennes paraboliques radio destinées à observer les éjections de masse coronale dans l'espace interplanétaire au renforcement des réseaux existants de détecteurs du système mondial de localisation destinés à observer l'ionosphère. Les concepts sous-tendant ces activités étaient au point, robustes et prêts à être déployés. Une réunion de coordination entre des représentants du secrétariat de l'Année héliophysique internationale et de l'Initiative des Nations Unies pour les sciences spatiales fondamentales s'était tenue à Greenbelt (Maryland, États-Unis) en octobre 2004. À l'issue de cette réunion, il avait été convenu que les activités de l'Initiative des Nations Unies pour les sciences spatiales fondamentales jusqu'en 2009 seraient consacrées à rallier les pays en développement à l'Année héliophysique internationale. L'Initiative avait permis d'obtenir les coordonnées de plus de 2 000 scientifiques de 192 pays, dont beaucoup tenaient vivement à participer à des activités internationales dans le domaine des sciences spatiales.

32. Une nouvelle initiative lancée pendant l'Atelier 2006 associait des pays en développement à l'analyse des données obtenues dans le cadre des missions spatiales. Ces données étaient publiées régulièrement sur l'Internet ou sur DVD à l'intention de la communauté scientifique. Pendant l'Atelier 2006, plusieurs expérimentateurs étaient convenus de définir des projets qui feraient usage de leurs séries de données pour permettre à des chercheurs de pays en développement de participer à un projet d'analyse à grande échelle. Un projet de distribution gratuite du logiciel d'analyse de données (GDL) avait été entrepris.

IV. Étude de cas: programmes des moniteurs météorologiques spatiaux

33. Dans le cadre du programme des moniteurs météorologiques spatiaux, piloté par l'Université Stanford, deux réseaux mondiaux de capteurs avaient été déployés dans les universités et les écoles secondaires partout dans le monde pour fournir un diagnostic quantitatif des perturbations d'origine solaire de l'ionosphère, de l'intensité des orages et de l'activité magnétosphérique. Ces instruments suivaient les variations de l'ionosphère en contrôlant l'intensité des ondes myriamétriques (ondes VLF) après réflexion sur l'ionosphère et en notant les modifications intervenant lors d'événements solaires et d'événements dus à la foudre. Il en avait résulté une collaboration à l'échelle mondiale entre les scientifiques, les enseignants et les étudiants pour étudier la variabilité de l'ionosphère.

34. Il a été noté que l'instrument AWESOME (Atmospheric Weather Electromagnetic System for Observation, Modelling and Education) était un appareil de surveillance de l'ionosphère pouvant être utilisé par les étudiants du monde entier. Il détectait les éruptions solaires et d'autres perturbations de l'ionosphère.

35. Il a été noté qu'à une soixantaine de kilomètres d'altitude commençait l'ionosphère terrestre où les particules et l'énergie émises par le Soleil heurtaient si violemment l'atmosphère que des électrons étaient arrachés à leurs atomes. Les électrons libres de l'ionosphère influençaient fortement sur la propagation des signaux radio. Les ondes VLF étaient réfléchies par l'ionosphère, ce qui permettait les

communications radio au-delà de l'horizon et malgré la courbure terrestre. L'ionosphère réagissait fortement aux intenses rayons X et ultraviolets émis par le Soleil lors d'une éruption solaire, d'un orage solaire ou d'une éjection de matière coronale. En contrôlant l'intensité du signal d'émetteurs VLF distants et en notant les variations inhabituelles après réflexion des ondes sur l'ionosphère, il était possible de surveiller et de suivre ces perturbations. Pour surveiller un signal VLF, il fallait un récepteur radio pouvant être réglé sur des stations VLF, une antenne pour capter les signaux VLF et un ordinateur pour garder une trace des données. La plupart des radios grand public n'étant pas en mesure de capter les signaux VLF, il fallait construire un récepteur et une antenne, qui formaient ensemble un récepteur VLF.

36. Il a été noté que les éléments essentiels du système AWESOME étaient l'ordinateur, l'appareil de surveillance de Stanford et l'antenne. Une liaison Internet était importante. À défaut, on pouvait utiliser un graveur de DVD de bonne qualité. Le récepteur de ligne recevait les signaux VLF de deux antennes, dont l'une était généralement orientée nord-sud et l'autre est-ouest. Ces signaux étaient envoyés à une carte CAN (convertisseur analogique-numérique) cadencée à 200 kHz (kilohertz) et raccordée à la prise PCI de l'ordinateur, qui traitait les données issues des deux antennes exploitées chacune à 100 kHz. Le signal de synchronisation du GPS alimentait également la carte, ce qui permettait une acquisition très précise des données. On s'employait à développer une interface USB (bus série universel) destinée à remplacer la carte CAN, ce qui devrait permettre une utilisation plus facile et réduire fortement les coûts.

37. Le récepteur pouvait enregistrer deux types de données. Les données à bande étroite permettaient de surveiller l'amplitude et la phase d'une seule fréquence, qui correspondait à celle d'un émetteur VLF. Les données à large bande étaient utilisées pour enregistrer la totalité de la forme d'onde émise par l'antenne, ce qui permettait d'étudier un nombre de phénomènes ionosphériques beaucoup plus grand. Le logiciel d'acquisition de données VLF contrôlait avec précision quand le système devait acquérir des données à large bande et des données à bande étroite. Lors de l'acquisition, divers types de traitement du signal spécifiés par l'utilisateur pouvaient être appliqués aux données. Celles-ci pouvaient être envoyées via Internet à un autre ordinateur de l'Université Stanford, où elles étaient accessibles à tous grâce à une interface Web, ce qui permettait à toutes les personnes intéressées de partager leurs données et de collaborer depuis des sites différents. Les données générées par le système AWESOME étaient de même qualité que celles utilisées par les chercheurs de l'Université Stanford; la sensibilité du récepteur était telle que tout signal détectable d'intensité supérieure à celle du bruit ambiant serait enregistré.

38. Il existait une version peu onéreuse du moniteur AWESOME, le moniteur connu sous l'appellation SID (perturbation ionosphérique brusque). Le Stanford Solar Center avait développé, en collaboration avec le Groupe spécialiste des très basses fréquences du Department of Electrical Engineering de l'Université Stanford et avec des enseignants locaux, des moniteurs SID bon marché que les étudiants pouvaient installer et utiliser dans leurs écoles. Ils pouvaient participer au projet en construisant leur propre antenne, structure simple coûtant moins de 10 dollars et dont le montage prenait une ou deux heures. La collecte et l'analyse des données étaient effectuées par un ordinateur individuel local, qui n'avait pas besoin d'être rapide ou sophistiqué. L'Université Stanford mettrait en place une base de données

centralisée et un site blogue où les étudiants pourraient échanger et examiner les données.

39. Un moniteur AWESOME avait été déployé en Tunisie. Umran S. Inan, de l'Université Stanford, et Zohra Ben Lakhdar, de l'Université de Tunis, avaient commencé à travailler en commun dans le cadre du programme Initiative des Nations Unies sur les sciences spatiales fondamentales/Année héliophysique internationale. Ce projet permettrait de faire une comparaison quantitative des perturbations de l'ionosphère dues à la foudre et les ceintures de radiation dans les secteurs européen et américain. La plupart des données actuelles sur ces phénomènes avaient jusqu'à présent été obtenues dans l'hémisphère occidental, alors que de nombreuses informations scientifiques indiquaient que les effets dus à la foudre dans les hautes altitudes et les ceintures de radiation pourraient l'emporter sur d'autres processus à l'échelle mondiale. Le programme proposé faciliterait la mise en place et la conduite d'observations VLF dans le secteur européen, et fournirait ainsi une base de comparaison qui faciliterait les extrapolations et les conclusions au niveau mondial. Dans le cadre de cette collaboration, Hassen Ghalila, de l'Université de Tunis, s'était rendu à l'Université Stanford pour apprendre à utiliser le récepteur VLF et s'imprégner de toutes ses applications scientifiques.

A. Moniteurs du système AWESOME destinés à la recherche

40. L'Université Stanford avait mis au point deux versions du moniteur de surveillance de l'ionosphère. Les instruments de recherche AWESOME avaient été sélectionnés comme programme participant par l'Initiative des Nations Unies sur les sciences spatiales fondamentales et distribués à des universités partout dans le monde, en particulier dans les pays en développement. Dans le cadre de ce programme, 16 moniteurs AWESOME avaient été installés (ou étaient en passe de l'être) dans 15 pays, d'abord en Afrique du Nord, puis en Afrique subsaharienne et en Asie centrale. Ces 16 sites de l'Année héliophysique internationale étaient intégrés dans un réseau existant de 14 moniteurs. Ce réseau international de moniteurs visait en particulier à promouvoir une mobilisation mondiale pour répondre à des événements géophysiques uniques. Ainsi, le programme de surveillance AWESOME s'inscrivait dans le cadre de la Whole Heliosphere Initiative, parrainée par la NASA. Des récepteurs VLF avaient été utilisés partout dans le monde pour l'éclipse solaire totale du 1^{er} août 2008 et des données provenant de nombreux sites avaient été mis à la disposition du public.

B. Moniteurs SID (perturbation ionosphérique brusque) destinés aux étudiants

41. Il a été noté que le coordonnateur de l'Année héliophysique internationale pour les programmes d'enseignement et les activités de sensibilisation du public menés à l'échelle internationale avait indiqué que l'utilisation de moniteurs SID bon marché destinés aux étudiants était particulièrement intéressante pour le programme d'enseignement de l'Année héliophysique internationale. Des moniteurs SID étaient fournis aux enseignants et étudiants d'écoles secondaires partout dans le monde, en particulier dans les pays en développement. Jusqu'en avril 2008, l'Université Stanford avait installé 150 moniteurs SID dans 44 pays, dans le cadre de l'Année

héliophysique internationale. Auparavant, 150 moniteurs SID avaient été installés aux États-Unis. Il était prévu d'en installer 60 autres dans le monde au cours de la deuxième année du programme, afin de compléter le réseau mondial. L'accent avait été mis sur les pays en développement et, aux États-Unis, sur les écoles accueillant des étudiants de milieux sous-représentés. Les moniteurs SID étaient distribués avec une documentation détaillée à l'intention des enseignants et des étudiants, afin de leur permettre de s'appuyer sur des connaissances scientifiques solides et d'encourager l'amorce de travaux de recherche.

42. Il a été souligné que les programmes SID et AWESOME offraient aux étudiants et aux chercheurs du monde entier des instruments et des données scientifiques réels à moindre frais. Les instruments étaient assez sensibles pour produire des données de qualité pour la recherche, tout en étant assez bon marché pour être largement distribués.

C. Système AWESOME en Afrique

43. Il a été noté que l'installation mise en place de moniteurs AWESOME avait pour objectif principal d'établir une comparaison quantitative des perturbations locales de l'ionosphère, de l'activité magnétosphérique et de l'intensité des orages sur une bonne partie du globe, par la méthode du suivi des ondes myriamétriques (VLF) ou à fréquence extrêmement basse. Ces méthodes de suivi étaient très largement utilisées, mais un certain nombre de questions et de techniques scientifiques ne pouvaient être examinées que grâce au déploiement d'un réseau d'instruments à l'échelle mondiale. Par exemple, l'apparition de phénomènes optiques atmosphériques comme les farfadets, les elfes et les jets au-dessus de l'Europe correspondait à des perturbations myriamétriques qui pouvaient être clairement détectées en Afrique du Nord. Deux hôtes de l'Année héliophysique internationale, en Jamahiriya arabe libyenne et en Algérie, avaient établi un projet de rapport décrivant en détail certaines de ces observations. Cependant, la région où l'activité des éclairs était la plus intense se trouvait en Afrique centrale et bien qu'il fallût s'attendre à ce que ses propriétés diffèrent en général de l'atmosphère de latitude moyenne de l'Europe et des États-Unis, cette région avait été relativement mal étudiée en raison de l'absence d'instruments au sol. L'installation de moniteurs le long du périmètre de l'Afrique avait permis pour la première fois de suivre les orages et leurs effets sur l'ionosphère. Pour soutenir ces efforts et l'objectif de mise en place de réseaux de petits instruments dans les pays en développement, au titre de l'Année héliophysique internationale, l'équipe du projet AWESOME avait, dans le cadre de l'Année héliophysique internationale, aidé à combler le manque considérable d'instruments au sol sur le continent. Des moniteurs avaient été installés en Algérie, en Jamahiriya arabe libyenne, au Maroc, au Nigéria et en Tunisie, et il était prévu d'en installer en Égypte, en Éthiopie et en Afrique du Sud. D'autres hôtes étaient actuellement contactés pour identifier les emplacements appropriés pour la mise en place de moniteurs. Un des problèmes majeurs était de trouver les emplacements dotés de l'infrastructure (Internet) voulue pour accueillir un moniteur AWESOME dans les pays d'Afrique subsaharienne, où l'accès à l'Internet, voire à l'électricité, pourrait encore ne pas être fiable.

D. Système AWESOME en Asie

44. Il a été noté que la prochaine phase d'installation de moniteurs AWESOME serait axée sur l'Asie. Cette région, qui s'étendait de l'Inde au nord de l'Australie, était un foyer d'orages intenses. Contrairement à l'Afrique centrale, la plupart des éclairs éclataient au-dessus de l'eau, phénomène qui avait été étudié de manière beaucoup moins approfondie que les effets des éclairs terrestres sur l'ionosphère et la magnétosphère, en raison également de l'absence d'instruments. Des moniteurs avaient dans un premier temps été installés en Inde, à Kolkata et Allahabad. En outre, ceux qui avaient été livrés récemment à la Serbie et l'Ouzbékistan devraient devenir pleinement opérationnels sous peu. Il était prévu d'en installer d'autres à Fidji, en Indonésie et en Malaisie, et d'autres hôtes étaient actuellement contactés.

E. Réseau de moniteurs SID (perturbation ionosphérique brusque) destinés aux étudiants

45. Pour promouvoir les objectifs de l'Année héliophysique internationale (énoncés au paragraphe 29 ci-dessus), des moniteurs SID avaient été installés dans des écoles secondaires et des universités partout dans le monde. Ces moniteurs destinés aux étudiants avaient essentiellement pour objet de détecter les variations de l'ionosphère dues au rayonnement solaire. Le projet visait à installer des réseaux d'instruments dans les pays en développement, en particulier en Afrique. Parmi les quelque 150 moniteurs SID déjà installés dans le monde dans le cadre de l'Année héliophysique internationale, il y en avait une soixantaine dans des écoles secondaires et des universités en Afrique. De nombreux documents concernant les SID avaient été traduits dans les six langues officielles de l'ONU.

F. Données des programmes SID et AWESOME

46. Il a été noté que le Stanford Solar Center, qui recueillait des données auprès des étudiants, avait incorporé les données du programme SID et certaines données du programme AWESOME dans un vaste système de base de données également destiné à l'observatoire de la dynamique solaire de la NASA. Des outils avaient été fournis pour la collecte et l'envoi de données au dépôt central via un protocole de transfert de fichiers (FTP) et pour que les étudiants puissent visualiser les données et les présenter sous forme de graphique via le Web. Un blog facilitait la communication. L'outil de visualisation des données générées par le système AWESOME intégrait les données de phase avec les données à bande étroite, ainsi qu'un outil de cartographie novateur et interactif, Google Earth⁶.

⁶ L'Université Stanford accueille les sites Web des données générées par le système SID (<http://sid.stanford.edu/database-browser/>) et le système AWESOME (<http://vlf-ihy.stanford.edu/>).

G. Atelier africain sur les sciences et l'enseignement du climat spatial (Addis-Abeba)

47. Il a été reconnu dans le cadre de l'Année héliophysique internationale que, pour développer l'infrastructure de recherche en sciences spatiales en Afrique, l'enseignement des sciences spatiales devait également être développé pour soutenir l'exploitation à long terme d'instruments scientifiques. En réponse à ces besoins, les programmes SID et AWESOME avaient axé leurs activités sur l'Afrique afin d'y installer leurs moniteurs.

48. En marge de l'atelier africain sur les sciences et l'enseignement du climat spatial, tenu à Addis-Abeba en novembre 2007, des enseignants de l'Université Stanford avaient organisé un atelier de deux heures sur le programme SID à l'intention de 50 participants, des chercheurs africains qui souhaitaient accueillir des moniteurs SID dans leurs universités et écoles secondaires. La moitié des participants avaient reçu des moniteurs SID au cours de l'atelier et les autres moniteurs devaient être envoyés ultérieurement par la poste. Ces instruments avaient été accueillis avec un grand enthousiasme. L'Université Stanford disposait actuellement d'un réseau de plus d'une soixantaine de moniteurs sur le continent africain.

49. Pour améliorer les infrastructures d'enseignement en Éthiopie, des enseignants de l'Université Stanford avaient organisé, à l'intention des professeurs de physique des écoles secondaires éthiopiennes, un atelier qui s'était également tenu en marge de l'Atelier africain sur les sciences et l'enseignement du climat spatial. Cet atelier avait rassemblé 70 enseignants venant de toute l'Éthiopie pour un programme de perfectionnement professionnel intensif d'une journée, axé sur les concepts de physique fondamentale se rapportant à la météorologie spatiale. Le programme proposait une initiation à l'utilisation des moniteurs SID, un aperçu général de l'Année héliophysique internationale et de son intérêt pour les étudiants, ainsi que des discussions sur la physique spatiale, des exemples de plans de leçons axés sur la recherche et l'accès à des activités pratiques⁷.

H. Atelier sur les ondes myriamétriques, Université de Sebha (Jamahiriya arabe libyenne)

50. Il a été noté que le premier Atelier sur les ondes myriamétriques de l'Année héliophysique internationale, accueilli par l'Université de Sebha (Jamahiriya arabe libyenne) avait été organisé par l'Université Stanford, avec l'appui financier de la NASA, de l'Université Stanford, de l'Université de Sebha, du European Office of Aerospace Research and Development et l'appui logistique du Département d'État des États-Unis. Il avait rassemblé 30 participants de 13 pays, qui souhaitaient tous comprendre les données des récepteurs VLF et leurs applications scientifiques. Il s'agissait de présentations et de tutoriels détaillés sur des thèmes très variés, tels que les éclairs, la propagation des VLF dans l'ionosphère, les séismes, les rayonnements gammacosmiques et les farfadets, ainsi que la communautique. L'atelier combinait présentations de recherche dans des domaines de pointe et

⁷ Un documentaire vidéo de l'atelier élaboré par la NASA est disponible à l'adresse suivante: <http://sun.stanford.edu/~deborah/spa-epo/GIFTWorkshopEthiopia.mov>.

tutoriels détaillés, précédés d'exposés sur des thèmes scientifiques de base, et offrait l'occasion de lancer un nouveau réseau scientifique AWESOME de haut niveau. À l'issue de l'atelier, des scientifiques provenant de pays en développement avaient commencé à travailler sur plusieurs documents, qui devaient être publiés dans des revues de référence reconnues au plan international.

I. Coordination des réseaux de surveillance de l'éclipse solaire totale du 1^{er} août 2008

51. Il a été noté que les études sur les éclipses solaires avaient montré que non seulement l'ionosphère terrestre réagissait lorsqu'elle se trouvait dans la bande de totalité d'une éclipse, mais aussi qu'une petite perturbation ionosphérique apparaissait dans l'hémisphère conjuguée. Le réseau des moniteurs AWESOME et SID déployés partout dans le monde avait offert une occasion idéale de coordonner les observations pendant l'éclipse solaire totale du 1^{er} août 2008. L'Université Stanford avait installé des moniteurs dans les régions proches ou situées dans la bande de totalité et coordonné, durant l'éclipse, la collecte des données entre les sites SID et AWESOME. Il a été noté que les résultats avaient fourni de nombreuses informations sur la manière dont l'ionosphère terrestre réagissait aux modifications induites par le Soleil. Grâce à cette coordination, les étudiants et les chercheurs avaient en outre la possibilité d'obtenir et d'analyser les données scientifiques et éventuellement de publier les résultats obtenus.

J. Sonification des données pour les étudiants aveugles

52. Il a été noté que des spécialistes de la sonification des données qui collaboraient avec l'équipe THEMIS (Time History of Events and Macroscale Interactions during Substorms) de la NASA avaient fourni à l'Université Stanford un outil permettant de représenter des données SID avec du son, pour les rendre accessibles aux étudiants aveugles. L'Université Stanford était également en contact avec l'Université de Porto Rico pour produire ce type de matériel.

K. Semaine mondiale de l'espace 2007 et 2008

53. Il a été noté que le Stanford Solar Center et le laboratoire de sciences spatiales de l'Université de Californie à Berkeley collaboraient à la production d'une série d'activités dans le cadre de la Semaine mondiale de l'espace, commémorée chaque année du 4 au 10 octobre. La commémoration de la Semaine de l'espace 2007 avait marqué le cinquantième anniversaire du lancement de Spoutnik I et le début de l'ère spatiale. Des équipes de scientifiques avaient conçu une activité sur Internet se rapportant à la mission THEMIS et aux moniteurs SID, qui avait pour objectif d'apprendre aux étudiants à exploiter des données scientifiques réelles⁸. Au Nigéria, des étudiants équipés de moniteurs SID avaient également participé aux activités de la Semaine mondiale de l'espace. Il a été noté que, dans le cadre de cette manifestation, des moniteurs SID et leurs applications devaient être exposés.

⁸ Pour de plus amples informations, voir le site Web du projet (<http://cse.ssl.berkeley.edu/segway/WSW.html>).

L. Extension des programmes SID en Allemagne et en Italie

54. Il a été noté qu'un projet de surveillance active des perturbations ionosphériques brusques axé sur neuf sites avait été mis en œuvre en Allemagne, avec l'appui d'un consortium comprenant l'Université de Göttingen, le site du Centre aérospatial allemand à Neustrelitz, le Planétarium de Hambourg et le groupe EADS-Astrium.

55. L'Italie avait installé un vaste réseau d'écoles secondaires reliant 32 instruments SID, notamment à l'Observatoire astronomique de Turin. Le réseau italien bénéficiait du soutien de la Fondazione per la Scuola della Compagnia di San Paolo.

M. Emplacement des moniteurs du système AWESOME destinés à la recherche

56. Il a été noté que les moniteurs du système AWESOME destinés à la recherche avaient été installés directement dans le cadre de l'Année héliophysique internationale, ou grâce à des fonds connexes de l'Université Stanford, aux emplacements suivants: Alger; Dublin; Kolkata (Inde); Sebha (Jamahiriya arabe libyenne); Akure (Nigéria); Rabat; Swider (Pologne); Tunis; Tachkent; Belgrade; Alabama Agricultural and Mechanical University (États-Unis); Wilcox Solar Observatory, Université Stanford (États-Unis); Le Caire; South African Astronomical Observatory, Sutherland (Afrique du Sud); Suva; et Addis-Abeba.

57. Il a été noté que les sites suivants avaient été mis en place sans financement de l'Année héliophysique internationale, mais dans le cadre d'une collaboration similaire: Crète (Grèce), Elazig (Turquie), Allahabad (Inde), Varanasi (Inde), Nainital (Inde), ainsi qu'une station de recherche supplémentaire en Antarctique exploitée par l'Inde.

58. Des sites de collaboration internationale fonctionnant grâce à la collaboration entre l'Université Stanford et des équipes de spécialistes bien établis, reliés au réseau mondial d'instruments, avaient été mis en place dans les endroits suivants: Atibaia (Brésil); une station de recherche en Antarctique exploitée par le Brésil; une station de recherche en Antarctique exploitée par l'Ukraine; Adélaïde, Hobart, Perth (Australie); Tel Aviv et Sede Boqer (Israël). Au total, 30 moniteurs du système AWESOME avaient été installés dans 21 pays.

N. Emplacement des moniteurs SID destinés aux étudiants

59. Des moniteurs SID destinés aux étudiants avaient été installés dans les pays et régions ci-après: Afrique du Sud, Allemagne, Algérie, Brésil, Bulgarie, Burkina Faso, Canada, Chine, Colombie, Congo, Croatie, Égypte, États-Unis, Éthiopie, France, Îles Vierges britanniques, Inde, Indonésie, Irlande, Italie, Jamahiriya arabe libyenne, Kenya, Liban, Mexique, Mongolie, Mozambique, Namibie, Nigéria, Nouvelle-Zélande, Ouganda, Pays-Bas, Portugal, République de Corée, Roumanie, Royaume-Uni, Sénégal, Serbie, Sri Lanka, Suisse, Thaïlande, Tunisie, Uruguay et Zambie. Au total, 305 moniteurs avaient été installés dans 43 pays.